

Differentiation der Pegmatite des Millstätter See-Rückens

Masterarbeit

Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre

Montanuniversität Leoben



eingereicht von

Ralf Steiner, BSc

Betreuer

Univ.-Prof. Dr. Frank Melcher

Ass.-Prof. Dr. Heinrich Mali

Leoben, 15. März 2017

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfsmittel bedient habe.

Affidavit

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Leoben, 15. März 2017



Ralf Steiner

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben danken. Allen voran meinen beiden Betreuern Hr. Univ.-Prof. Dr. Frank Melcher und Hr. Ass.-Prof. Dr. Heinrich Mali für das Thema dieser Masterarbeit und für die Unterstützung bei der geochemischen Auswertung. Seitens der GBA gilt mein Dank Hr. Dr. Ralf Schuster für die Unterstützung.

Weiters möchte ich mich bei allen am Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre bedanken, insbesondere Fr. Sabine Feuchter für die Hilfe bei der Schliffherstellung und bei Hr. Peter Onuk MSc. für die LA-ICP-MS-Messungen. Hr. Dr. Horst Strauss von der OMYA sei für die Möglichkeit der Probennahme im Steinbruch Gummern gedankt.

Großer Dank gilt auch allen die mich oft mit viel Geduld bei der Geländearbeit begleitet haben, insbesondere Fr. Elfriede, Hr. Johann und Fr. Ingeborg Steiner, Hr. Harald Wippel und meiner Freundin Fr. Anna Karina Zitz.

Mein größter Dank gilt allen Familienmitgliedern und Freunden, die mich während des gesamten Studiums tatkräftig unterstützt haben, besonders meiner Tante Fr. Elisabeth Illitsch und meiner Großmutter Fr. Maria Steiner.

Zusammenfassung

Die permischen Pegmatite des Millstätter See-Rückens liegen im Millstatt-Komplex des Koralpe-Wölz Deckensystems. Der Millstatt-Komplex besteht aus Paragneisen bis Glimmerschiefern, Amphiboliten, Kalksilikatgesteinen und Marmoren, in denen die Pegmatite auftreten. Die Pegmatite sind meist boudiniert und zeigen einen wolkig-diffusen Kontakt zum Nebengestein, wobei sie in den meisten Fällen konkordant in dieses eingelagert sind. Neben den gemeinen Pegmatiten kommen auch Spodumenpegmatite, sowohl in Form von Blöcken als auch anstehend, vor. Anstehende Spodumenpegmatite finden sich in Edling, südwestlich vom Kreuzstein (Neufund) und bei Lug-ins-Land.

Im Zuge der Geländearbeit wurden 172 Proben genommen und die Muskovite anschließend mittels LA-ICP-MS und REM-EDS analysiert. In zonierten Pegmatiten wurde, je nach Möglichkeit, jede Zone separat beprobt. Die Bestimmung der Spurenelemente erfolgte mittels LA-ICP-MS und die der Hauptelemente mittels REM-EDS. Von Pegmatiten mit hohen Spurenelementgehalten wurden Dünnschliffe hergestellt und diese petrographisch bearbeitet.

Die Muskovite in den Pegmatiten erreichen maximale Spurenelementgehalte von: Li (642 ppm), Be (123 ppm), Rb (2369 ppm), Nb (385 ppm), Sn (650 ppm), Cs (264 ppm) und Ta (280 ppm). Am Millstätter See-Rücken treten sowohl niedrig- als auch hochgradig differenzierte Pegmatite auf. Das Verhältnis von K/Rb liegt zwischen 34 und 366. Die geochemischen Daten lassen darauf schließen, dass sowohl die gemeinen Pegmatite als auch Spodumenpegmatite im Zuge eines Ereignisses entstanden sind. Die Differentiationsgrade und Spurenelementgehalte zeigen den gleichen Trend wie jene von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016). Die Einteilung der Pegmatite nach ČERNÝ & BURT (1984) lässt sich für die Pegmatite des Millstätter See-Rückens nur bedingt anwenden.

Die Darstellung des Differentiationsgrades in einer Karte lässt einen geographischen Trend erkennen. Die Pegmatite im W des Millstätter See-Rückens sind generell höher differenziert als jene im E, wobei der Wollanig eine Ausnahme darstellt. Die Spurenelementverteilung hängt nur zum Teil vom Differentiationsgrad der Pegmatite ab. Die Li-Gehalte können neben den Spodumenpegmatiten auch in eher gering differenzierten Pegmatiten erhöht sein. Die Cs- und Sn-Gehalte korrelieren gut mit dem Differentiationsgrad. Nb und Ta streuen über einen weiten Bereich und können auch in niedriggradig differenzierten Pegmatiten erhöht sein.

Die Spurenelementgehalte der Muskovite können demnach nicht als Indikator für das Vorhandensein von Erzmineralen, wie Zinnstein, Columbit und Pollucit, angesehen werden. Das Lagerstättenpotential der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens kann ohne weitere Untersuchungen nicht abgeschätzt werden.

Abstract

Permian pegmatites of the Millstatt Seerücken are located in the Millstatt complex of the Koralpe-Wölz nappe system. The Millstatt complex consists of paragneiss to micaschist, amphibolite, calc-silicate rock and marble in which pegmatites are situated. They are boudinaged and show a diffuse contact to the surrounding host rock. In most cases they are concordant to the surrounding rock. Beside normal pegmatites, spodumene-pegmatite outcrops can be found near Edling, southwest of the so called Kreuzstein (new occurrence) and Lug-ins-Land. Spodumene bearing roll blocks can be found near the Egelsee.

During field work 172 samples had been collected and then muskovites had been separated and measured with LA-ICP-MS and SEM-EDX. In special zoned pegmatites every zone has been sampled. Main elements were measured with SEM-EDX and trace elements with LA-ICP-MS. From pegmatites with high trace element contents in muskovite, thin sections had been prepared and petrographically processed.

Muskovites in pegmatites can reach maximum trace element contents of: Li (642 ppm), Be (123 ppm), Rb (2369 ppm), Nb (385 ppm), Sn (650 ppm), Cs (264 ppm) and Ta (280 ppm). Pegmatites of the Millstatt Seerücken are low to high differentiated with a K/Rb value between 34 and 366. The geochemical data predicts that the pegmatites were formed during a single event and they show many geochemical similarities compared to the works of AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) and SWEDA (2016). The classification scheme based on pegmatites with granitic origin from ČERNÝ & BURT (1984) isn't very suitable for pegmatites of the Millstatt Seerücken.

Pegmatites in the W of the Millstatt Seerücken are in general more differentiated than pegmatites in the E, except of the Wollanig. Maps show the trace element contents of Li, Cs, Sn, Nb and Ta in muskovite. Li, Nb and Ta doesn't correlate very well with the differentiation grade. Sn and Cs fits very well with the differentiation grade.

The trace element content of muskovite can't be used as indicator for the presence of ore minerals, like cassiterite, columbite or pollucite. Further investigations are necessary to estimate the spodumene ore deposit potential of the Millstatt Seerücken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Geographischer Überblick	1
1.2	Ziele dieser Arbeit	2
2	Geologischer Überblick	3
2.1	Koralpe-Wölz-Deckensystem	3
2.1.1	Prijakt-Polinik-Komplex	5
2.1.2	Millstatt-Komplex	5
2.1.3	Radenthein-Komplex	10
2.2	Permische Ereignisse in den Ostalpen	11
2.3	Eo-alpidische Ereignisse in den Ostalpen	12
2.4	Pegmatite im Ostalpinen Kristallin	15
3	Pegmatite	19
3.1	Klassifikation von Pegmatiten	19
3.1.1	Gruppen	20
3.1.2	Klassen	20
3.1.3	Familien	21
3.2	Zonierung von Pegmatitkörpern	22
3.3	Geochemie von Pegmatiten	22
3.3.1	Hauptelemente	22
3.3.2	Ausgewählte Spurenelemente	23
3.3.3	Spurenelemente in Muskovit und Biotit aus Pegmatiten	26
3.3.4	Differentiationstrends	27
3.4	Lagerstätten in Pegmatiten	29
4	Methoden	31
4.1	Probennahme und Präparation	31
4.2	Mikroskopie	31
4.3	LA-ICP Massenspektrometrie	31
4.4	Rasterelektronenmikroskop mit EDS-Analytik	32
4.5	Korrektur der Spurenelementgehalte	32
5	Proben- und Aufschlussbeschreibungen	33
5.1	Spodumenpegmatite	34
5.1.1	Edling	34
5.1.2	Kreuzstein	35
5.1.3	Lug-ins-Land	37
5.1.4	Blöcke und Rollstücke	40
5.2	Gemeine Pegmatite	41
5.2.1	Pegmatite zwischen Lieserschlucht und Wolfsberg	41
5.2.2	Pegmatite im Bereich Hochgosch-Egelsee-Hahnenkofel	43
5.2.3	Pegmatite bei Fresach	45

5.2.4	Pegmatite am Fuße der Millstätter Alpe	47
5.2.5	Pegmatite im Bereich Weißenstein-Wollanig	48
6	Petrographie	51
6.1	Hauptgemengteile	51
6.2	Akzessorien	54
7	Ergebnisse der geochemischen Analysen	62
7.1	Geochemie der Muskovite	62
7.1.1	Differentiationsgrad und Elementkorrelationen	62
7.1.2	Differentiations- und Spurenelementverteilungskarten	76
7.1.3	Robuste Faktorenanalyse	78
7.2	Geochemie ausgewählter Minerale	79
7.2.1	Biotit	79
7.2.2	Spodumen	79
7.2.3	Zirkon	79
7.2.4	Columbit	80
8	Diskussion und Schlussfolgerungen	83
A	Literaturverzeichnis	87
B	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	96
C	Anhang	100
C.1	Abkürzungen	100
C.2	Karten	101
C.2.1	Probennahmepunkte	101
C.2.2	Differentiationsgrade	108
C.2.3	Lithium	114
C.2.4	Niob	120
C.2.5	Zinn	126
C.2.6	Cäsium	132
C.2.7	Tantal	138
C.2.8	Differentiationsfaktor (F1)	144
C.2.9	Lithiumfaktor (F2)	150
C.2.10	Phengitfaktor (F3)	156
C.3	Übersicht Mineralneufunde im Arbeitsgebiet	162
C.4	Probenbeschreibungen	163
C.5	Geochemiedaten-Muskovit	169

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Pegmatiten des Millstätter See-Rückens und deren magmatischer Differentiation. Dazu wurden 172 Proben entlang des Millstätter See-Rückens gesammelt und petrographisch bzw. geochemisch analysiert.

1.1 Geographischer Überblick

Das Arbeitsgebiet erstreckt sich nördlich des unteren Drautals im Bundesland Kärnten zwischen Spittal/Drau und Villach. Das Gebiet kann geographisch in mehrere Bereiche unterteilt werden (Abbildung 1). In dieser Arbeit wird der Begriff Millstätter See-Rücken synonym für alle angeführten Teilbereiche verwendet.

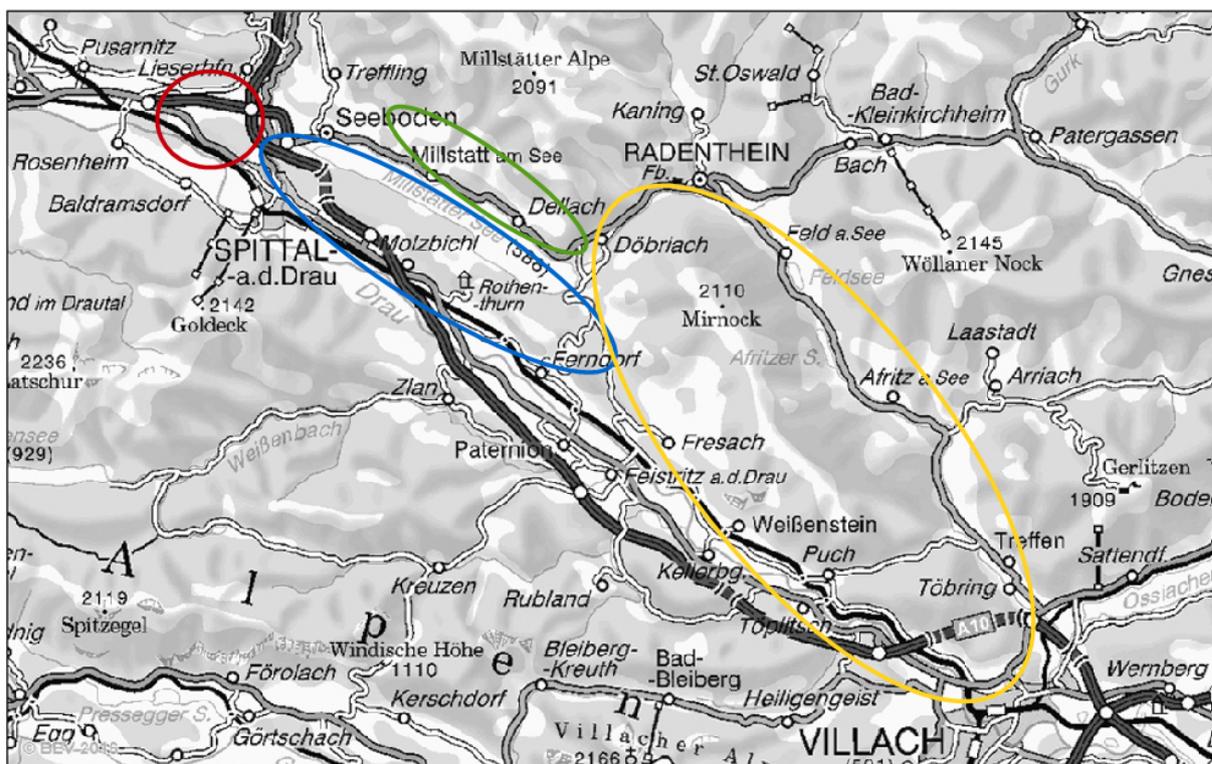


Abbildung 1: Karte des Arbeitsgebietes (Abfrage: maps.google.at am 24.11.15); rot: Fratresberg, grün: Millstätter Berg, blau: Millstätter See-Rücken, gelb: südwestlicher Teil der Nockberge zwischen unterem Drautal und Gegendtal.

Der nordwestlichste Teil zwischen Rojach (Lendorf) und der Lieserschlucht wird Fratres bzw. Fratresberg (676 m) genannt, an den sich südöstlich der Lieserschlucht der Millstätter See-Rücken anschließt. Der Millstätter See-Rücken ist ein Bergrücken zwischen dem unteren Drautal und dem Millstätter See, mit einer Länge von ca. 12 km und einer durchschnittlichen Breite von ca. 2 km. Auf dem Millstätter See-Rücken befinden sich der Wolfsberg (804 m), der Hochgosch (876 m), der Hahnenkofel (842 m) und der Geißriegel (988 m). Nördlich des Millstätter Sees, am Fuße der Millstätter Alpen, befindet sich der Millstätter Berg. Der südöstliche Teil des Arbeitsgebietes zwischen Drautal und Gegendtal gehört zum südwestlichsten Teil der Nockberge, mit dem Mirnock (2110 m) als höchsten Gipfel und dem Wollanigberg (1174 m) im SE. In den Wander- und Alpenvereinskarten wird das gesamte Arbeitsgebiet, mit Ausnahme des Fratres (Ankogelgruppe), den Nockbergen zugeordnet, die ein Teil der Gurktaler Alpen sind.

1.2 Ziele dieser Arbeit

Diese Arbeit soll die magmatische Differentiation der Pegmatite und deren räumliche Verteilung am Millstätter See-Rücken klären. Durch Literaturstudium sollen jene Bereiche des Gebietes ausfindig gemacht werden, in denen höher differenzierte Pegmatite zu erwarten sind, um Schwerpunkte bei der Beprobung setzen zu können. Als Grundlage dienen die geologischen Karten von Spittal an der Drau, Radenthein, Arnoldstein und Villach im Maßstab 1:50000 (PESTAL et al. 2006; PISTOTNIK 1996; ANDERLE 1977a,b). Anschließend werden die Pegmatite beprobt und makroskopisch beschrieben. Falls ein Zonarbau erkennbar ist, werden Proben aus den unterschiedlichen Zonen gesammelt. Aus den Pegmatitproben werden die Muskovite separiert und deren Mineralchemie mittels REM-EDS und LA-ICP-MS gemessen. Pegmatite mit erhöhten Gehalten von Nb, Ta, Sn, Li, Cs im Muskovit werden mineralogisch-petrographisch bearbeitet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in einer Karte mit den einzelnen Probenpunkten, deren Muskovitchemie und dem Differentiationsgrad. Vorkommen und Hoffungsgebiete von Seltenelementpegmatiten werden gesondert ausgewiesen. BASEMAP (2017) bildet die Datengrundlage der erstellten Karte mit den Probepunkten, der Muskovitchemie und den unterschiedlichen Differentiationsgraden.

Diese Masterarbeit steht im Zusammenhang mit dem Kooperationsprojekt „Genese und Verteilung der Spodumenpegmatite im Ostalpinen Kristallin“ zwischen der Montanuniversität Leoben und der Geologischen Bundesanstalt Österreich. Neben Salzseen bilden Spodumenpegmatite einen wichtigen Lagerstättentyp zur Gewinnung von Li und anderer wichtiger Sondermetalle. Das Projekt soll die Genese der Spodumenpegmatite klären, da es zwei unterschiedliche Modelle zu deren Entstehung gibt. Ein Modell geht von der Bildung durch fraktionierte Kristallisation von Graniten aus. Dem Gegenüber steht eine Entstehung aus metamorphogen durch interne Fraktionierung entstandenen anatektischen Schmelzen. Ein weiteres Ziel dieses Projektes ist es, höher fraktionierte und damit potentiell rohstoffrelevante Pegmatite ausfindig zu machen und diese geochemisch zu analysieren. Ziel ist die Erstellung einer Karte mit der Pegmatit-Chemie in den Ostalpen und eine Integration der Geochemiedaten ins Interaktive Rohstoff Informations System (IRIS) der Republik Österreich.

2 Geologischer Überblick

Das Arbeitsgebiet liegt im Millstatt-Komplex des Koralpe-Wölz-Deckensystems (Abbildung 2). In Oberkärnten setzt sich das Koralpe-Wölz-Deckensystem aus dem Prijakt-Polinik-Komplex, dem Millstatt-Komplex und dem Radenthein-Komplex zusammen. Im NW grenzt es an das Penninikum des Tauernfensters, bestehend aus den subpenninischen Decken des Venediger-Deckensystems, den penninischen Decken des Glockner-Deckensystems und dem Deckensystem der Matreier-Zone bzw. Nordrahmenzone. Östlich schließt sich daran das Unterostalpin der Katschbergzone an. Im N unterlagert der Radenthein-Komplex die Bundschuh-Decke des Ötztal-Bundschuh-Deckensystems. Die östliche und südliche Begrenzung des Koralpe-Wölz-Deckensystems bilden die hangenden Decken des Drauzug-Gurktal-Deckensystems. Im unteren Mölltal bildet die Mölltal Störung die Grenze zwischen dem Penninikum und dem Prijakt-Polinik-Komplex. Ab dem Lurnfeld stellt die Mölltal-Störung die Grenze zwischen dem Millstatt-Komplex und den Decken des Drauzug-Gurktal-Deckensystems dar (SCHMID et al. 2004; SCHUSTER et al. 2013). Bei der Mölltalstörung handelt es sich um eine NW-SE streichende miozäne Störung. Der Bewegungssinn ist dextral mit einem maximalen Versatz bis zu 40 km (FRISCH et al. 2000).

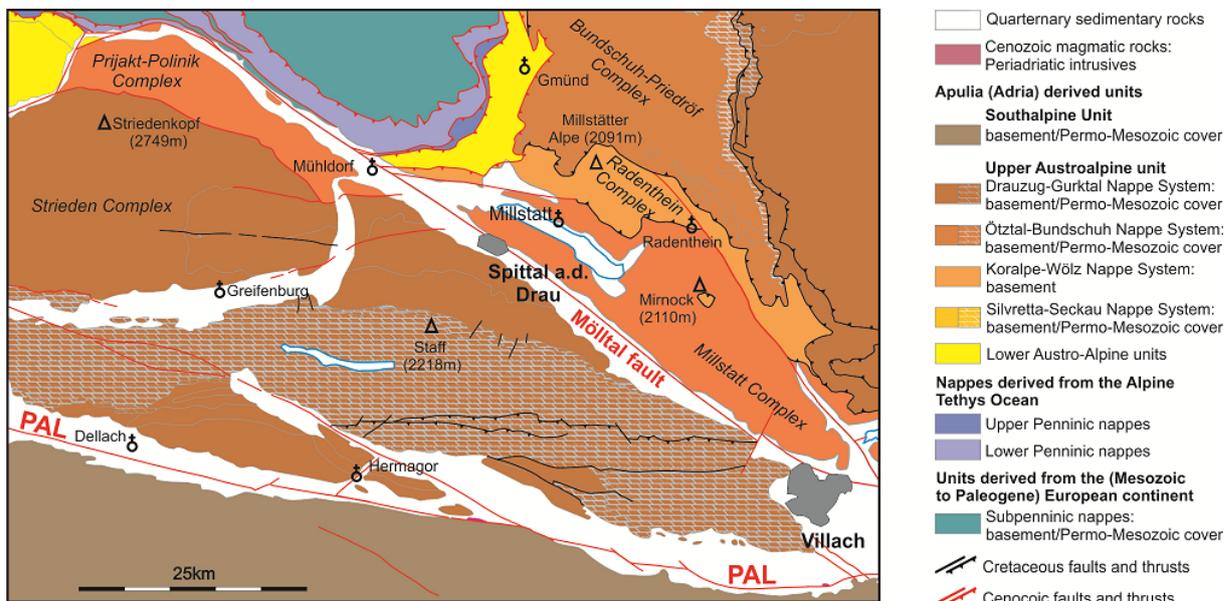
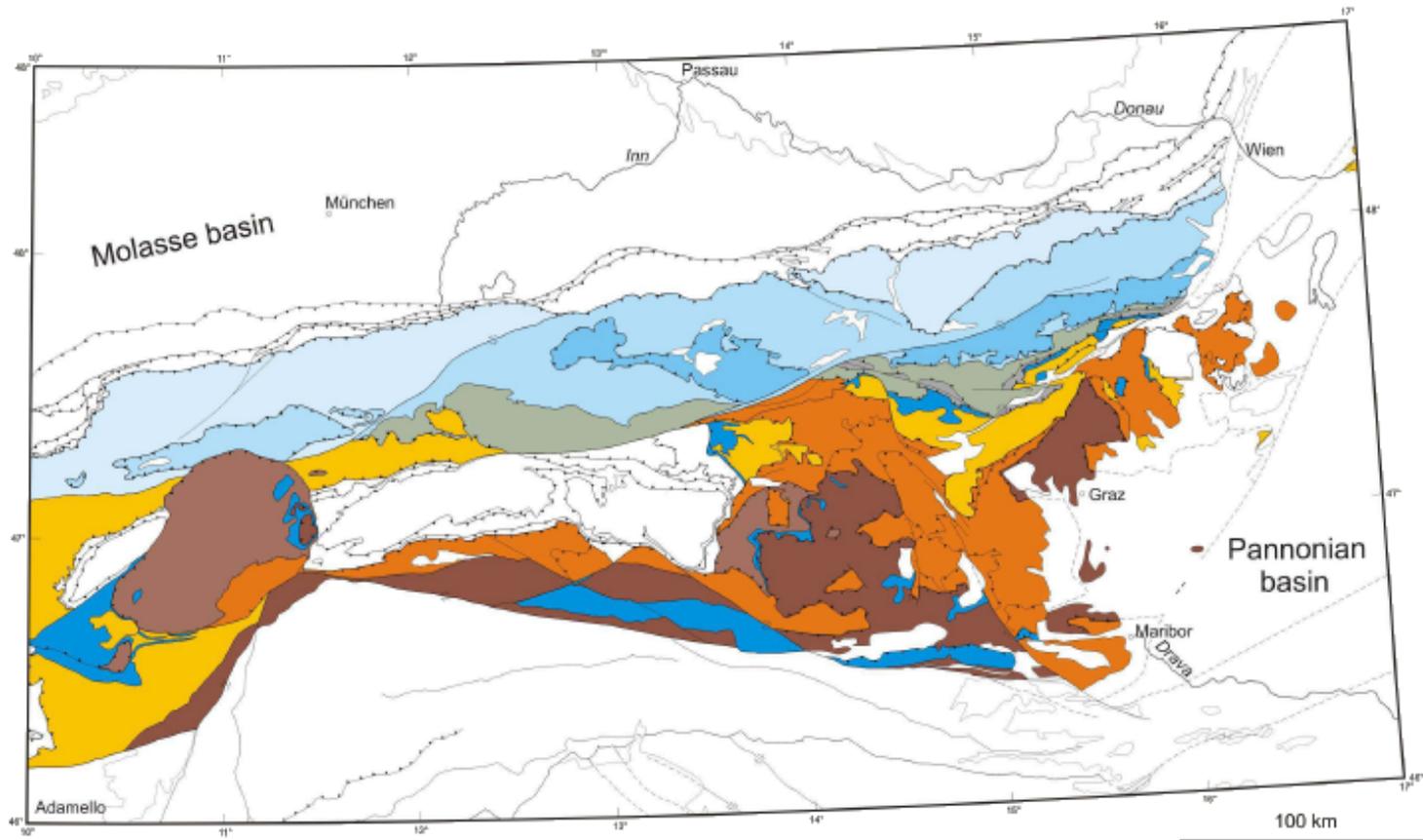


Abbildung 2: Tektonische Karte von Oberkärnten (HOINKES et al. 2010).

2.1 Koralpe-Wölz-Deckensystem

Das Koralpe-Wölz-Deckensystem ist im Bereich Schneeberger Zug, Deferegger Alpen, Millstätter Alpen, Wölzer Tauern, Koralpe, Saualpe und Radeburger Kristallin aufgeschlossen (Abbildung 3). Es besteht aus Glimmerschiefern, Paragneisen, Pegmatiten und Orthogneisen, mit lokalen Einschaltungen von Marmoren, Amphiboliten und Eklogiten. Im Gegensatz zu den anderen Einheiten des Oberostalpinen Kristallins, fehlen hier die permo-mesozoischen Hüllsedimente (SCHMID et al. 2004).



Oberostalpin:

Eoalpidische Oberplatte

- Drauzug-Gurktal-Deckensystem
Permomesozoikum
- Basement
- Ötztal-Bundschuh-Deckensystem
Permomesozoikum
- Basement

Eoalpidische Unterplatte

- Juvavisches-Deckensystem
Permomesozoikum
- Tirolisch-Norisches-Deckensystem
Permomesozoikum
- Paläozoikum ("Norische Decke")
- Bajuvarisches-Deckensystem
Permomesozoikum

Deckensystem der Grauwackenzone

- (Kaintaleck-, Silbersberg-, Veitscher-Decke), Basement, Paläozoikum
- Koralmpe-Wölz-Deckensystem
Basement
- Silvretta-Seckau-Deckensystem
Permomesozoikum
- Basement

Abbildung 3: Geographische Verteilung der Oberostalpinen-Deckensysteme in Österreich (Vorlesungsunterlagen Schuster - Zitat).

2.1.1 Prijakt-Polinik-Komplex

Der Prijakt-Polinik-Komplex besteht aus quarzitischen Plagioklasgneisen, metablastischen Paragneisen und Zweiglimmerschiefern. Darin befinden sich Einlagerungen von Ekogiten, Eklogitamphiboliten, Amphiboliten, Mikroklinaugengneisen und Marmorlagen (SCHUSTER et al. 2006). Im Prijakt-Polinik-Komplex treten untergeordnet auch Pegmatite auf, deren Genese von GOTTHARDT (2015) untersucht und mit jenen des Millstatt- und Rappold-Komplexes verglichen wurden. Die Pegmatite aus den unterschiedlichen Gebieten zeigen geochemische Gemeinsamkeiten und sind möglicherweise durch anatektische Aufschmelzung entstanden.

Nach SCHULZ et al. (2004) waren die Protolithen der Eklogitamphibolite N-MORB Basalte mit einem Alter von 590 Ma. Die Orthogneise haben ein Kristallisationsalter von 460-480 Ma. EMS-Datierungen von Monaziten und das Auftreten von permischen Pegmatiten sprechen für ein Metamorphoseereignis im Perm (SCHULZ et al. 2005). Sm-Nd-Granatalter (115 ± 33 Ma) und Rb-Sr Alter von Phenogiten (75-95 Ma) sind das Ergebnis einer intensiven eo-alpidischen Metamorphose (LINNÉR et al. 1998). LINNÉR et al. (1998) gehen von einem Metamorphosepeak mit 16-18 kbar bei 625°C in der Schobergruppe aus. Der Metamorphosepeak in der Kreuzeckgruppe liegt mit 11 kbar bei 600°C etwas darunter (HOKE 1990).

2.1.2 Millstatt-Komplex

Der Millstatt-Komplex besteht in erster Linie aus Metapsammiten und Metapeliten, die in Form von quarzreichen Paragneisen und Glimmerschiefern auftreten. Diese sind von Pegmatitgneisen bzw. Pegmatit(gneis)myloniten durchzogen, die mit dem Nebengestein deformiert wurden und meist konkordant in dieses eingelagert sind. Amphibolite und Kalksilikatgesteine kommen vereinzelt in Form von Linsen und Lagen vor. Bei dem von HERITSCH (1927, 1933) beschriebenen Eklogit im Lerchbaumersteinbruch (auch bekannt als Eklogitsteinbruch) in der Lieserschlucht handelt es sich nach Auffassung von ANGEL & MEIXNER (1953a) um ein Kalksilikatgestein im Verband mit Amphiboliten. Retrograd überprägte Eklogite treten nach TEIML (1996) vergesellschaftet mit Amphiboliten im Bereich des Wollanigbergs in Form von cm-dicken Lagen auf. In der Umgebung von Weißenstein und dem Wollanigberg wird der Millstatt-Komplex von mächtigen Marmorzügen durchzogen, die in Gummern von der Firma Omya als Füllstoff gewonnen werden und gelegentlich als Baumaterial (Krastaler-Marmor) Anwendung finden. Orthogneise finden sich sowohl nördlich von Villach als auch nordöstlich von Möllbrücke.

Das Eduktalter der Metasedimente ist derzeit nicht bekannt. Das Alter der Sedimente wurde von FRIMMEL (1987) auf 445 ± 44 Ma datiert. Das Alter der Orthogneise würde für ein Alter >450 Ma sprechen, andererseits lässt eine Sr-Isotopenanalyse des Marmors ein Alter >460 Ma unwahrscheinlich erscheinen (SCHUSTER et al. 2005).

Der Millstatt-Komplex ist ein polymetamorpher Kristallinkomplex, der eine eo-alpidische Hochdruckmetamorphose erfahren hat. Der Metamorphosegrad nimmt von der unteren Amphibolit Fazies im N zur Eklogit-Fazies im S hin zu. Eklogite im Bereich des Wollanig lassen auf einen Metamorphosehöhepunkt mit 12-14 kbar bei 600°-630°C schließen. Der Millstatt-Komplex wird vom monometamorphen Radenthein-Komplex überlagert. Die Laaser Serie im Ötztal-Stubai-Kristallin lässt sich hervorragend mit dem Millstatt-Komplex korrelieren, sowohl lithologisch als auch aufgrund der metamorphen Überprägung, ebenso der Radenthein-Komplex mit dem monometamorphen Schneeberger Zug (TEIML 1996).

Feldspatbergbau Lippnik, Wolfsberg und Laas

In der Vergangenheit waren die Pegmatite des Millstätter See-Rückens von bergbaulichem Interesse und wurden bei Lippnik, am Wolfsberg und in Laas bei Fresach abgebaut (Abbildung 4). Diese drei Bergbaue machten den überwiegenden Teil der damaligen (1937-1973) Feldspatproduktion in Österreich aus, wobei untergeordnet Quarz und Muskovit als Nebenprodukte gewonnen wurden (LUECKE & UCİK 1986).

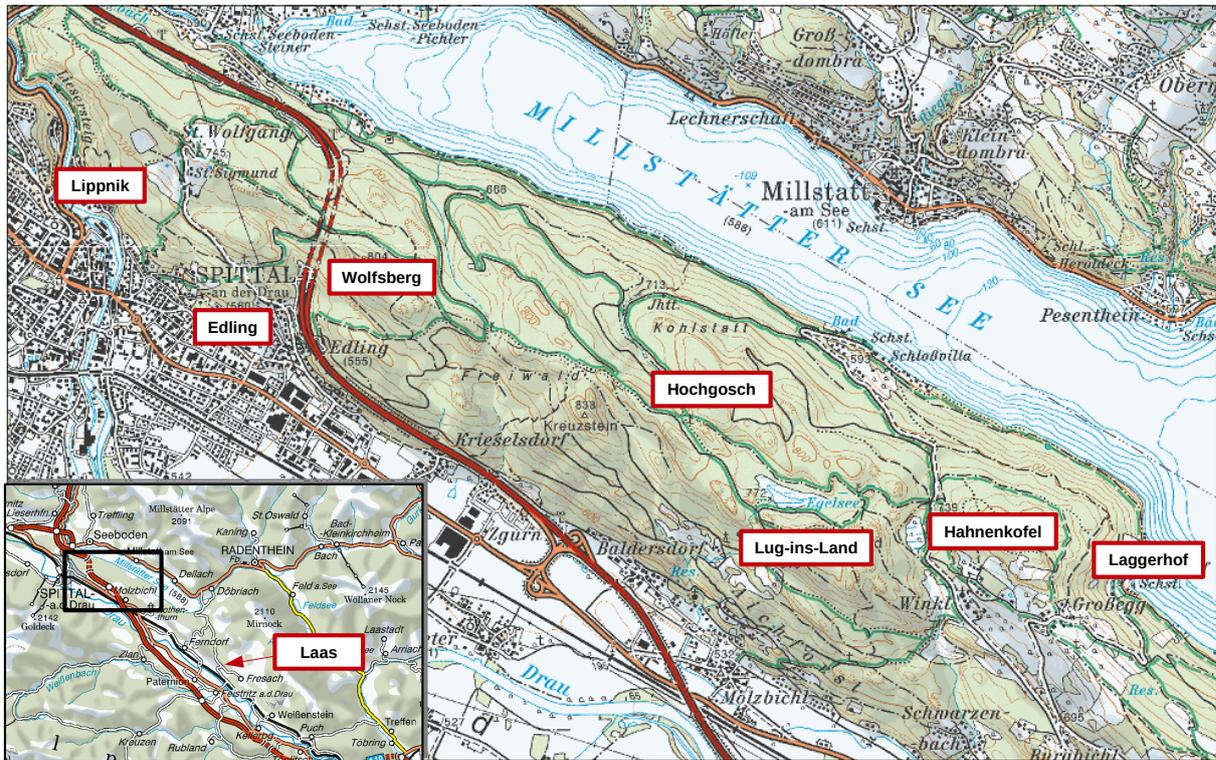


Abbildung 4: Geographischer Überblick und Positionen der Mineralneufunde bzw. ehemaligen Bergbaue (http://www.austriamap.at; Abfrage: 07.06.2016).

Der ehemalige Bergbau Lippnik bzw. Lieserrain befindet sich nördlich von Spittal/Drau am Eingang der Lieserschucht. Das Gebiet ist geprägt vom ehemaligen Bergbau und es können verfallene Mundlöcher und Pingen vorgefunden werden, sowie Reste der ehemaligen Betriebsgebäude. Der Abbau begann im Jahr 1927, zunächst als reiner Quarzabbau, jedoch sprach man bereits ein Jahr später von einem Quarz-Feldspatvorkommen. Der Abbau wurde zum überwiegenden Teil untertägig geführt. Das Grubengebäude soll eine Gesamtlänge bis zu 25 km besessen und einige 100 m in die Tiefe gereicht haben. Diese Angaben sind mit Vorsicht zu behandeln, da sämtliche Grubenkarten verschollen bzw. vernichtet worden sind (PICHLER 2009; WIPPEL 2008b). Das Hauptlager war ein ca. 7 m mächtiger Pegmatitgang, wobei noch drei weitere naheliegende geringmächtigere Gänge erwähnt wurden. Der Abbau wurde im Jahr 1962 nach einem schweren Wassereinbruch beendet (LUECKE & UCİK 1986). Die Pegmatite streichen NW-SE und fallen mittelsteil mit ca. 50° in Richtung N-NE ein. Hauptgemengteile sind Mikroklin und Albit, der stellenweise als Verdränger des Kalifeldspats angesehen wird und eine schachbrettartige Struktur zeigt (SCHOKLITSCH 1934). Albit ist das vorherrschende Endglied der Plagioklasmischkristallreihe, der leicht erhöhte CaO-Gesamtgesteinsgehalt ist mit dem Auftreten von Apatit zu erklären. Der Quarz tritt in Form von weißem Gangquarz und als rauchbrauner Pegmatitquarz auf. Der Muskovit ist unregelmäßig verteilt und zeigt zum Teil grünlichgelbe Farben, bei dem es sich möglicherweise um Phengit handelt und der für österreichische Pegmatite eher ungewöhnlich

ist. Als Akzessorien treten Granat, Turmalin (Schörl) und bis kopfgroßer Beryll (SEDLACEK 1949), der aufgrund seiner weißen Farbe kaum zu erkennen ist, auf. Als Uranminerale konnten Autunit, Zipp-eit und β -Uranotil nachgewiesen werden (ANGEL & MEIXNER 1953b). MEIXNER (1975) berichtet von Bleiglanz-Funden aus dem Pegmatit bei Lippnik. In den Pegmatiten kommen bräunlich-schwarze Einschlüsse vor, bei denen es sich um limonisierten Siderit handelt. Die Haltbarkeit von Siderit in Pegmatiten ist durch die geringe Temperatur und den hohen Druck während der Pegmatit-Kristallisation zu erklären. Die Herkunft des Siderits ist derzeit unklar, da eine Fe-Metasomatose aufgrund des Erscheinungsbildes ausgeschlossen werden kann (ANGEL & MEIXNER 1953b). Mittels Röntgendiffraktometrie konnte am Standort Lippnik Zinnstein nachgewiesen werden, der eine Kantenlänge bis zu 7 cm erreicht. Die Zinnsteine sind reich an Einschlüssen, bei denen es sich um Tantalit und Tapiolith handelt. Die chemischen Analysen zeigen einen FeO- und MnO-Überschuss, der für die dunkelbraune Farbe des Zinnsteins verantwortlich sein könnte (SCHROLL & HAUKE 1967). MEIXNER (1951) beschreibt erstmals die Tantalit-Tapiolith Phasen, die im Pegmatit bei Lippnik vorkommen. Seine Arbeit beschäftigt sich in erster Linie mit der Unterscheidung und den optischen Eigenschaften der beiden Phasen unter Aufsicht. Die Nb-Ta Minerale können in Form von kleinen Einschlüssen oder als größere Aggregate (12x10x6 cm) auftreten. Sie zeigen eine tektonische Beanspruchung und besitzen mit Quarz geschlossene Spaltrisse. Die Ferrotantalit-Tapiolithphasen sind miteinander verwachsen und sind während der Pegmatitentstehung bzw. Metamorphose möglicherweise rekristallisiert. Die Ferrotantalit-Ferrotapiolith-Einschlüsse im Zinnstein besitzen die selbe Zusammensetzung wie die einzeln auftretenden Aggregate, was gegen eine Entstehung durch Entmischung und für eine primäre Herkunft sprechen würde (ČERNÝ et al. 1989).

Der Feldspatsteinbruch am Wolfsberg wurde bis zur Einstellung des Abbaus in Lippnik nur sporadisch betrieben (max. 1.000 t bis 1961). Auch zu Zeiten der Vollproduktion (1961-1973) blieben die Förderraten bescheiden und betragen insgesamt 31.000 t, bis der Betrieb 1973 eingestellt wurde (LUECKE & UCIK 1986). Dass es sich bei den bräunlich-schwarzen Einschlüssen im Pegmatit um limonisierten Siderit handelt, stellte MEIXNER (1956) fest. Weiters konnte er Apatit, Montebrasit und Wardit nachweisen. Als weitere Minerale werden Arsenopyrit, Autunit, Bjarebyit, Brasilianit, Childrenit, Cyrilovit, Graphit, Kulanit, Matioliit, rosa Muskovit, Niobit und Zirkon beschrieben (MEIXNER 1961, 1968, 1975; NIEDERMAYR et al. 2000, 2004, 2010, 2014; PAAR 1974; WALTER & POSTL 1982; WALTER & TAUCHER 1995).

Im Steinbruch Laas bei Fresach konnten Ankerit, Beryll, Bournonit, Cobaltit, Erythrin, Metatorbernit, Orthit, Synchisit und Uraninit nachgewiesen werden (NIEDERMAYR et al. 1985, 1987, 2008). Dieser Steinbruch wird heute von der Firma Modre betrieben. Einige hundert Meter westlich befindet sich ein ehemaliger untertägiger Bergbau (PICHLER 2009; UCIK 1995), in dem in der Vergangenheit Feldspat gewonnen wurde.

Lagerstättenpotential der Feldspäte

Das Vorkommen bei Lippnik kann weitestgehend als ausgeerzt angesehen werden. Das Hauptvorkommen am Wolfsberg besteht aus 2 Lagern und enthält ca. 800.000 bis 1.000.000 t Gesamtpegmatit, die 500.000 bis 600.000 t Feldspat enthalten. Ein drittes Lager befindet sich ca. 1 km entfernt und wird auf 300.000 bis 400.000 t Pegmatit geschätzt. Neben diesen 3 Vorkommen finden sich noch weitere Pegmatite im Bereich des Hochgösch, Hahnenkofel und in Laas bei Fresach. Diese Vorkommen könnten den Feldspat-Inlandsbedarf über viele Jahre decken, wobei Quarz und Muskovit als Nebenprodukte anfallen würden. In den 1980er Jahren wurden Prospektionsarbeiten der Firma MINEREX GmbH durchgeführt, die jedoch über ein paar Probeschürfe nicht hinausgegangen sind (LUECKE & UCIK 1986).

Spodumenpegmatit von Edling (Spittal/Drau)

In einem verfallenen, verwachsenen Steinbruch neben dem Friedhof von Edling in Spittal/Drau, in dem früher Bruchgesteine gewonnen wurden, findet man Granatschiefergneis bzw. Feldspat-Glimmergneis (LUECKE & UCIK 1986) mit Pegmatiteinschaltungen. Der Gneis ist konkordant durchsetzt von Pegmatiten. Bei diesen Pegmatiten handelt es sich um Spodumenpegmatite, wobei der Spodumen in Form von Tafeln mit einem Durchmesser bis zu 8 cm auftritt (ANGEL & MEIXNER 1953b). Die von ANGEL & MEIXNER (1953b) beschriebenen fasrigen Umwandlungsprodukte wurden von WESTENBERGER (1954) analysiert und als Li-freies Gemenge von Serizit und Albit identifiziert.

WESTENBERGER (1954) unterscheidet zwischen einer spodumenreichen Zone und einer spodumenarmen Zone im Pegmatit, die getrennt voneinander analysiert wurden. Er ermittelte einen Spodumengehalt von 35,4 % mit einem Li₂O-Gesamtgesteinsgehalt von 2,65 % in der spodumenreichen Zone. Der Gehalt in der spodumenarmen Zone beträgt 16,0 % Spodumen bei einem Li₂O-Gehalt des Gesamtgesteins von 1,20 %. Im Mittel liegt der Spodumengehalt bei 20,7 % mit einem Li₂O-Gehalt des Gesamtgesteins von 1,92 %. LUECKE & UCIK (1986) gehen unter Einbeziehung der Werte von WESTENBERGER (1954) von einem durchschnittlichen Gehalt von 25 Gew.% Spodumen im Pegmatit aus.

LUECKE & UCIK (1986) unterscheiden einen feinkörnigeren, zentralen (inneren) Pegmatitbereich mit wenig Spodumen und einen äußeren, grobkörnigeren Randbereich mit viel Spodumen. Die Spodumenkristalle im Zentralbereich erscheinen unter dem Mikroskop angegriffen und wurden zum Teil in Feldspat umgewandelt, wobei der Zentralbereich im Gegensatz zum Randbereich keine Einregelung der Muskovite zeigt. Insgesamt können 3 Feldspatvarietäten unterschieden werden. Ein sehr deutlich gegitterter Mikroclin, der vor allem im zentralen Pegmatitbereich auftritt. Weiters treten unverzwilligte K-Feldspäte und mehrfach-polysynthetisch verzwilligte Plagioklase im Pegmatit auf. Der Gesamtfeldspatgehalt steigt im zentralen Pegmatitbereich zu Gunsten des Spodumens. Apatit (MEIXNER 1967) tritt akzessorisch im Pegmatit und im Nebengestein auf, untergeordnet treten Opakerze im Nebengestein auf, bei denen es sich um Columbit handeln dürfte. Nb/Ta-Minerales, allen voran Columbite, treten als opake Phasen nur im Nebengestein auf, nicht jedoch im Spodumenpegmatit. Bei den Opakerzen im Pegmatit handelt es sich um Fe-, Zn-, Mn-, Ti-Oxide und Sulfide (LUECKE & UCIK 1986).

Die Haupt- bzw. Nebenelementkonzentrationen entsprechen den durchschnittlichen Gehalten von vergleichbaren Spodumenpegmatiten. Die Spurenelemente Pb und Zn bilden eine Ausnahme, da diese vergleichsweise hohe Konzentrationen aufweisen. Der theoretische Höchstwert von Li₂O in Spodumen beträgt 8,03 %, wobei dieser durch Einbau von Fremdionen (Fe, Mn) praktisch nicht erreicht wird. Die Li₂O-Gehalte in den Spodumenen liegen zwischen 6,5 und 7,5 %. Die Muskovitphase weist einen vergleichsweise geringen Li-Gehalt auf. Aufgrund des niedrigen Li-Gehaltes im Muskovit und des hohen Rb-Gehaltes, nicht jedoch im Spodumen, wird davon ausgegangen, dass sich der Muskovit erst nach dem Spodumen aus einem Fluid anderer Zusammensetzung gebildet hat. Die geochemische Untersuchung des Nebengesteins liefert keinen Anhaltspunkt für einen stattgefundenen Stoffaustausch mit dem Spodumenpegmatit. Die Entstehung des Pegmatits ist derzeit unklar (LUECKE & UCIK 1986).

Spodumenpegmatit Lug-ins-Land

Nahe des Forstweges, der vom Gasthaus Lug-ins-Land in Richtung Egelsee führt, befindet sich ein Spodumenpegmatit mit bis zu 20 cm langen Spodumenkristallen. Die Spodumenkristalle sind von leicht grünlich bis grauer Farbe. Die durchschnittliche Korngröße des Spodumens beträgt 4 cm und ist damit grobkörniger als das ihn umschließende Quarz-Feldspatgefüge des Pegmatits. Muskovit tritt untergeordnet auf und erreicht eine durchschnittliche Korngröße unter 1 cm. Im Randbereich des Spodumens

und an Spaltflächen tritt Holmquistit (Li-reicher, orthorhombischer Amphibol) auf, der bis zu 3 cm große Kristallbüschel bzw. Kristallsonnen bildet, die makroskopisch gut zu erkennen sind. Der ca. zwei Kubikmeter große Spodumenpegmatit-Block am Jungfernsprung bei Landskron stammt möglicherweise von diesem Spodumenpegmatit und könnte durch den Draugletscher ca. 31 km weit transportiert worden sein (NIEDERMAYR et al. 2009).

Phosphatreiche Pegmatite beim Hochgosch, Hahnenkofel und Lagerhof

Pegmatite mit seltenen Phosphatmineralisationen wurden am Hochgosch, dem Hahnenkofel und am Pegmatitblock nördlich des Lagerhofs gefunden, wobei es sich in erster Linie um sekundär gebildete Kluftminerale handelt. Bei den primär auftretenden Phosphaten handelt es sich vorwiegend um Apatit und Montebrasit, die als P-Quelle der Sekundärminerale angesehen werden können (WALTER 1998).

Der Hochgosch liegt nordwestlich des Egelsees mit einer Höhe von 876 m. Im Bereich des Hochgoschs, sowohl direkt am Hochgosch als auch in seiner näheren Umgebung, treten Pegmatite auf, wovon einige reich an sekundären Phosphatmineralen sind. In der Vergangenheit konnten Brasilianit, Augelith, Matioliit und Wardit nachgewiesen werden (NIEDERMAYR et al. 2001, 2005, 2014).

Der Pegmatitrollblock nördlich des Lagerhofs hat bei Sammlern in der Vergangenheit überregionale Bedeutung erlangt und ist daher nur noch reliktiert anzutreffen. Die limonitischen Zonen im Pegmatit können durch die Zersetzung von Siderit erklärt werden, dessen Herkunft zurzeit nicht geklärt ist. Er ist reich an sekundären Phosphat-Kluftmineralisationen wie Augelith, Burangait, Childrenit, Crandallit, Gormanit, Heterosit, Ludlamit, Millisit, Perhamit, Rockbridgeit, Vivianit, Wardit, Whiteit-(CaMnMg), Whitlockit und Zanazziit. Neben den sekundären Phosphaten beinhaltet er Albit, Anglesit, Apatit, Arsenopyrit, Chalcopyrit, Columbit-(Fe), Galenit, Goethit, Graphit, Kaolinit, Lepidokrokit, Mikroklin, Montebrasit, Quarz, Sphalerit, Triphylin, Wismut und Zirkon, wobei Apatit, Montebrasit und Triphylin die primären Phosphatminerale darstellen (NIEDERMAYR et al. 1985, 1989, 1995, 1996, 2000, 2005, 2012, 2014; WALTER et al. 1996). Das Anstehende dieses Rollblocks dürfte bei den Pegmatiten nördlich des Egelsees zu suchen sein (persönliche Mitteilung: H. WIPPEL, Spittal/Drau, Mai 2016).

Im Gehänge des Hahnenkofels, ebenfalls in der Nähe des Lagerhofs bzw. Lagerhof-Rollblocks, ist ein weiterer Pegmatit anzutreffen, der mineralogisch nicht mit jenem Rollblock nördlich des Lagerhofs zu korrelieren ist. In diesem Pegmatit tritt eine für Kärnten eher ungewöhnliche Paragenese von Mineralen auf, bestehend aus Gormanit, Siderit, Wardit und Childrenit. In Klüften können Brasilianite und vereinzelt Whiteit-(CaMnMg) gefunden werden. Der Ursprung der genannten sekundären Phosphatminerale dürfte, ebenso wie bei jenen des Lagerhof-Rollblocks, Apatit, Montebrasit und Triphylin sein (NIEDERMAYR et al. 1996). In den phosphatreichen Pegmatiten des Hahnenkofels konnten Apatit, Augelith, Brasilianit, Childrenit, Kaolinit, Montebrasit und Scorzalith nachgewiesen werden (NIEDERMAYR 1982; NIEDERMAYR et al. 1983, 1997, 2001; WALTER & TAUCHER 1996). Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der räumlichen Verteilung der primären und sekundären Phosphatminerale am Millstätter See-Rücken.

Weitere Mineralneufunde im Millstatt-Komplex

Auf der westlichen Seite der Lieserschlucht in einem ehemaligen Kalksilikatsteinbruch gibt es Berichte über Funde von Axinit, Bavenit, Beryll, Bleiglanz, Titanit und Vesuvian (MEIXNER 1934, 1937; NIEDERMAYR et al. 2001). Südlich des Kalksilikatsteinbruchs gibt es einen Stollen, der als „Spittaler Räuberhöhle“ bekannt ist, in dem Magnetkies als Erzgang auftritt (PICHLER 2009; WIPPEL 2008a). MEIXNER (1974) beschreibt einen Vivianitpegmatit mit Goyazit und Wardit in Dellach am Millstätter See. Am Wolla-

Phosphate (Reihung nach Strunz – 9.Auflage)	Wolfsberg	Hahnenkofel	Laggerhof	Hochgösch
Triphylin , LiFe(PO ₄)	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 1989	-----
Heterosit , Fe(PO ₄)	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 1985	-----
Whitlockit , (Ca ₃ (Mg,Fe)(PO ₄) ₆ (PO ₃ (OH)))	-----	-----	WALTER et al. 1996	-----
Montebrazit , LiAl(PO ₄)(OH,F)	MEIXNER 1956 WALTER & POSTL 1982	NIEDERMAYR et al. 1982 NIEDERMAYR et al. 1997	NIEDERMAYR et al. 1997	-----
Scorzalith , (Fe,Mg)Al ₂ (PO ₄) ₂ (OH) ₂	-----	NIEDERMAYR et al. 2001	-----	-----
Rockbridgeit , (Fe,Mn)Fe ₄ (PO ₄) ₃ (OH) ₅	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 2005	-----
Augelith , Al ₂ (PO ₄)(OH) ₃	-----	NIEDERMAYR et al. 1997	NIEDERMAYR et al. 1985	NIEDERMAYR et al. 2005
Bjarebyit , (Ba,Sr)(Mn,Fe,Mg)Al ₂ (PO ₄) ₃ (OH) ₃	MÖRTL 1980	-----	-----	-----
Kulanit , Ba(Fe,Mn,Mg) ₂ Al ₂ (PO ₄) ₃ (OH) ₃	NIEDERMAYR et al. 2000	-----	-----	-----
Brasilianit , NaAl ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₄	MEIXNER 1968 WALTER & TAUCHER 1995	NIEDERMAYR et al. 1996 WALTER & TAUCHER 1996	-----	NIEDERMAYR et al. 2005
Crandallit , NaMgAl ₅ [(OH) ₃ [(PO ₄) ₄]]·2H ₂ O	-----	-----	WALTER et al. 1996	-----
Fluorapatit , Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	MEIXNER 1956	NIEDERMAYR et al. 1997	NIEDERMAYR et al. 1985	-----
Ludlamit , (Fe,Mg,Mn) ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 2012	-----
Vivianit , Fe ₃ (PO ₄) ₂ ·8H ₂ O	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 1996	-----
Zanazziit , Ca ₂ (Mg,Fe)(Mg,Fe,Al) ₄ Be ₄ (PO ₄) ₆ (OH) ₂ ·6H ₂ O	-----	-----	WALTER et al. 1996	-----
Gormanit , Fe ₃ Al ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₆ ·2H ₂ O	-----	NIEDERMAYR et al. 1996	NIEDERMAYR et al. 1989	-----
Childrenit , FeAl(PO ₄)(OH) ₂ ·H ₂ O	PAAR 1974	NIEDERMAYR et al. 1983 NIEDERMAYR et al. 1996	NIEDERMAYR et al. 1985	-----
Whiteit-(CaFeMg) , Ca(Fe,Mn) Mg ₂ Al ₂ (PO ₄) ₄ (OH) ₂ ·8H ₂ O	-----	NIEDERMAYR et al. 1996	NIEDERMAYR et al. 1989	-----
Burangait , NaFeAl ₃ (PO ₄) ₄ (OH) ₆ ·2H ₂ O	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 2000	-----
Matioliit , NaMgAl ₅ [(OH) ₃ [(PO ₄) ₄]]·2H ₂ O	NIEDERMAYR et al. 2014	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 2014
Cyrllovit , NaFe ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₄ ·2H ₂ O	NIEDERMAYR et al. 2004	-----	-----	-----
Wardit , NaAl ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₄ ·2H ₂ O	MEIXNER 1956	NIEDERMAYR et al. 1996	NIEDERMAYR et al. 1985	NIEDERMAYR et al. 2005
Millisit , (Na,K)CaAl ₆ (PO ₄) ₄ (OH) ₃ ·3H ₂ O	-----	-----	WALTER et al. 1996	-----
Perhamit , (Ca,Sr) ₃ Al ₈ [(OH) ₁₄ [(PO ₄) ₄][Si ₃ O ₈]]·8H ₂ O	-----	-----	NIEDERMAYR et al. 2005	-----
Autunit , Ca(UO ₂) ₂ (PO ₄) ₂ ·10-12H ₂ O	MEIXNER 1956	-----	-----	-----

Tabelle 1: Vorkommen der Phosphatminerale; modifiziert und ergänzt nach WALTER (1998).

nigberg bei Villach kam es zu Funden von Adular, Albit, Andalusit, Chlorit, Ferroaxinit, Jamesonit, Kyanit, Magnetit, Prehnit und Vesuvian (FERENCZI & GÖTZINGER 2000; NIEDERMAYR et al. 2006, 2008). Der Vollständigkeit halber seien noch Mineralfunde südlich von Döbriach (Autunit), am Rindernock (Skapolith) und im Krastal (Molybdänit, Palygorskit) zu erwähnen (NIEDERMAYR et al. 1996, 2000, 2004, 2010). Eine Übersicht der Mineralneufunde (Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen, Neue Mineralfunde aus Österreich) aus diesem Gebiet befindet sich in Tabelle 7 im Anhang C.3.

2.1.3 Radenthein-Komplex

Der Radenthein-Komplex besteht aus hellglimmerreichen Granatglimmerschiefern, in die Ca-Amphibol führende Gesteine eingelagert sind. Diese Ca-Amphibol führenden Gesteine reichen von Hornblende führenden Gneisen, Garbenschiefern bis hin zu massiven Amphiboliten. Untergeordnet treten unreine

Marmore, Magnesite und Graphitschiefer auf. Es kann eine zum Unterostalpin hin zunehmende retrograde Überprägung der Einheiten beobachtet werden (SCHIMANA 1986; SCHUSTER et al. 2006).

Das Sedimentationsalter des Radenthein-Komplexes ist unbekannt, jedoch wird aufgrund der Marmorvorkommen ein paläozoisches Alter für möglich gehalten (SCHUSTER et al. 2006). In den Gesteinen auftretende Mikrostrukturen sprechen nach SCHIMANA (1986) für eine prograde Metamorphose. Lokal auftretende Kerne von zweiphasigen Granaten liefern ein Indiz dafür, dass ein Teil der Einheiten eine grünschieferfazielle Metamorphose erfahren hat, die nach SCHUSTER & FRANK (2000) mit der permischen Erwärmung zu korrelieren ist. Die prägende Metamorphose erreichte Bedingungen von 550-600°C bei einem Druck von 6-10 kbar (KOROKNAI et al. 1999; TEIML 1996), Sm-Nd Granatalter liefern ein Alter von 101 ± 6 bzw. 84 ± 4 Ma (SCHUSTER & FRANK 2000). K-Ar und Rb-Sr-Datierungen von Glimmern und Gesamtgesteinen liefern ein Alter zwischen 78 und 125 Ma (BREWER 1969; HAWKESWORTH 1976; SCHIMANA 1986). Diese Daten belegen eine eo-alpidische Metamorphose während der Kreide. Die retrograde Überprägung gegen das Unterostalpin muss demnach mit dem alpidischen Metamorphosezyklus in Verbindung stehen, wobei die Gesteine bei Bedingungen der untersten Grünschieferfazies unter Fluidzufuhr statisch überprägt wurden (SCHUSTER et al. 2006).

2.2 Permische Ereignisse in den Ostalpen

In der Vergangenheit ging man davon aus, dass die Gesteine des Ostalpins im Phanerozoikum lediglich eine varizische und anschließende alpidische Metamorphose erfahren haben. Die Daten von geochronologischen Datierungen, die außerhalb dieser Zeitspanne lagen, wurden als Übergangsbereich zwischen spät-varizisch bzw. früh-alpidisch interpretiert. Die große Anzahl von geochronologischen Daten in dieser Zeitspanne (290-140 Ma) lassen jedoch auf ein unabhängiges permo-triassisches Ereignis schließen. Die Altersdatierung von Pegmatiten des Millstatt-Komplexes (Lieserschluft, Wolfsberg, Laas) mittels Rb-Sr Isotopie ergaben ebenfalls ein permisches Alter (SCHUSTER et al. 2001; SCHUSTER & STÜWE 2008; THÖNI & MILLER 2000).

Der Beginn des permischen Ereignisses ist gekennzeichnet durch eine Abnahme der Krustenmächtigkeit, die nicht in Verbindung mit dem gravitativen Kollaps der Varisziden steht. Die Krustenausdünnung ist das Ergebnis einer N-S Extension, als Folge der westwärtigen Ausdehnung der Neotethys. Der Collio Graben ist ein Beispiel für einen „permischen Graben“, der durch aktive Krustenausdünnung entstanden ist und in dem vor 265 Ma die ersten marinen Sedimente abgelagert wurden (BOSELLINI 1991; SCHUSTER & STÜWE 2008). Die Krustenausdünnung wurde von einer Hochtemperatur/Niederdruck (HT/LP) Metamorphose begleitet, die das Stabilitätsfeld von Sillimanit und Andalusit durchlaufen hat. Im Strieden-(Kreuzeck) und Jening-(Drauzug)-Komplex südlich des Tauernfensters ist diese Mineralparagenese von Sillimanit zu Andalusit aufgeschlossen (SCHUSTER et al. 2001, 2015). Die Intrusion von Gabbros, Graniten und Pegmatiten ist ein weiteres Kennzeichen der permischen Ereignisse. Der Ursprung der Intrusionen und der Hochtemperatur-Metamorphose ist die teilweise Aufschmelzung von tieferen Bereichen der Lithosphäre als Folge der Druckentlastung und der magmatischen Akkretion im Bereich der Moho. Sekundäre Aufschmelzungen in mittleren Bereichen der Kruste haben zu granitischen und pegmatitischen Intrusionen geführt (HABLER & THÖNI 2001; SCHUSTER & STÜWE 2008; VOSHAGE et al. 1990).

Der Millstatt-Komplex hat während des permischen Ereignisses eine amphibolit- bis granulitfazielle Metamorphose durchlaufen (Abbildung 5), die von der späteren eo-alpidischen Metamorphose überprägt wurde. Rb-Sr Datierungen von Pegmatiten bzw. Muskovititen aus Pegmatiten des Millstatt-

Komplexes haben ein Alter von 290 bis 115 Ma ergeben, die zum Teil eine deutliche eo-alpidische Überprägung zeigen (SCHUSTER et al. 2001).

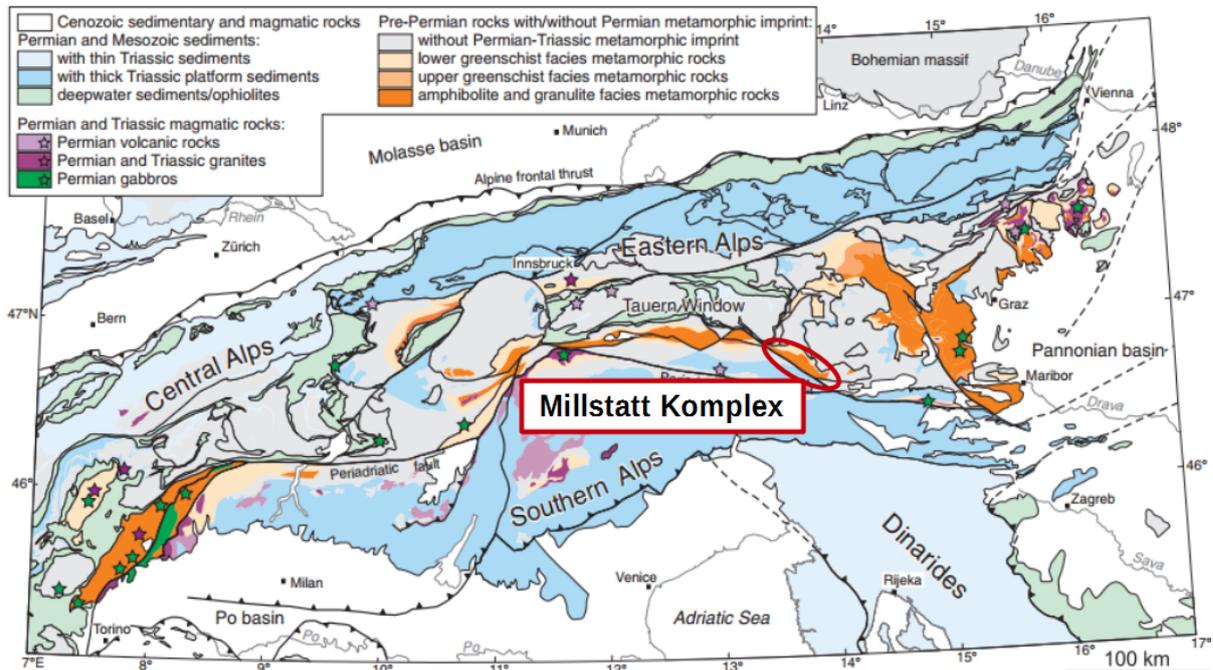


Abbildung 5: Übersichtskarte zur Permischen Metamorphose in den Alpen inkl. Markierung des Millstatt-Komplexes (SCHUSTER & STÜWE 2008).

2.3 Eo-alpidische Ereignisse in den Ostalpen

Die Alpen werden vom Liegenden ins Hangende aus der Europäischen Kontinentalplatte, den Relikten des Penninischen Ozeans und der Apulischen Kontinentalplatte aufgebaut. Der Penninische Ozean öffnete sich im Jura zwischen den beiden Kontinentalplatten und begann sich ab der Oberkreide zu schließen. Im Känozoikum führte diese Konvergenz zu einer Kontinentkollision und zur Auffaltung der heutigen Alpen. Die Europäische Platte bildete die tektonische Unterplatte und die Apulische Platte die Oberplatte (FRISCH 1979).

Im SE der Apulischen Platte befand sich im Mesozoikum ein weiterer Ozean, der sogenannte Meliata-Hallstatt Ozean. Die Öffnung des Meliata-Hallstatt Ozeans setzte in der Trias ein (KOZUR 1992) und er begann sich ab der Kreide zu schließen (FRANK 1987). Die Schließung des Meliata-Hallstatt Ozeans und die damit verbundenen Ereignisse werden als eo-alpidisches Ereignis bezeichnet (NEUBAUER et al. 2002; SCHUSTER 2003).

Der eo-alpidische Metamorphosegrad nimmt von N nach S kontinuierlich zu (Abbildung 6), bis er an der SAM (Southern border of Alpine Metamorphism) abrupt abfällt (HOINKES et al. 1999). Die eo-alpidischen Hochdruckgesteine befinden sich alle nördlich der SAM. Zwischen der SAM und dem periadriatischen Lineament sind die HT/LP Paragenesen des permischen Metamorphoseereignisses gut erhalten (SCHUSTER et al. 2001; SCHUSTER 2003). Das Profil in Abbildung 7 zeigt den geologischen Aufbau im Bereich des Millstätter Sees in Richtung Nockberge. Der Millstatt-Komplex befindet sich ganz im S direkt am Kontakt zur SAM. Er zeigt eine eklogit- bis amphibolitfazielle Metamorphose, wobei der Metamorphosegrad in Richtung N kontinuierlich abnimmt (KOROKNAI et al. 1999; SCHIMANA 1986; TEIML 1996). Der Millstatt-Komplex wird vom Radenthein-Komplex überlagert, der wieder-

um vom Bundschuh-Komplex überlagert wird. Dem polymetamorphen Bundschuh-Komplex lagert das Stangalm-Mesozoikum und das Gurktaler-Deckensystem auf (SCHUSTER 2003).

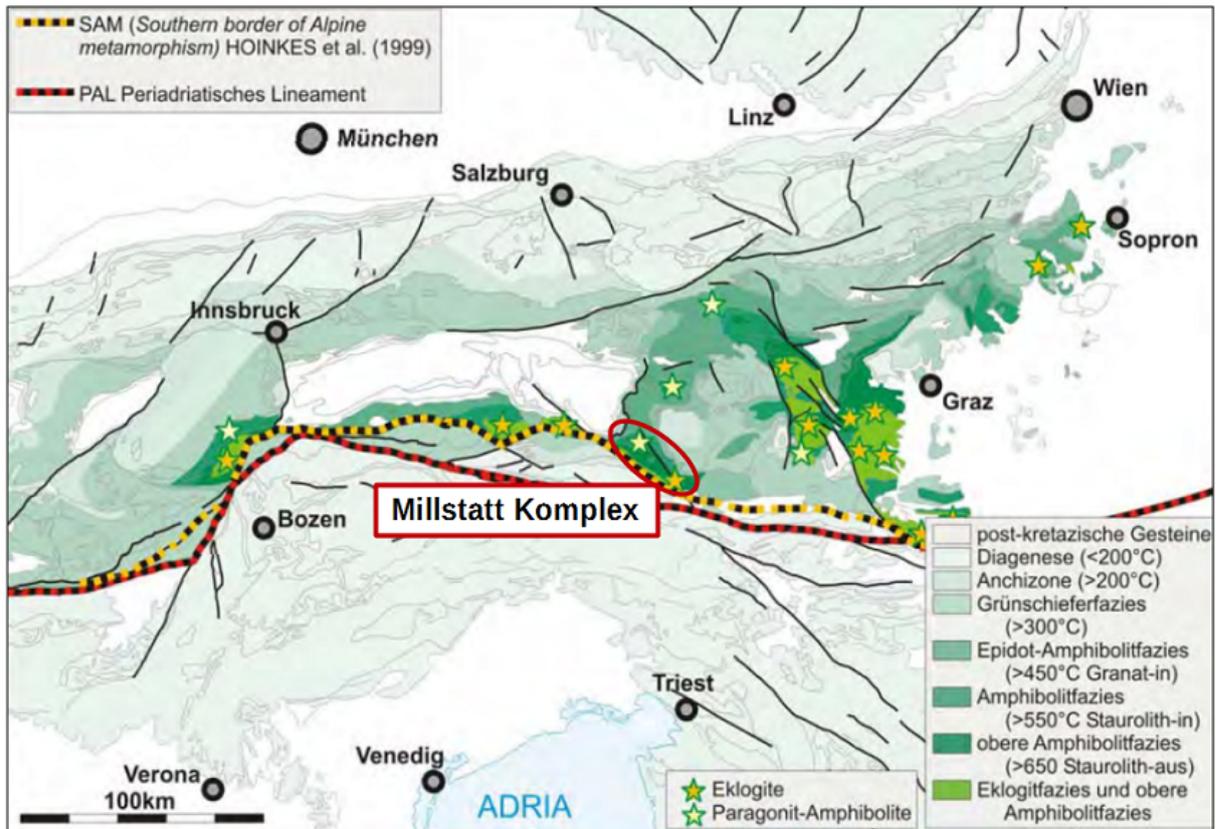


Abbildung 6: Übersichtskarte der eo-alpidischen Metamorphose in den Ostalpen (SCHUSTER 2003).

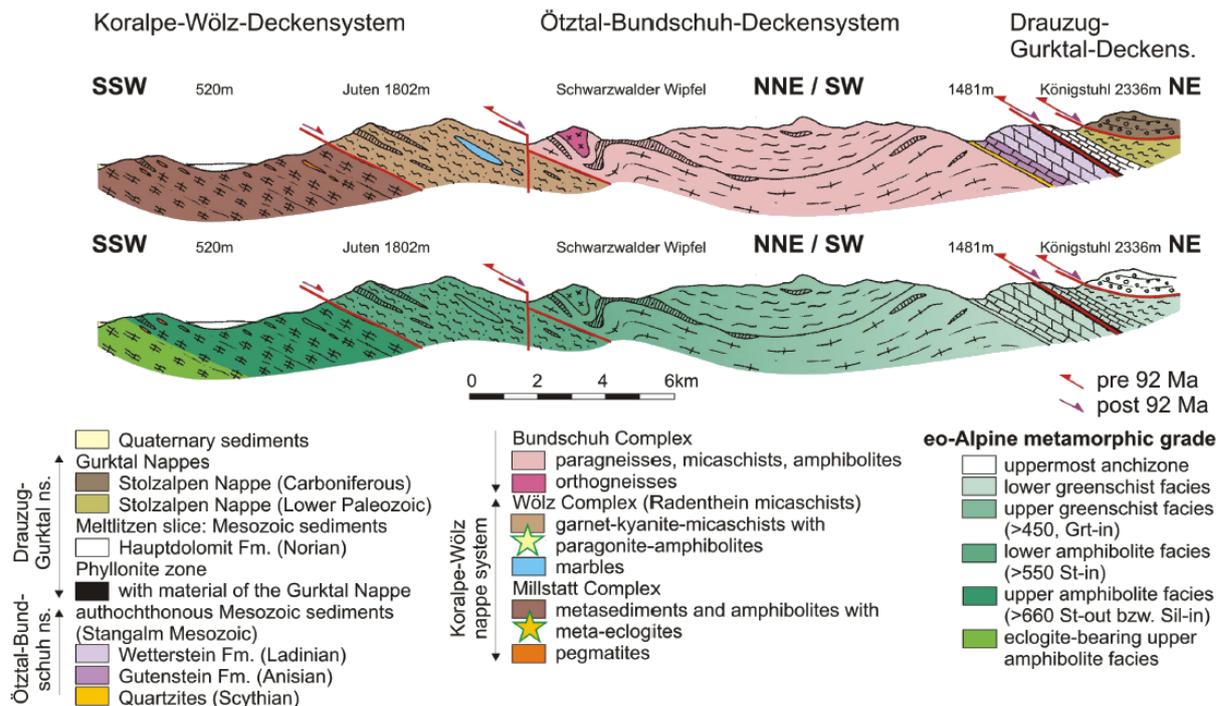


Abbildung 7: Aufbau und Profil der eo-alpidischen Metamorphose vom Millstatt-Komplex in Richtung Nockberge (SCHUSTER 2003).

Die Schneeberg-, Radenthein-, Millstatt- und Texel-Komplexe sind Bestandteile des eo-alpidischen Hochdruckgürtels und bestehen aus paläozoischen bis triassischen Metasedimenten mit magmatischen Intrusionen im Perm (SCHMID et al. 2004). Abbildung 8 und 9 zeigen die geodynamische Entwicklung des eo-alpidischen Hochdruckgürtels. Die Rekonstruktion der geodynamischen Entwicklungen in Abbildung 9 erfolgte durch Auswertung der bevorzugten Gitterorientierung von Quarzen (Lattice Preferred Orientation). Die Decken des eo-alpidischen Hochdruckgürtels lagen paläogeographisch zwischen den Decken des Silvretta-Seckau-Deckensystems im NW und den Decken des Ötztal-Bundschuhdeckensystems im SE. Die Überschiebung und anschließende austroalpine Deckenbildung begann im SE in den höchsten Einheiten des Drauzug-Gurktal-Deckensystems, der Steinach- und Gurktaldecke (Abbildung 9a). Durch die Ausbildung einer Subduktionszone und der nordwärts gerichteten Überschiebung kam es zur Ausbildung eines eo-alpidischen Hochdruckgürtels, der aus den Decken des Koralpe-Wölz-Deckensystems bestand (Abbildung 9b). Die Bundschuh Decke liegt tektonisch über den Einheiten des Hochdruckgürtels, wurde aber im Zuge der Exhumierung mit diesen verfaltet (Abbildung 9c). Das Einfallen der Schieferung in Richtung N bzw. NE ist ein Resultat der Intendation der Adriatischen Platte im Oligozän bzw. Miozän. Diese Intendation hat den gesamten Hochdruckbereich rotieren lassen (Abbildung 9d), da dieser ursprünglich in Richtung S eingefallen ist. Die höchsten Bereiche des eo-alpidischen Deckenstapels (Drauzug-Gurktal-Deckensystem), zwischen der SAM und der Periadriatischen Naht, wurden gekippt bzw. lokal überkippt und grenzen so direkt an die hochmetamorphen Bereiche des eo-alpidischen Hochdruckgürtels (KRENN et al. 2011).

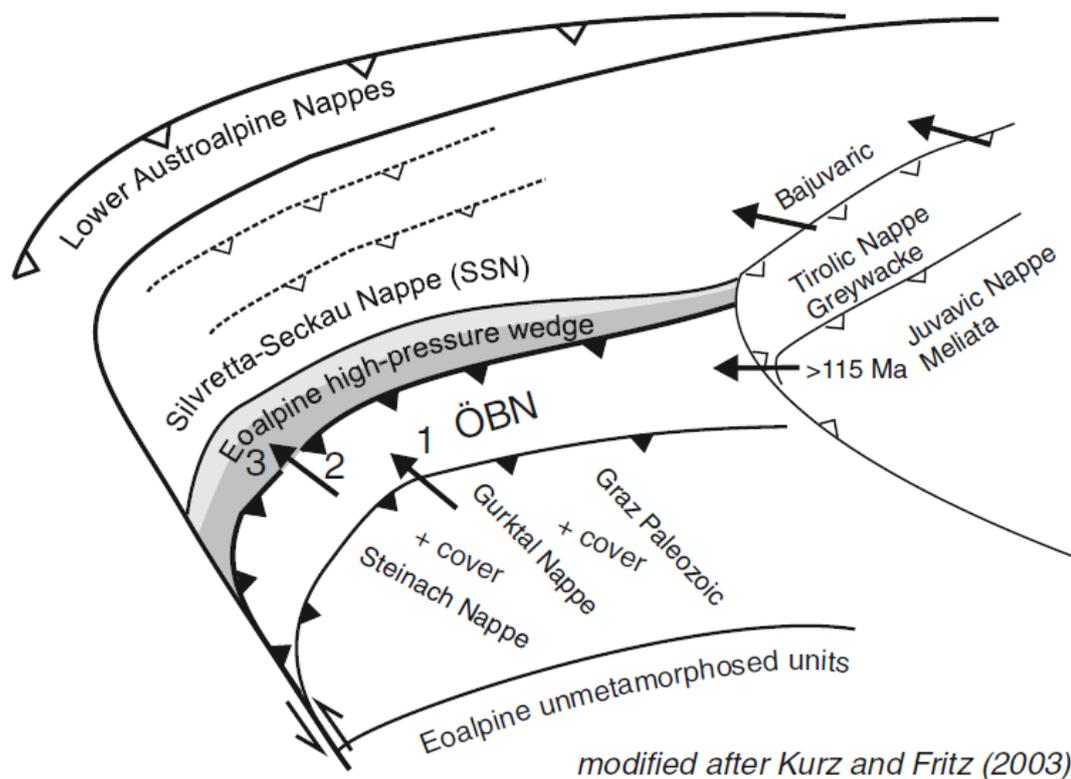


Abbildung 8: Position und geodynamische Entwicklung des Eo-alpidischen Hochdruckgürtels (KRENN et al. 2011).

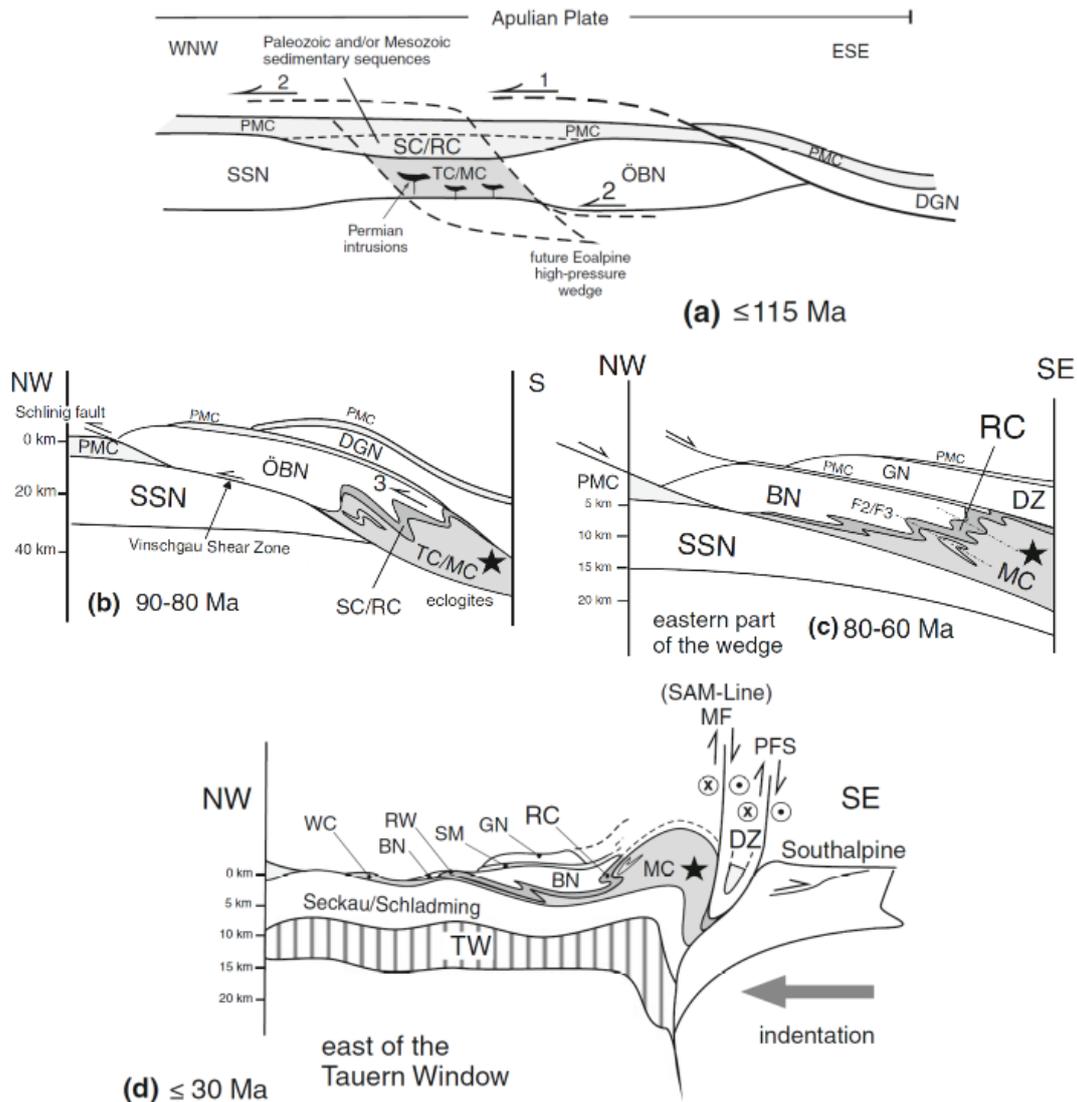


Abbildung 9: Ursprüngliche Anordnung (KURZ & FRITZ 2003) und eo-alpidische Entwicklung der austroalpinen Decken (KRENN et al. 2011); SSN: Silvretta-Seckau-Deckensystem, ÖBN: Ötztal-Bundschuh-Deckensystem, DGN: Drauzug-Gurktal-Deckensystem, TC: Texel-Komplex, MC: Millstatt-Komplex, SC: Schneeberg-Komplex, RC: Radenthein-Komplex, PMC: Permo-Mesozoische Coversequenzen, BN: Bundschuh Decke, GN: Gurktal Decke, DZ: Drauzug, SM: Stangalm Mesozoikum, RW: Rammingstein Fenster, WC: Wölz-Komplex, TW: Tauern Fenster, MF: Mölltalstörung, PFS: Periadriatisches Lineament, SAM: Südgrenze der alpinen Metamorphose.

2.4 Pegmatite im Ostalpinen Kristallin

Pegmatite treten im Ostalpinen Kristallin über weite Bereiche auf. In den geologischen Karten sind die Pegmatite oft überzeichnet oder nicht separat ausgewiesen. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Pegmatite und Spodumenpegmatite in den Ostalpen. Vor allem die Spodumenpegmatite haben in der Vergangenheit genauere Untersuchungen erfahren. Das größte Spodumenvorkommen Europas liegt auf der Weinebene (Koralpe). Die Pegmatite treten dort in hochmetamorphen Eklogitamphiboliten und in disthenführenden Glimmerschiefern auf. Die Spodumenpegmatite besitzen eine Mächtigkeit zwischen 1-5 m und liegen konkordant im Nebengestein. Als Spurenelemente treten signifikante Mengen von Be, Cs, Rb und Sn auf (GÖD 1989).

Im Raum Bretstein, Pusterwald und Lachtal, der Wölzer Tauern treten sowohl Pegmatite, als auch Spodumenpegmatite auf. Der Spodumenpegmatit am Hohenwart besitzt eine Erstreckung von

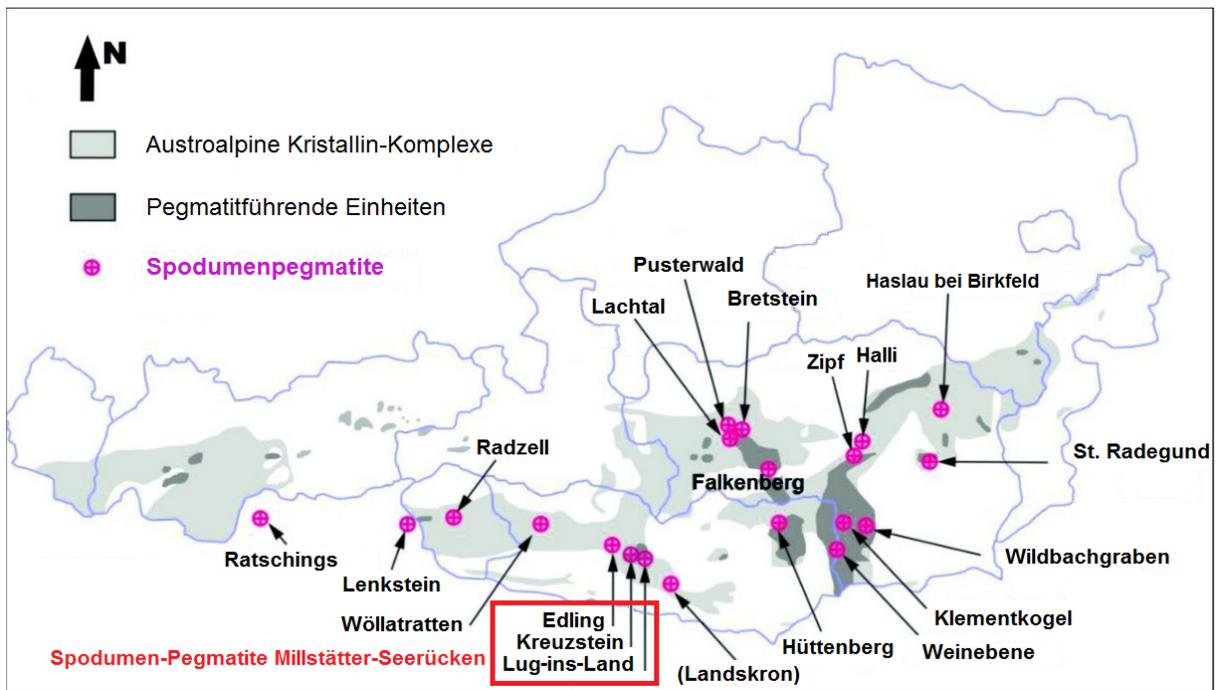


Abbildung 10: Verteilung der Pegmatite und Spodumenpegmatite im Ostalpinen Kristallin (modifiziert nach MALI (2004); AHRER (2014)).

über 650 m. Die Pegmatite treten in Form von Linsen, Linsenzügen, schieferungsparallelen und teils diskordanten Gängen auf. Die Spodumenpegmatite sind niedrig- bis hochgradig differenziert. Die gemeinen Pegmatite treten in Form von Glimmerpegmatiten und beryllführenden Pegmatiten auf. In den Spodumenpegmatiten finden sich untergeordnet Nb-Ta-Mineralisationen (MALI 2004).

GASSNER (2001) bearbeitete ausgewählte steirische Pegmatite auf der Koralpe, Stubalpe, dem Radegunder Kristallin und Anger Kristallin. Die Pegmatite weisen unterschiedliche Differenzierungsgrade auf, von niedrig- bis hochgradig differenziert. Die Pegmatite wurden unterschiedlich stark metamorph überprägt und zeigen eine starke Abhängigkeit des Differenzierungsgrades vom Nebengestein. Pegmatite in Marmoren haben einen höheren Differenzierungsgrad als jene in Glimmerschiefern und Gneisen. Spodumen ist ein guter Indikator für höher differenzierte Pegmatite.

SENZENBERGER (2001) untersuchte die Pegmatite des Hohenwart in den Wölzer-Tauern. Die Pegmatite befinden sich im Rappold-Komplex. Er geht davon aus, dass die Platznahme der Spodumenpegmatite in mehreren Phasen erfolgt ist, wobei er ausgehend vom Rb/Tl-Quotient von einer granitischen Entstehung ausgeht.

Das Arbeitsgebiet von AHRER (2014) umfasste die Pegmatitareale in Hohenwart, Lachtal, Mitterberg und Garrach, die alle im Rappold-Komplex des oberostalpinen Koralpe-Wölz-Deckensystems liegen. Die Nb-Ta Gehalte steigen mit dem Fraktionierungsgrad und Nb-Ta Erze sind dementsprechend in den hochfraktionierten Bereichen zu erwarten. Weiters konnte er feststellen, dass die Nb-Ta Konzentrationen in den Muskoviten keinen Anhaltspunkt für das Vorhandensein von Nb-Ta Erzen liefern.

SWEDA (2016) beschäftigte sich mit den Pegmatiten des obersteirischen Falkenbergs und konnte niedrig- bis hochdifferenzierte Pegmatite nachweisen. In diesem Bereich sind Spodumenpegmatite und gemeine Pegmatite des Muskovit- und Muskovit-„taub“ Typs zu finden.

Herkunft und Entstehung der Spodumenpegmatite

Die permischen Spodumenpegmatite gehören zur Selten-Element-Klasse bzw. LCT-Familie (GÖD 1989; MALI 2004). Nach ČERNÝ & ERCIT (2005) können Selten-Element-Klasse Pegmatite nur durch fraktionierte Kristallisation von Mutterplutonen entstehen. Die gemeinen Pegmatite stehen vmtl. in genetischer Beziehung zu den Spodumenpegmatiten und werden als anatektische Bildungen betrachtet (THÖNI & MILLER 2000; ERTL et al. 2010).

Bildung aus Graniten

Pegmatite, die mit granitischen Intrusionen assoziiert sind, zeigen eine typische regionale Zonierung von niedrig bis hin zu hoch differenzierten Bereichen. Die hoch differenzierten Bereiche sind weiter von der Intrusion entfernt als die niedrig differenzierten. In dem Modell nach BAKER (1998) wird von einer Granitintrusion mit einer Größe von 10x10x10 km ausgegangen. Die Intrusionstemperatur liegt bei 800°C und die des Nebengesteins bei 500° bzw. 300°C. In den ersten 10⁴ Jahren nach der Intrusion muss das Nebengestein erwärmt werden, damit sich pegmatitische Schmelzen ausbilden und ins Nebengestein eindringen können. Das Maximum der Pegmatitenausbreitung liegt im Zeitraum zwischen 10⁵ und 10⁶ Jahren wenn sich das Innere des Plutons von 760° auf 580°C abgekühlt hat. Die maximale Länge der Pegmatitgänge beträgt 20 km ausgehend vom Zentrum des Plutons bei einer Ursprungstemperatur des Nebengesteins von 500°C (Amphibolitfazies). Kleine granitische Plutone mit weniger als 5x5x5 km können dem Modell nach keine Pegmatitgänge bilden, da sie zu schnell abkühlen und das Nebengestein nicht ausreichend erwärmen können, um in dieses einzudringen. Beim Vorhandensein von Rissen oder Störungen im Nebengestein ist dennoch ein Eindringen möglich und es können sich räumlich stark begrenzte Pegmatitkörper bilden (BAKER 1998).

Bildung durch Anatexis und interne Fraktionierung

Das alternative Entstehungsmodell nach SCHUSTER geht für die Spodumenpegmatite von Anatexis in Metapeliten mit erhöhten Li-Gehalten aus. Nach diesem Modell sollten sich die Schmelzen bei ca. 650°C, 0,4-0,6 GPa, externer H₂O Bufferung und niedrigen Aufschmelzraten bilden. Für die primäre Li-Anreicherung in der Schmelze können neben der Aufschmelzung von Hellglimmer, Feldspat und Quarz noch andere Reaktionen verantwortlich sein. Hellglimmerreiche Granat-Glimmerschiefer und Paragneise kommen als mögliche Ausgangsgesteine in Frage. Diese ehemals marinen Tone besitzen neoproterozoische bis devone Sedimentationsalter und haben eine permische, im Zuge derer die Pegmatite gebildet wurden, und eine kretazische Metamorphose erfahren. Messungen dieser Gesteine ergaben Li-Gehalte von 80-130 ppm in Hellglimmern und 140-260 ppm in Biotiten. Der Li-Gehalt der anatektischen Schmelze ist abhängig vom Gehalt im Ausgangsgestein, dessen mineralogischer Zusammensetzung und der Aufschmelzungsrate, bzw. den dabei stattfindenden Schmelze-bildenden Reaktionen. Hellglimmer stellen eine potenzielle Quelle für Li dar, wobei auch Chlorit, Biotit und Staurolith hohe Li-Gehalte aufweisen können. In staurolithführenden Glimmerschiefern kann die Reaktion: Staurolith + Muskovit = Sillimanit/Andalusit + Biotit + H₂O bei 550-560°C und niedrigen Drücken (0,2-0,5 GPa) zur Schmelzbildung und Li-Anreicherung führen (persönliche Mitteilung: R. SCHUSTER).

Die Verhältnisse von Alkalien, Erdalkalien, HFSE und REE liefern Informationen über den Fraktionierungsgrad von Pegmatiten (vgl. Kapitel 3.3.4). Das Verhältnis in der Schmelze ändert sich durch die Kristallisation der Feldspäte, Quarz und Glimmer. Ba und Sr werden bei der Kristallisation der Schmelze entzogen und reichern sich so in dieser ab. Die Fraktionierung führt andererseits zur An-

reicherung von Elementen wie Li. In den am höchsten mit Li angereicherten Schmelzen kann es so zur Kristallisation von Spodumen kommen. Durch die Heterogenität und Grobkörnigkeit des Gesteins können die Gesamtgesteinsgehalte meist nicht einfach direkt bestimmt werden. Die Messungen werden daher an ausgewählten Mineralen (Muskovit, Biotit, Kalifeldspat) durchgeführt. Die Bestimmung des Differentiationsgrades erfolgt über die Messung des K/Rb-Verhältnisses. Spodumen tritt in mittel- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten auf. Es treten jedoch auch gemeine Pegmatite mit hohen Differentiationsgraden auf (GASSNER 2001; SENZENBERGER 2001).

3 Pegmatite

Pegmatite werden zu den magmatischen Gesteinen gezählt und besitzen meist granitische Zusammensetzung. Sie können aber auch mafische, ultramafische, karbonatische und syenitische Zusammensetzungen besitzen. Für Pegmatite mit granitischer Zusammensetzung wird der Ausdruck „granitischer Pegmatit“ verwendet. In magmatischen und metamorphen Gesteinen sind die Pegmatite deutlich vom Nebengestein abgegrenzt. Im Unterschied zu anderen magmatischen Gesteinen sind sie viel grobkörniger und es treten häufig skelettartige Kristalle auf. Eine Vielzahl von Elementen, wie Li, B, Be, Rb, Cs, Ni, Ta, Sn, F, P und SEE, können bevorzugt in Pegmatiten eingebaut werden und dort Konzentrationen bis zu einigen Gewichtsprozent erreichen (LONDON 2008).

3.1 Klassifikation von Pegmatiten

Das Klassifikationsschema von LANDES (1933) unterscheidet chemisch einfache und chemisch komplexe Pegmatite. Die einfachen Pegmatite sind ähnlich den plutonischen Gesteinen und die komplexen sind durch hydrothermale Alteration aus den Einfachen entstanden.

Moderne Pegmatitklassifikationen von granitischen Pegmatiten beruhen auf den Arbeiten von BUDDINGTON (1959) und GINSBURG et al. (1979), bei denen die Klassifikation aufgrund der Bildungstiefe, den Metamorphosebedingungen und dem Verhältnis zur granitischen Intrusion erfolgt. Dieses Schema wurde von ČERNÝ (1991) weiterentwickelt und stellt das heute gebräuchlichste Klassifikationsschema dar. Die Klassifikation erfolgt aufgrund einer Kombination aus Bildungstiefe, Metamorphosegrad und Spurenelementgehalten. Dieses Modell kennt 4 deskriptive Klassen (Abyssal, Muskovit, Selten-Element, Miarolitsch), mit mehreren Typen bzw. Subtypen und 2 petrogenetische Familien (LCT, NYF) der Selten-Element-Pegmatite. Eine Vielzahl von Pegmatiten, die nicht in dieses Klassifikationschema passen, führten zur Modifikation dieses Modells durch ČERNÝ & ERCIT (2005). Pegmatite, die durch Anatexis während der Metamorphose gebildet wurden, bilden einen Spezialfall, der in den aktuell gebräuchlichen Klassifikationsschemen wenig Beachtung findet und nach Ansicht von ČERNÝ (1998) keine Selten-Element-Pegmatite bilden kann. Es ist ein Trend in Richtung petrogenetischer Pegmatitklassifikation zu beobachten, die aufgrund des tektonischen Settings und der magmenbildenden Prozesse erfolgt (SIMMONS & WEBBER 2008). Die im Arbeitsgebiet auftretenden permischen Pegmatite werden, basierend auf der Klassifikation von ČERNÝ & ERCIT (2005), der LCT-Familie bzw. Selten-Element-Klasse zugeordnet.

Die CMS (Chemical composition - Mineral assemblage - Structural geology)-Klassifikation der Pegmatite und Aplite von DILL (2015) bzw. DILL (2016) beruht auf dem Typ des pegmatitischen bzw. aplitischen Gesteins (1. Ordnung), der Strukturgeologie (2. Ordnung), der chemischen Zusammensetzung (3. Ordnung) und der Mineralogie (4. Ordnung). Die Unterscheidung zwischen aplitisch und pegmatitisch erfolgt abhängig von der Korngröße des Nebengesteins. Als Gesteinstypen werden Pseudo-Pegmatite/Aplite, Meta-Pegmatite/Aplite, Pegmatoide/Aplitoide, Pegmatite/Aplite und plutonische Pegmatite/Aplite unterschieden. Die in dieser Arbeit bearbeiteten Pegmatite werden laut CMS-Klassifikation als Pseudo-Pegmatite klassifiziert, die durch ihr Auftreten in metamorphen Lithologien, jedoch ohne einen sichtbaren Bezug zu einer granitischen Intrusion, gekennzeichnet sind. Sie sind aus remobilisierten, primären Pegmatiten entstanden, die während der Metamorphose ihre primäre Struktur verloren haben.

3.1.1 Gruppen

Die Pegmatit-Gruppe ist nach ČERNÝ (1991) die genetische Basiseinheit zur Unterscheidung unterschiedlicher Pegmatitkörper.

Eine Gruppe besitzt eine gemeinsame granitische Quelle und alle dazugehörigen Pegmatite stehen in zeitlicher und räumlicher Beziehung zu dieser Intrusion. Die einzelnen Pegmatite einer Gruppe können sich in ihrem Erscheinungsbild und in ihrer Zusammensetzung je nach Fraktionierungsgrad stark voneinander unterscheiden. Im einfachsten Fall entsteht aus einer granitischen Intrusion eine Gruppe, deren Pegmatite sich chemisch und mineralogisch je nach Fraktionierungsgrad unterscheiden können, sich jedoch eindeutig dieser Intrusion zuordnen lassen. Ein Gebiet, in dem mehrere Pegmatitgruppen vorkommen, wird im englischen Sprachraum als "District" bezeichnet (LONDON 2008).

3.1.2 Klassen

Abyssale Klasse

Die abyssalen Pegmatite sind gekennzeichnet durch ihr Auftreten in hochmetamorphen Gesteinen. Sie reichen von Pegmatiten in mittleren Tiefen, bis hin zu Bereichen der oberen Amphibolitfazies (ČERNÝ & ERCIT 2005). Diese Klasse wird in erster Linie durch ihr Auftreten in amphibolit- und granulitfazialen Nebengesteinen definiert. Migmatite können grobkörnige Leukosome beinhalten, die gelegentlich der Abyssalen Klasse zugeordnet werden (LONDON 2008).

Muskovit-Klasse

Die Muskovit-Klasse basiert auf der Simplen Pegmatitklasse von LANDES (1933). Die Muskovit-Klasse beinhaltet Pegmatite in Nebengesteinen, die eine Hochdruckmetamorphose (Amphibolitfazies im Übergangsbereich von Sillimanit zu Kyanit) erfahren haben und zum Teil mit diesen deformiert wurden. Diese Pegmatite sind durch partielle Aufschmelzung entstanden (ČERNÝ & ERCIT 2005).

Muskovit-Selten-Element-Klasse

Diese Klasse wurde von ČERNÝ & ERCIT (2005) hinzugefügt, um die Pegmatite der ursprünglichen Muskovit-Klasse weiter zu unterteilen. Die Pegmatite der Muskovit-Klasse stehen in engem Zusammenhang mit dem Nebengestein und wurden durch Anatexis aus diesem gebildet. Im Gegensatz dazu, handelt es sich bei den Pegmatiten der Muskovit-Selten-Elemente-Klasse um Intrusionskörper mit diskordantem Kontakt zum Nebengestein. Sie stellen ein Zwischenglied zwischen Graniten und Selten-Element-Pegmatiten dar. Pegmatite, die in ein glimmerreiches Nebengestein intrudiert sind und dadurch selbst sehr glimmerreich sind (z.B. Black Mountain Pegmatit), werden trotz ihres hohen Glimmergehaltes nicht der Selten-Element-Klasse zugeordnet, da sie eine komplexe chemische Evolution erfahren haben (LONDON 2008).

Selten-Element-Klasse

Die Selten-Element-Klasse entsteht durch Differentiation von granitischen Schmelzen in mittleren bis flachen Tiefen. Die Platznahme erfolgt in Gesteinen, am Höhepunkt ihrer grünschiefer- bis amphibolitfaziale Metamorphose. Bei dieser Klasse handelt es sich um die Klasse mit der höchsten Diversität. Die Selten-Element-Klasse lässt sich weiter in die REL-Li und REL-REE Subklassen unterteilen. Diese Subklassen lassen sich wiederum je nach Mineralbestand in weitere Typen und Subtypen unterteilen

(ČERNÝ & ERCIT 2005). Bei diesem Typ handelt es sich um den Komplexen-Typ, der von LANDES (1933) beschrieben wurde.

Miarolitische Klasse

Miarolitische Pegmatite sind gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Drusen Hohlräumen, die durch Entmischung von Lösungen bzw. Gasen aus der pegmatitischen Schmelze entstanden sind. Der Ursprung dieser Pegmatite sind granitische Schmelzen, die in oberflächennahe Bereiche intrudiert sind. Miarolitische Pegmatite sind die Hauptquelle für pegmatitische Edelsteine. Die miarolitische Klasse lässt sich in die MI-REE und MI-Li Subklasse unterteilen, die wiederum in mehrere Typen unterteilt werden (ČERNÝ & ERCIT 2005).

3.1.3 Familien

LCT Familie

LCT Pegmatite sind neben Li, Cs und Ta angereichert an Be, B, F, P, Mn, Ga, Rb, Nb, Sn und Hf. Pegmatite der LCT Familie treten häufiger auf als jene der NYF Familie. Sie besitzen einen peraluminösen Charakter und enthalten daher Muskovit, Turmalin und spessartinreichen Granat. Li tritt häufig in Form von Alumosilikaten wie Spodumen und Petalit auf, untergeordnet auch als Lepidolith, Amblygonit oder Montebrasit. Cs ist das inkompatibelste Element der Alkali- bzw. Erdalkalielelemente und reichert sich in granitischen Schmelzen an. Cs wird in Glimmer und Beryll eingebaut und kann bei ausreichenden Konzentrationen das Mineral Pollucit (Cs reiches Kettensilikat) bilden. Nach ČERNÝ (1991) entstehen diese Pegmatite aus entwickelten I-Typ Graniten. Ta und P treten gehäuft in Pegmatiten auf, deren Ursprung S-Typ Granite sind (LONDON 2008).

NYF Familie

NYF Pegmatite sind angereichert an Nb, Y, F, schweren Seltenen-Erdelementen, Be, Ti, Sc und Zr. Ein charakteristisches Merkmal von NYF Pegmatiten ist das häufige Auftreten von Amazonit (blau-grüner Kalifeldspat). Die Pegmatite der NYF Familie stehen im Zusammenhang mit A-Typ Graniten, die aus Krustenschmelzen mit chemischem Input aus dem Mantel entstanden sind (MARTIN & DEVITO 2005). Sie sind sehr alkalienreich und zeigen eine ähnliche Elementanreicherung wie Syenite und Karbonatite. Im Gegensatz zu diesen sind sie jedoch arm an P und reich an schweren Seltenen-Erdelementen (LONDON 2008).

Gemischte Familie

Die gemischte Familie (LCT+NYF) beinhaltet Pegmatite und Granite, die gemischte geochemische und mineralogische Trends zeigen. Dabei treten LCT Spurenelemente und Phasen in hochdifferenzierten NYF Populationen auf. Diese Erscheinung kann weitestgehend durch LCT Kontamination von ursprünglich reinen NYF Graniten erklärt werden, wobei drei unterschiedliche Mechanismen in Frage kommen (ČERNÝ & ERCIT 2005). Ein Mechanismus geht davon aus, dass ursprüngliches, abgereichertes NYF Magma durch nicht abgereicherte suprakrustale Lithologien kontaminiert wird (ČERNÝ 1991). Eine andere Möglichkeit ist die nur teilweise stattgefundenen Abreicherung der Protolithen. Als letzte Möglichkeit kommt die Anatexis von gemischt angereicherten bzw. abgereicherten Protolithen in Frage (WHALEN et al. 1987).

3.2 Zonierung von Pegmatitkörpern

Unzonierte Pegmatite zeigen eine homogene Verteilung der Korngröße und Mineralzusammensetzung, mit orientiertem oder porphyrischem Gefüge. Unzonierte Pegmatite treten häufig in hochmetamorphen Nebengesteinen, im Stabilitätsfeld von Kyanit und Spodumen, auf.

Im Gegensatz zu gewöhnlichen Intrusionsgesteinen, können Pegmatite eine ausgeprägte Zonierung aufweisen. Zonierte Pegmatite sind gekennzeichnet durch eine Variation in der Korngröße, Mineralzusammensetzung, Kristallhabitus und dem Mineralgefüge. Die Zoneneinteilung und Terminologie von CAMERON et al. (1949) stellt das gebräuchlichste Schema dar. Er unterscheidet zwischen einer Grenz-, Rand-, Zwischen- und Kern-Zone, sowie dem Auftreten von Kluffüllungen und Mineral-Pseudomorphosen (LONDON 2008).

Die Grenz-Zone bildet eine wenige cm dicke Begrenzung des Pegmatitkörpers zum Nebengestein. Die Korngröße ist in der Grenz-Zone feinkörnig (2-5 mm), wobei die Mineralzusammensetzung dieser Zone nicht repräsentativ für die Zusammensetzung des restlichen Pegmatitkörpers ist.

Die Rand-Zone erreicht Mächtigkeiten bis zu 1 m und ist grobkörniger ausgebildet als die Grenz-Zone, mit Korngrößen bis zu 3 cm. Die Mineralorientierung der Turmaline, Berylle, Glimmer und Feldspäte ist durch eine Anisotropie geprägt, die erstmals in dieser Zone auftritt.

Die Zwischen-Zone ist gekennzeichnet durch eine sehr starke Zunahme der Kristallgröße. In dieser Zone dominiert eine einzelne Mineralphase, wie perthitischer Mikroklin, Plagioklas, Quarz, Spodumen, Petalit oder Montebrasit. Die Verteilung dieser Zone im Pegmatitkörper kann symmetrisch oder asymmetrisch sein, wobei sie in den mächtigsten Bereichen des Körpers am stärksten ausgeprägt ist und in den geringmächtigeren Bereichen zurücktritt bzw. ganz verschwindet.

Die Kern-Zone repräsentiert den innersten Bereich des Pegmatits. Die Zusammensetzung des Kernbereichs ist sehr variabel. Monomineralischer Quarz als Kern ist weit verbreitet, aber er kann auch aus Quarz plus einer beliebigen Kombination von Perthit, Albit, Lithiumsilikaten oder Phosphaten bestehen.

Kluffüllungen treten relativ häufig in Pegmatiten auf. Diese Kluffüllungen bestehen meist aus Quarz, können jedoch auch aus anderen Mineralen bestehen, je nachdem, welche Zusammensetzung der Pegmatitkörper aufweist.

In manchen Pegmatiten kommt es zur Ausbildung von sogenannten Replacement bodies. Dabei handelt es sich um Mineral-Pseudomorphosen, bei denen es sich um ein Indiz für die Umbildung des ursprünglichen Pegmatits handelt. Diese Pseudomorphosen können unterschiedlicher Natur sein, z.B. hexagonaler Muskovit-Kristall der zu Kalifeldspat umgewandelt wurde, wobei der ursprünglich auftretende Lepidolithsaum erhalten bleibt. Diese Pseudomorphosen sind nicht immer eindeutig zu erklären und können zu Interpretationsmissverständnissen führen (LONDON 2008).

Im Arbeitsgebiet kommen sowohl homogene Pegmatite ohne Zonierung, als auch Pegmatite mit einer deutlich ausgeprägten Zonierung vor.

3.3 Geochemie von Pegmatiten

3.3.1 Hauptelemente

Granitische Pegmatite besitzen im Allgemeinen die gleiche Zusammensetzung wie herkömmliche Granite. Der CaO-Gehalt ist geringer als in Graniten, weshalb Albit als einziges nennenswertes Mineral der Plagioklasreihe in Pegmatiten auftritt. Die Al_2O_3 -Gehalte sind verglichen mit denen von Granit meist höher. Der Kalifeldspatgehalt wird durch das K_2O/Na_2O -Verhältnis gesteuert. Das häufige Auftre-

ten von Mineralen der Glimmergruppe spiegelt den peraluminösen Charakter von Pegmatiten wieder (ČERNÝ 1982).

3.3.2 Ausgewählte Spurenelemente

Lithium

In Graniten kommt es zu nennenswerten Anreicherungen von Li in den Muskoviten und Biotiten von Zweiglimmergraniten und Leukograniten, wobei die felsischen Bestandteile weitestgehend Li-frei sind. Der Li-Gehalt eines Granites spiegelt somit nicht den Li-Gehalt der ursprünglichen Schmelze wider, da Li bei den Kristallisationsprozessen der felsischen Bestandteile weitestgehend ausgeschlossen wird. Aufgrund dieser Inkompatibilität reichert sich Li gemeinsam mit H₂O, F und B in der Restschmelze an. Abhängig von der Aktivität von (PO₄)³⁻, F⁻, H⁺, Na⁺ und K⁺ kann Li in 3 Mineralvergesellschaftungen auftreten. Dabei handelt es sich um wasserfreie Alumosilikate, Phosphate und (Li, F)-reiche Glimmer (ČERNÝ et al. 1985).

In pegmatitischen Schmelzen mit niedrigen (PO₄)³⁻ und F⁻-Gehalten werden Li-reiche Alumosilikate wie Spodumen und Petalit gebildet (ČERNÝ et al. 1985). Spodumen wird bei hohen Drücken gebildet, im Gegensatz zu Petalit, der bei niedrigen Drücken gebildet wird. Je nach Druck und Temperatur können als weitere Phasen Eukryptit, β-Spodumen und Virgilit auftreten (Abbildung 11) (LONDON 2008).

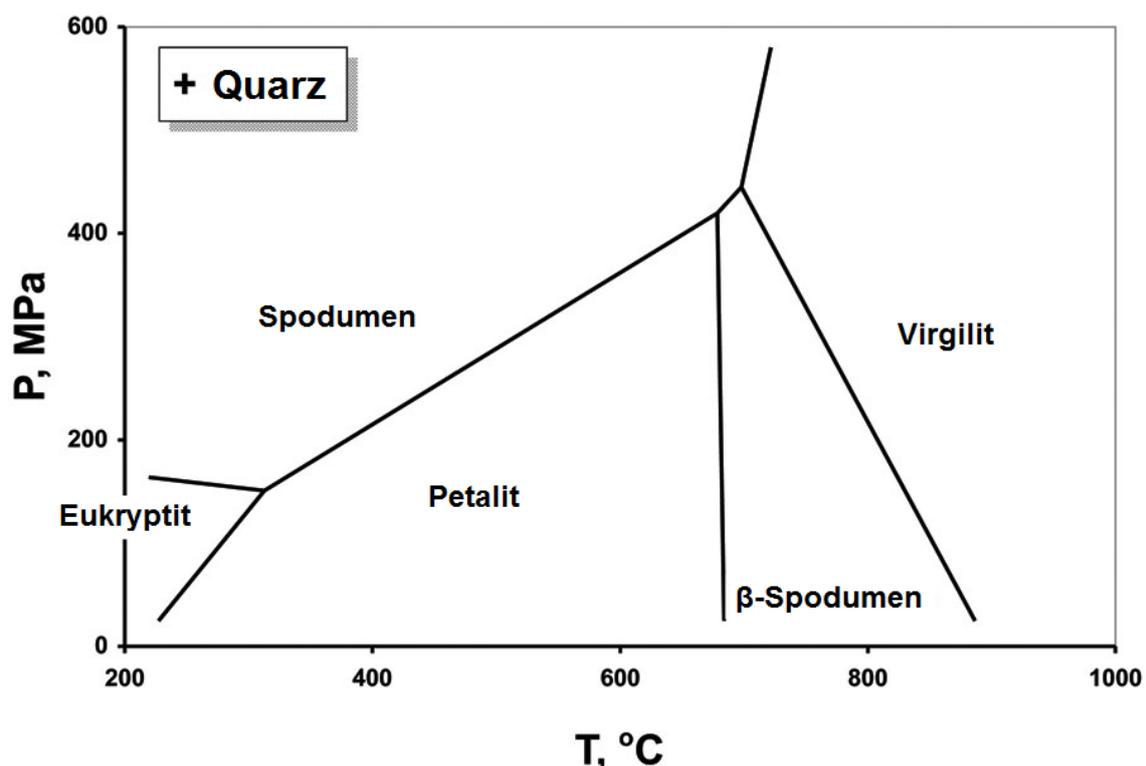


Abbildung 11: Phasendiagramm der wasserfreien Li-reichen Alumosilikate in Pegmatiten (LONDON 2008).

In sauren P- und F-reichen Schmelzen bilden sich Amblygonit und Montebrasit, da unter diesen Bedingungen Li-Alumosilikate instabil sind. In solchen teils Li-reichen Pegmatiten treten meist Triphylit-Lithiophilite und Amblygonit-Montebrasit als Mineralparagenesen auf. Aus Schmelzen mit hohen F⁻ und niedrigen (PO₄)³⁻-Gehalten erfolgt die Bildung von Li-reichen Muskoviten und Lepidolithen. Li-reiche Alumosilikate und Phosphate treten nur in Spuren oder gar nicht auf (ČERNÝ et al. 1985).

Beryllium

Be ist ein lithophiles Element, welches sich in sauren magmatischen Restschmelzen während der Differentiation anreichert. Be kann in eine Vielzahl von Mineralen eingebaut werden. In Pegmatiten kommt Be vor allem in Beryll und Muskovit vor, wobei Muskovite in hochdifferenzierten Pegmatiten Be-Gehalte bis zu 100 ppm erreichen können (ČERNÝ & BURT 1984; KRISHNA-RAO & SREENIVAS 1994).

Mangan

Mn²⁺ ist dem Fe²⁺-Ion sehr ähnlich. Die Konzentrationen der beiden Elemente sinken mit fortschreitender Differentiation, wobei Mn²⁺ durch seinen größeren Ionenradius in der Restschmelze gegenüber dem Fe²⁺ angereichert wird. Aus diesem Grund sinkt das Verhältnis von Fe/Mn mit fortschreitender Differentiation. In Pegmatiten findet sich Mangan vor allem in den Glimmern und Granaten (ČERNÝ et al. 1985).

Gallium

Ga³⁺ zeigt einige Gemeinsamkeiten mit Fe³⁺ und besitzt leicht chalkophile Tendenzen. In Pegmatiten ist seine geochemische Verwandtschaft mit Al von prägender Bedeutung. Durch seinen erhöhten Ionenradius, seine erhöhte Elektronegativität und Ionisationspotential ist es inkompatibel und reichert sich in magmatischen Restschmelzen an. Die Ga-Gehalte werden in erster Linie durch die Al-Gehalte gesteuert. In Glimmern können Konzentrationen bis zu 800 ppm auftreten (ČERNÝ et al. 1985).

Rubidium

Rb zeigt ein ähnliches geochemisches Verhalten wie K. Der etwas größere Ionenradius ist für seine Fraktionierung in Intrusionsgesteinen verantwortlich. In basischen bis intermediären Gesteinen wird K bevorzugt und daher ist dort das K/Rb-Verhältnis hoch. Mit fortschreitender Biotit und Kalifeldspat-kristallisation nimmt das K/Rb-Verhältnis allmählich ab. Dieser Trend ist einer Abreicherung von K und einer Anreicherung von Rb in der Restschmelze geschuldet. Die hohen Gehalte von Rb in komplexen Selten-Element-Pegmatiten sind das Ergebnis einer kontinuierlichen Fraktionierung von Leukograniten bis hin zu Selten-Element-Pegmatiten. In Pegmatiten finden sich nennenswerte Rb-Gehalte in Biotiten (höchste Gehalte), Muskoviten und Kalifeldspäten (niedrigste Gehalte) (ČERNÝ et al. 1985).

Strontium

Sr²⁺ nimmt eine Mittelstellung zwischen K⁺ und Ca²⁺ ein. Sr wird daher bevorzugt in Plagioklasen und untergeordnet in Kalifeldspäte eingebaut. Der Sr-Gehalt in der magmatischen Schmelze wird durch die Bildung von Feldspat gesteuert. Die Sr-Gehalte nehmen in kalkalkalischen Systemen von ultrabasischen Gesteinen hin zu tonalitischen zu. In tonalitischen Gesteinen können Sr-Gehalte zwischen 400 und 1300 ppm erreicht werden. In Graniten nehmen die Sr-Gehalte ab, wobei sich dieser Trend in Richtung Pegmatite verstärkt. Sr korreliert demnach negativ mit Rb und dem Differentiationsgrad (ČERNÝ et al. 1985).

Niob und Tantal

Nb und Ta sind geochemisch sehr ähnliche Elemente wie Hf und Zr. Sie treten hauptsächlich in Form von Mineralen der Mischkristallreihe Columbit - Tantalit auf. Untergeordnet auch in Form von Tapiolit,

Wodginit, Ixiolit uvm. Mit fortschreitender Differentiation nimmt das Verhältnis von Nb/Ta ab, ebenso kommt es zur Mangananreicherung, vor allem in F-reichen pegmatitischen Fluiden (ČERNÝ et al. 1985).

Zinn

Sn⁴⁺ besitzt ähnliche geochemische Eigenschaften wie Ta⁵⁺, U⁴⁺, Mo⁶⁺ und W⁶⁺, weshalb es sich in sauren magmatischen Restschmelzen anreichert. Sn wird vorzugsweise in Biotit, Hornblende, Titanit, Ilmenit und Magnetit eingebaut. In Pegmatiten mit fehlenden mafischen Gemengteilen wird es in Muskovit eingebaut bzw. bei ausreichenden Sn-Gehalten bildet sich Zinnstein. In Muskoviten können Sn-Konzentrationen bis zu 1000 ppm erreicht werden (LEHMANN 1990; ČERNÝ & BURT 1984).

Cäsium

Das Element Cs kann von den Hauptelementen lediglich K ersetzen, da beide Elemente ähnliche Eigenschaften besitzen. Cs besitzt eine etwas niedrigere Elektronegativität und Ionenpotential verglichen mit K. Aufgrund seiner Seltenheit und Inkompatibilität kommt es in den meisten Intrusionsgesteinen nur in sehr geringen Konzentrationen vor. Cs reichert sich wie Rb in der Restschmelze an und die Konzentrationen nehmen wie jene von Rb ausgehend von Leukograniten bis hin zu Selten-Element-Pegmatiten kontinuierlich zu. Kalifeldspat, Biotit, Muskovit, Beryll und Pollucit gehören zu den Hauptträgern von Cs. Pollucit tritt bei ausreichenden Cs-Gehalten in den am höchsten differenzierten Pegmatiten auf. Die Cs-Gehalte sind im Pollucit am höchsten (28-32 wt.%) und werden zum Kalifeldspat hin immer geringer. Die Cs-Gehalte in Biotiten sind generell höher als jene in Muskoviten. Selten-Element-Pegmatite in denen Pollucit auftritt sind aufgrund der oft geringen Cs-Gehalte in der Schmelze dennoch sehr selten anzutreffen (ČERNÝ et al. 1985).

Barium

Ba²⁺ besitzt annähernd den gleichen Ionenradius wie K⁺, aber Ba bildet stärkere Bindungen mit Sauerstoff aus. Ba²⁺ wird bevorzugt in Kalifeldspat und nur untergeordnet in Biotit und Muskovit eingebaut. Ba korreliert negativ mit Rb. Es eignet sich zur Bestimmung des Differentiationsgrades von eher niedrig differenzierten Pegmatiten. Die Ba-Gehalte in Muskoviten von hochgradig differenzierten Pegmatiten sind meist kleiner als 100 ppm (ČERNÝ et al. 1985).

Hafnium

Zr und Hf bilden ein kohärentes Paar, da sie über annähernd die selben geochemischen Eigenschaften verfügen. Das Zr/Hf-Verhältnis nimmt ausgehend von Gabbros (ca. 60) bis hin zu den Graniten (ca. 30) ab. In Pegmatiten setzt sich dieser Trend fort und die Hf-Gehalte steigen mit zunehmendem Differentiationsgrad. In granitischen Pegmatiten ist Zirkon der einzig nennenswerte Zr- und Hf-Träger (ČERNÝ et al. 1985).

Thallium

Tl zeigt ein ähnliches geochemisches Verhalten wie Rb und K. Sein Ionenradius ist annähernd gleich wie jener von Rb und ca. 10% kleiner als der von K. Das geochemische Verhalten von Tl und Rb kann während der magmatischen Fraktionierung in silikatischen Schmelzen als kohärent beschrieben werden. Tl reichert sich ebenfalls in der Restschmelzen an und die Gehalte nehmen mit fortschreitender Differentiation zu. Im Gegensatz zu Rb ist Tl ein chalkophiles Element und zeigt bei zunehmenden

S-Gehalten ähnliche geochemische Eigenschaften wie Pb und Hg. Herkömmliche Plutonite besitzen Tl-Gehalte von 0,01 bis 3 ppm, im Gegensatz zu Leukograniten und Pegmatiten mit Tl-Gehalten bis zu 6 ppm. Die Tl-Gehalte sind in den Biotiten am höchsten und nehmen von den Muskoviten bis hin zu den Kalifeldspäten sukzessive ab (ČERNÝ et al. 1985).

Wismut

Bi zeigt ein ähnliches geochemisches Verhalten wie As, Sb und Pb. In sauren magmatischen Gesteinen tritt es in Form von gediegenem Bi, als Sulfid oder in Form von Bi-Oxid auf. In Pegmatiten kommt es in Form von gediegenem Wismut, aber auch als Bi-Sulfid wie z.B. Hodrušite (Cu-Bi-Sulfid) vor. Es gibt eine große Anzahl von Bi-haltigen Sulfiden (BALL et al. 1982; MÁRQUEZ-ZAVALÍA et al. 2012).

3.3.3 Spurenelemente in Muskovit und Biotit aus Pegmatiten

Muskovit $KAl_2[(OH,F)_2|AlSi_3O_{10}]$ und Biotit $K(Mg,F^{2+},Mn^{2+})_3[(OH,F)_2|(Al,Fe^{3+},Ti^{3+})Si_3O_{10}]$ sind die 2 wichtigsten Glimmerminerale in Pegmatiten. In den meisten Pegmatiten kommen sie im Vergleich zu den anderen Hauptkomponenten untergeordnet vor. Eine Ausnahme bilden Muskovite in Pegmatiten der Muskovit-Selten-Element-Klasse in denen große Muskovittafeln sehr häufig sein können. Biotit und Muskovit treten gemeinsam oder alleine auf, wobei in höher differenzierten Pegmatiten Muskovit vorherrscht. Li-reiche Pegmatite der LCT-Familie können Fe-arme, Mn-reiche Lepidolithe, in Form von rosa-violetten Kristallen oder als feinkörnige Masse, beinhalten. In primitiven Pegmatiten der NYF-Familie ist Biotit das häufigste Glimmermineral und wird in höher differenzierten Bereichen mit ausreichenden Li- und F-Gehalten von Zinnwaldit abgelöst (LONDON 2008).

ČERNÝ & BURT (1984) beschreiben das Auftreten und die Eigenschaften von Glimmermineralen in Pegmatiten. Sie beschreiben die Möglichkeit des Informationsgewinns durch Spurenelementanalysen von Muskoviten und Biotiten. GASSNER (2001) und SENZENBERGER (2001) haben gezeigt, dass sich Muskovite ganz besonders zur Bestimmung des Differentiationsgrades eignen, da sie im Gegensatz zu Biotit in fast allen Pegmatiten der Ostalpen auftreten. Weiters reichern Muskovite höhere Spurenelementgehalte (Li, Rb, Cs) an als Feldspäte (vgl. Kapitel 3.3.2). Aus genannten Gründen wurde zur Bestimmung des Differentiationsgrades und der Spurenelementgehalte in dieser Arbeit Muskovit herangezogen.

Glimmerminerale können sehr gut zur Herkunftsbestimmung des Magmas herangezogen werden (S-Typ vs. A-Typ). Die Anwesenheit von primärem Muskovit ist ein Indiz für den peraluminösen Charakter des Magmas, welches durch das Aufschmelzen von Metasedimenten und Gneisen entstanden ist (S-Typ). Des weiteren können sie Anhaltspunkte zur magmatischen Evolution und des Differentiationsgrades liefern. Sekundäre, feinkörnige Glimmer sind ein Indiz für das Vorhandensein von sauren spätmagmatischen Fluiden (LONDON 2008).

3-Schichtsilikate, zu denen Muskovit und Biotit zählen, setzen sich aus zwei Tetraederschichten mit einer dazwischenliegenden Oktaederschicht zusammen. Die Tetraederschichten bestehen in erster Linie aus SiO_4 -Tetraedern, sowie untergeordnet Al^{3+} und Fe^{3+} . In Muskoviten und Biotiten besteht die Oktaederschicht aus Al^{3+} , sowie Mg^{2+} und Fe^{2+} als Nebenelemente. In Lepidolithen findet sich Li und Mn ebenfalls in der Oktaederschicht, wo sie mit steigendem Differentiationsgrad Fe^{2+} und Mg^{2+} ersetzen. K^+ , Na^+ finden sich in der sogenannten Zwischenschicht, gemeinsam mit OH^- , Rb^+ und Cs^+ . Mit zunehmendem Differentiationsgrad nehmen die Gehalte von Rb^+ und Cs^+ zu Lasten von K^+ bzw. Na^+ in der Zwischenschicht zu. Mit steigendem F-Gehalt nehmen die OH-Gehalte ab (LONDON 2008).

Das Alter von Muskoviten und Biotiten kann mittels der ^{87}Rb - ^{87}Sr , ^{40}K - ^{40}Ar oder ^{39}Ar - ^{40}Ar Methode bestimmt werden. $^2H/^1H$ bzw. δD kann zur Herkunftsbestimmung des H_2O im Pegmatit ver-

wendet werden. In Muskoviten und Biotiten findet der Stoffaustausch mit dem Nebengestein schon bei niedrigen Temperaturen statt und führt möglicherweise zu einem Zurücksetzen der radiometrischen Uhr (LONDON 2008).

3.3.4 Differentiationstrends

Die Spurenelementgehalte einer granitischen Schmelze ändern sich mit fortschreitender Kristallisation. In der Petrologie und Geochemie werden Spurenelementverhältnisse anstatt Spurenelementgehalte zur Bestimmung der magmatischen Fraktionierung verwendet. Durch fraktionierte Kristallisation kommt es zur Änderung der Spurenelementverhältnisse in mehr oder weniger separierten Schmelzen. Die Kompatibilität bzw. Inkompatibilität eines Elements in ein Mineral eingebaut zu werden bestimmt dessen Fraktionierungstrend. Inkompatible Elemente reichern sich demnach in der Schmelze an und die Schmelze wird mit fortschreitender Kristallisation reicher an inkompatiblen Elementen. Alkalien, Erdalkalien und High-Field-Strength Elemente eignen sich besonders gut, um den Fraktionierungsgrad bzw. Differentiationsgrad zu bestimmen (LONDON 2008).

Rb/Sr und Rb/Ba

Rb ist ein inkompatibles Element im Gegensatz zu Sr und Ba. Sr ist ein kompatibles Element in den Feldspäten. Ba ist kompatibel in Kalifeldspat und Glimmern. Das Verhältnis von Rb/Sr steigt mit fortschreitender Feldspatkristallisation (Palagioklas + Kalifeldspat). Rb/Ba hingegen nimmt mit fortschreitender Kristallisation von Kalifeldspat und Glimmern zu. Die Werte von Rb/Sr und Rb/Ba nehmen daher mit fortschreitender Fraktionierung zu. Nach ČERNÝ et al. (1985) streuen diese beiden Verhältnisse stärker als angenommen und können mit externer Elementzufuhr erklärt werden (LONDON 2008).

Li/Cs und Rb/Cs

Li/Cs und Rb/Cs werden in erster Linie durch die Anwesenheit von Biotit gesteuert. In Gesteinen mit Biotit als Hauptphase sind die Verhältnisse höher als in Gesteinen, aus denen der Biotit aus der Schmelze entfernt wurde (LONDON 2008).

K/Rb und K/Cs

K/Rb und K/Cs von Kalifeldspäten und Glimmern werden zur Bestimmung der chemischen Fraktionierung von Graniten und Pegmatiten bevorzugt verwendet. Der durchschnittliche Fraktionierungskoeffizient für K in Kalifeldspat bezogen auf die Schmelze beträgt ca. 3, der von Rb hingegen nur ca. die Hälfte. Aus diesem Grund ist Rb in Kalifeldspat, Muskovit und Biotit inkompatibler als K, weshalb K/Rb mit zunehmendem Differentiationsgrad sinkt. Cs ist in Kalifeldspäten und Glimmern ebenfalls inkompatibler als K und ein guter Indikator zur Bestimmung des Differentiationsgrades. Das Diagramm in Abbildung 12 zeigt die Fraktionierungstrends in Graniten bzw. Pegmatiten. Der Trend ist linear, wenn die Logarithmen der Werte verwendet werden. Der Übergang vom Granit zu den Pegmatiten bis hin zu den Selten-Element-Pegmatiten ist kontinuierlich und ein Kalifeldspatkristall kann unter Umständen die komplette chemische Entwicklung widerspiegeln (ČERNÝ et al. 1985; LONDON 2008).

Na/K

In LCT-Pegmatiten steigt mit zunehmender Entfernung zur granitischen Quelle der K-Gehalt. Nach einer Zone mit den höchsten K-Gehalten und bevorzugter Kalifeldspatbildung, sinkt dieser zu Lasten

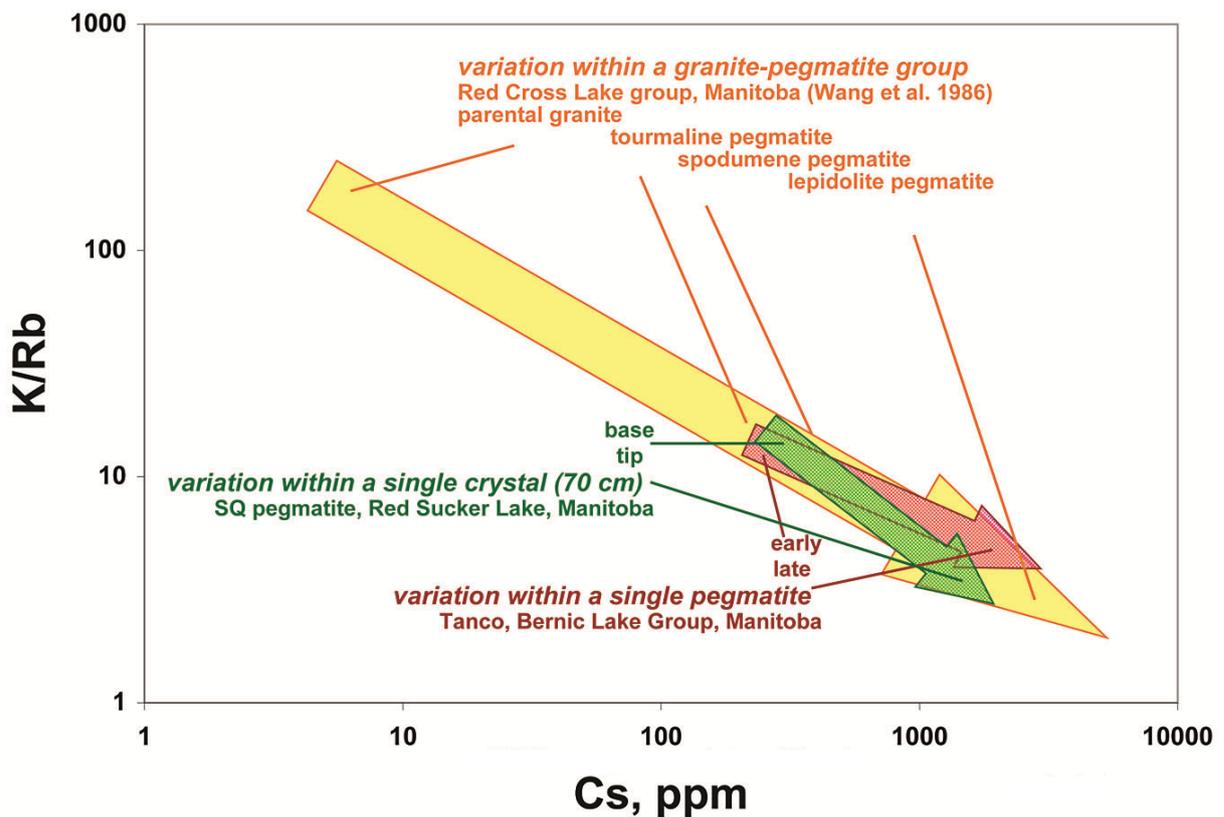


Abbildung 12: Fraktionierungstrend von K/Rb gegen Cs in Kalifeldspäten, logarithmischer Maßstab (LONDON 2008).

des Na-Gehalts und es kommt zur bevorzugten Bildung von Plagioklas. Na/K sinkt ausgehend vom Granit und erreicht in der Kalifeldspatzzone sein Minimum. Nach Erreichen des Minimums steigt Na/K mit zunehmendem Differentiationsgrad wieder an (LONDON 2008).

Mn/Fe

Mn und Fe besitzen vergleichbare Ionenradien, jedoch ist Mn etwas weniger kompatibel als Fe in mafischen Silikaten. Aus diesem Grund kann erwartet werden, dass Mn/Fe mit steigendem Fraktionierungsgrad zunimmt (LONDON 2008).

Zr/Hf und Nb/Ta

Diese Elemente besitzen ähnliche Eigenschaften und ein ähnliches geochemisches Verhalten. Hf und Ta sind schwerer und werden durch die Lanthaniden von dem leichteren Zr und Nb getrennt. Das Verhältnis von Zr/Hf in peraluminösen Graniten und Pegmatiten wird in erster Linie durch die Anwesenheit von Zirkon kontrolliert. Nb/Ta hängt von der Zusammensetzung der Columbite und Tantalite ab. Mit steigendem Fraktionierungsgrad sinkt Zr/Hf bzw. Nb/Ta (LONDON 2008).

LREE und HREE

Peraluminöse LCT Pegmatite sind generell arm an REE, im Gegensatz zu NYF-Pegmatiten, die signifikante Mengen REE beinhalten können. Das Verhältnis LREE/HREE schwankt je nach Ursprung des Magmas (LONDON 2008).

3.4 Lagerstätten in Pegmatiten

Erzlagerstätten

Lithium wird zur Herstellung von Akkumulatoren, Legierungen, Arzneien und als Flussmittel verwendet. Der Großteil des produzierten Li stammt aus Salzseen wie dem Salar de Atacama. Wichtige Li-Erzminerale sind Spodumen, Petalit, Zinnwaldit und Lepidolith. Lepidolith und Zinnwaldit sind aufgrund ihrer hohen Rb-Gehalte die wichtigsten Rb-Erze. Rb wird zur Herstellung von Katalysatoren und Feststofflasern verwendet. Petalit ist oft mit Pollucit vergesellschaftet. Zu den größten Lithiumpegmatiten zählen Greenbushes (AUS), Tanco (CAN) und Bikita (ZWE). In den Pegmatiten von Greenbushes tritt neben Spodumen auch Sn und Ta in signifikanten Mengen auf, die als Nebenprodukte gewonnen werden (POHL 2005).

Beryllium wird als Metall bzw. Legierung in der Elektronikindustrie und für Spezialbauteile in der Luft- und Raumfahrt verwendet. Wichtige Be-Erzminerale sind Beryll und Bertrandit. Be wird aus Pegmatiten und stratiformen, vulkanogenen Berylliumlagerstätten (Spor Mountain, USA) gewonnen. Be fällt als Nebenprodukt beim Abbau von Spodumen und Muskovit an (POHL 2005).

Niob und Tantal treten in Columbiten auf, die Mischkristalle der Mischungsreihe Niobit und Tantalit sind. Neben Columbit gibt es noch Pyrochlor als Erzmineral, welches in Karbonatit-gebundenen Lagerstätten wie Araxa (BRA) auftritt. Niob findet Anwendung in der Produktion von Nb-Ta Legierungen und als Stahlveredler. Tantal hingegen wird hauptsächlich in der Elektronikindustrie und für Speziallegierungen verwendet. Columbit-führende Pegmatite sind aus hochdifferenzierten Schmelzen entstanden, die durch eine Anreicherung von Ta, Nb, Li, Be und Sn gekennzeichnet sind. Wichtige Selten-Element-Pegmatite mit wirtschaftlichen Columbitgehalten finden sich in Australien (Wodgina), Kanada (Bernic Lake), Brasilien (Sao Joao del Rei) und China (Yichun) (MELCHER et al. 2016; POHL 2005).

Cäsium ist sehr selten und erreicht im Mineral Pollucit signifikante Gehalte. Pollucit stellt das einzig wirtschaftlich wichtige Cs-Erzmineral dar. Es findet sich in den Li-reichen Pegmatiten von Bernic Lake (CAN), vergesellschaftet mit Petalit, wo es als Nebenprodukt anfällt (POHL 2005).

Zinn-Erze sind Kassiterit und Stannit, die in granitgebundenen Lagerstätten, vulkanogen hydrothermalen Lagerstätten und Zinnporphyren vorkommen. Die wichtigsten granitgebundenen Zinnlagerstätten Europas liegen in Cornwall (UK) und im Erzgebirge (Mitteleuropa). Zinnskarne sind von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung, da in ihnen die Sn-Gehalte besonders hoch sind. Selten-Element-Pegmatite mit hohen Sn-Gehalten finden sich in Zentral- und Westafrika, sowie Greenbushes (AUS) (POHL 2005).

Industriemineralagerstätten

Feldspat findet Verwendung in der Keramikindustrie und als Füllstoff. Feldspat ist das häufigste Mineral in der Erdkruste. Feldspäte werden unterteilt in Kalifeldspäte und Plagioklase, wobei nur Kalifeldspat für industrielle Anwendungen in Frage kommt. Feldspat kann aus Pegmatiten, Graniten und anderen magmatischen Gesteinen gewonnen werden (POHL 2005). Die Pegmatite des Millstätter See-Rückens wurden in der Vergangenheit abgebaut (vgl. Kapitel 2.1.2).

Graphit tritt in der Natur als Flocken- und amorpher Graphit auf. Sie unterscheiden sich in ihrer Kristallinität. Amorpher Graphit hat sich im Zuge der Regionalmetamorphose aus Kohlen gebildet und hat eine Bauwürdigkeitsgrenze von 45 %. Flockengraphite besitzen eine Bauwürdigkeitsgrenze von 5 % und stehen im Zusammenhang mit Pegmatiten. Ein bekanntes Beispiel ist der Ceylon Graphit aus Sri Lanka (POHL 2005).

Muskovit und Phlogopit besitzen eine wirtschaftliche Bedeutung und werden in der Elektronikindustrie eingesetzt. Günstig für den Abbau sind tafelige Muskovite die in regelmäßig zonierten Pegmatiten auftreten. Die größten Muskovitproduzenten sind Indien, China, Russland und Simbabwe (POHL 2005). In St. Leonhard a. d. Saualpe (Kärnten) wurde ein muskovitreicher Pegmatit von 1941 bis 1962 zur Glimmerproduktion für die Elektronikindustrie abgebaut. Der Abbau erfolgte untertägig und die Stollen sind mittlerweile verbrochen (KÖSTLER 1993; PICHLER 2003).

Edelsteinlagerstätten

Pegmatite können aufgrund ihrer Grobkörnigkeit und Reinheit der Minerale eine gute Quelle für Edelsteine und Mineralstufen sein. Zu den wichtigsten Edelsteinen die aus Pegmatiten gewonnen werden können, zählen Beryll, Turmalin und Topas. Andere typische Pegmatitminerale können ebenfalls in Edelsteinqualität auftreten, z.B. Spodumen-Varietäten: Kunzit, Hiddenit, u.a. Weltweit finden sich eine Vielzahl von Edelsteinpegmatiten z.B. in Madagaskar und Minas Gerais (BRA).

4 Methoden

4.1 Probennahme und Präparation

Die Geländearbeit erfolgte im Zeitraum zwischen Herbst 2015 und Sommer 2016. Sie umfasste neben der Suche und Beprobung der Pegmatite auch die Beschreibung des Kontaktes zum Nebengestein und die Beschreibung einzelner Aufschlüsse. Es wurden sowohl Pegmatitaufschlüsse als auch Blöcke bzw. Rollstücke beprobt, wobei deren genaue Herkunft nicht immer geklärt werden konnte. Bei zonierten Pegmatiten wurden Proben aus den unterschiedlichen Zonen genommen, sofern dies aufgrund der Zähigkeit des Gesteins möglich war.

Im Labor wurden die Muskovite bzw. Biotite mechanisch aus dem Gestein extrahiert und in Epoxidharz eingegossen. Die so hergestellten Schliche wurden für die Analysen auf einer Seite poliert. Aus einem Teil des Probenmaterials wurden 30 petrographische Dünnschliche hergestellt, um die Gesteinszusammensetzung und das Gefüge zu analysieren.

4.2 Mikroskopie

Die Durch- und Auflichtmikroskopie erfolgte an einem Olympus BX60 Polarisationsmikroskop mit einer angeschlossenen Digitalkamera.

4.3 LA-ICP Massenspektrometrie

Die LA-ICP-(QQQ)-MS (Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma - (Triple Quadrupole) - Mass Spectrometry) ist eine Methode zur Bestimmung der Spurenelement- und Isotopenzusammensetzung einer festen Probe, mit einer niedrigen Nachweisgrenze. Mittels Laserstrahl werden winzige Partikel aus der festen Probe geschossen, dieser Vorgang wird Laser Ablation genannt. Die durch die Ablation entstandenen Krater haben einen Durchmesser von ca. 70 μm und sind ca. 100 μm tief. Die gelösten Partikel werden mittels eines Trägergases (z.B. Ar oder He) in die ICP-Einheit transportiert, wo eine Ionisierung der Partikel durch die Hitze des Plasmas erfolgt. Die Trennung und Messung der Elemente erfolgt auf Basis des m/q -Verhältnisses. Der erste und dritte Quadrupol im Massenspektrometer dient als Massenfilter, der zweite zur Fragmentierung des Analyten durch Reaktion mit einem Kollisionsgas. Durch diese Anordnung können Störeffekte durch gleiche m/q -Verhältnisse von unterschiedlichen Elementen entfernt werden. Das LA-ICP-(QQQ)-MS wird in Kooperation der beiden Lehrstühle, Allgemeine und Analytische Chemie und Geologie und Lagerstättenlehre, an der Montanuniversität Leoben betrieben. Die Messungen wurden von Herrn Peter Onuk MSc durchgeführt. Die Messkonfiguration ist in Tabelle 2 dargestellt.

ICP-(QQQ)-MS	Agilent 8800 (QQQ)-ICP-MS
RF power	1280 W
Carrier gas flow rate (Ar)	0,85 l/min
Sampling depth	3,7 mm
Dwell time per mass	20 ms
Laser System	ESI NWR213 Nd:YAG
Ablation cell	TwoVol2ablation cell
Wave length	213 nm
Pulse repetition rate	10 Hz
Fluence	5 J/cm ²
Spot size	80 μm

Tabelle 2: Gerätetyp und Konfiguration des verwendeten LA-ICP-(QQQ)-MS Systems

4.4 Rasterelektronenmikroskop mit EDS-Analytik

In einem Rasterelektronenmikroskop (REM) befindet sich eine Elektronenquelle (z.B. Glühkathode), in der Elektronen erzeugt werden, die mittels elektromagnetischer Felder auf eine in einem Vakuum befindlichen Probe geschossen werden. Die Probe darf sich durch den Beschuss nicht negativ aufladen und muss daher durch Kohlenstoff- bzw. Au-Bedampfung leitfähig gemacht werden. Die in dieser Arbeit untersuchten Proben wurden mit Kohlenstoff bedampft. Durch den Beschuss mit Elektronen kommt es zu unterschiedlichen Effekten in der beschossenen Probe. Die Elektronen können zurückgestreut (BSE) werden und liefern dabei Informationen über die mittlere Kernladungszahl eines Minerals. Schwere Elemente streuen stärker und erscheinen daher heller. Der Elektronenstrahl schlägt Elektronen aus der beschossenen Probe, die als Sekundärelektronen bezeichnet werden. Die Sekundärelektronen (SE) werden zur Darstellung von Oberflächenbildern verwendet. Durch das Rausschlagen von Elektronen entstehen Lücken, die von Elektronen, welche sich in einem höheren Energieniveau befinden, nach besetzt werden und dabei elementspezifische Röntgenstrahlung aussenden. Die Auswertung der Röntgenstrahlung erfolgt mittels eines energiedispersiven Systems (EDS), bei dem die Energie des Röntgenquants ausgewertet wird. Die EDS-Analyse wurde zur Bestimmung der Hauptelemente der Muskovite verwendet, sowie zur Mineralidentifikation in den Dünnschliffen. Die Messung erfolgte am Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre, unter Verwendung der in Tabelle 3 dargestellten Konfiguration.

REM	Zeiss EVO MA 10
Arbeitsabstand	10 mm
Spannung	15 kV
EDS-Sensor	Bruker Nano XFlash Detector 430 M
Software	Esprite Standalone

Tabelle 3: Gerätetyp und Konfiguration des verwendeten REM

4.5 Korrektur der Spurenelementgehalte

Die LA-ICP-MS Messungen erfolgten vor der Bestimmung der Hauptelemente am REM, weshalb ein theoretischer Si-Wert von 21,15 bzw. 21,00% für die LA-ICP-MS Messungen der Muskovite angenommen wurde. Die Korrektur (Formel 1) der Werte erfolgte nach der quantitativen Bestimmung der Hauptelemente am REM. Die Änderungen bewegen sich im Bereich <10 rel.%. Die in Tabelle 9 (Anhang C.5) dargestellten Geochemiewerte sind bereits korrigiert.

$$\text{Spurenelementgehalt [ppm]} = \frac{\text{LA-ICP-MS-Messwert [ppm]} * \text{REM-Si-Gehalt[\%]}}{21,15 \text{ bzw. } 21,00[\%]} \quad (1)$$

5 Proben- und Aufschlussbeschreibungen

Im Arbeitsgebiet wurden sowohl Pegmatitaufschlüsse als auch Blöcke und Rollstücke beprobt. Eine Karte mit den dargestellten Probenpunkten befindet sich im Anhang C.2.1. Die Probenpunkte werden in drei Kategorien unterteilt: anstehende Gesteinsaufschlüsse mit Erstreckung und Mächtigkeit, Blöcke $>1\text{m}^3$ und Blöcke bzw. Rollstücke $<1\text{m}^3$. Die Blöcke $>1\text{m}^3$ sind in den meisten Fällen Rutschmassen, Moränen oder Hangschutt und im jeweiligen Gebiet als sub-anstehend zu betrachten. Die Herkunft der Blöcke $<1\text{m}^3$ konnte nicht immer eindeutig bestimmt werden. In vielen Fällen treten größere Felder von Blöcken und Rollstücken auf, die vmtl. im jeweiligen Gebiet anstehend sind. Das Arbeitsgebiet ist stark glazial geprägt und es treten viele erratische Blöcke bzw. Findlinge auf. Aus diesem Grund wurde auf das Erscheinungsbild der Blöcke bzw. Rollstücke geachtet, da eine kantengerundete Form Indiz für einen größeren Transportweg ist. Die Spodumenpegmatite sind gesondert ausgewiesen und in Aufschlüsse bzw. Rollstücke $<1\text{m}^3$ unterteilt. Eine weitere Unterteilung erfolgt in magmatogen (primär) und metamorphogen (sekundär) gebildete Muskovite. Magmatogene Muskovite sind gekennzeichnet durch eine Kristallgröße bis zu 1 cm, wobei sie auch Durchmesser von mehr als 10 cm erreichen können. Sie sind meist einige mm dick und treten im Gestein diskordant zur Hauptschieferungsrichtung auf. Die magmatogenen Muskovite wurden vmtl. im Zuge des permischen Ereignisses gebildet. Die metamorphogenen Muskovite sind schieferungsparallel und treten bevorzugt auf Schieferungsflächen auf. Sie besitzen Durchmesser von weniger als 0,5 cm bei einer Dicke von max. 1-2 mm. Die metamorphogenen Muskovite sind vmtl. Rekristallisate, die während der (eo-)alpidischen Metamorphose gebildet wurden. Als Nebengesteine treten im Arbeitsgebiet Amphibolite, Marmore, Kalksilikatgesteine, Paragneise und Glimmerschiefer auf, wobei die Unterscheidung zwischen Paragneis und Glimmerschiefer nicht immer möglich war.

In Tabelle 8 im Anhang C.4 befindet sich eine Auflistung der Proben mit Koordinatenangabe (WGS84-Dezimalgrad), Aufschlusstyp (anstehender Aufschluss bzw. Block), Erstreckung, Mächtigkeit bzw. Blockgröße, makroskopischer Mineralbestand, durchschnittlicher Kristallgröße bzw. Korngröße (makroskopisch), Schieferung, Muskovitgröße und allfälligen Bemerkungen. Die Nummerierung der Probennahmepunkte in den Karten entspricht jener der Probenbeschreibung, jedoch zugunsten der Übersichtlichkeit ohne den Präfix „MRP-“ (MRP: Millstätter Rücken Probe). Proben mit einem Buchstaben nach der Nummerierung (Proben aus einer anderen Zone) wurden, sofern sie nicht in der Karte gesondert ausgewiesen werden, am Probennahmepunkt mit der jeweiligen Nummerierung genommen.

5.1 Spodumenpegmatite

Spodumenpegmatite sind in Edling, im Bereich des Kreuzsteins und bei Lug-ins-Land anstehend. Durch glazialen Einfluss wurden diese erodiert und die entstandenen Rollblöcke teils km weit transportiert. Der Rollblock am Fuße des Jungfernsprungs nördlich von Villach stammt möglicherweise von einem dieser Pegmatite und wurde vom Draugletscher in der letzten Eiszeit ca. 35 km weit transportiert (NIEDERMAJR et al. 2005).

5.1.1 Edling

Der Steinbruch in Edling ist stark verfallen und es konnten keine makroskopisch eindeutig bestimm- baren Spodumenpegmatite gefunden werden. Einige Meter östlich des Steinbruchs (MRP-35) befindet sich ein anstehender Spodumenpegmatit (Abbildung 13), mit bis zu 10 cm großen Spodumenkristallen in einer sehr feinkörnigen, geschieferten Quarz-Feldspatmatrix.



Abbildung 13: Spodumenpegmatit westlich vom Edlinger Friedhof, MRP-35 (N: 46,79483°; E: 13,51144° (WGS84)).

Muskovite sind eher selten und sehr feinkörnig (max. 2-3 mm). Der Spodumenpegmatit streicht NW-SE und fällt mittelsteil in Richtung NE ein, mit einer Mächtigkeit von 2-3 m, einer Erstreckung von 5-6 m und ist konkordant zwischen Gneisen eingelagert. Im Steinbruch und neben dem Spodumenpegmatit treten weitere Pegmatitgänge auf (Abbildung 13; Pegmatit(gemeiner?)). Diese Gänge zeigen ein ähnliches Bild wie die Spodumenpegmatite, jedoch tritt in ihnen kein Spodumen auf. Eine detailliertere Aufschlussbearbeitung im Steinbruch war aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Es wurden der Spodumenpegmatit und ein ca. 10 cm mächtiger spodumenfreier Pegmatitgang im Steinbruch (MRP-34) beprobt. In welcher genetischen Beziehung der Spodumenpegmatit und die gemeinen Pegmatitgänge zueinander stehen, kann makroskopisch ohne petrologische bzw. geochemische Analysen nicht bestimmt werden.

5.1.2 Kreuzstein

Der Spodumenpegmatit-Aufschluss (Abbildung 14) befindet sich ca. 350 m südwestlich des Kreuzsteins bei Aufschlusspunkt MRP-85, mit einer Erstreckung von 8-10 m und einer Mächtigkeit von 4-5 m. Der Pegmatit streicht NW-SE und taucht mittelsteil in Richtung NNE ab. Die Oberfläche wurde vom Draugletscher in der letzten Eiszeit glatt geschliffen. Er befindet sich auf einer gedachten Linie zwischen dem Spodumenpegmatit bei Edling und jenem, bei Lug-ins-Land. Diese Beobachtung führt zu dem Schluss, dass es sich möglicherweise um einen einzigen NW-SE streichenden Spodumenpegmatitgang handeln könnte. Einige Meter östlich des Pegmatits befindet sich eine Erosionsrinne unter der sich möglicherweise eine Störung befindet.

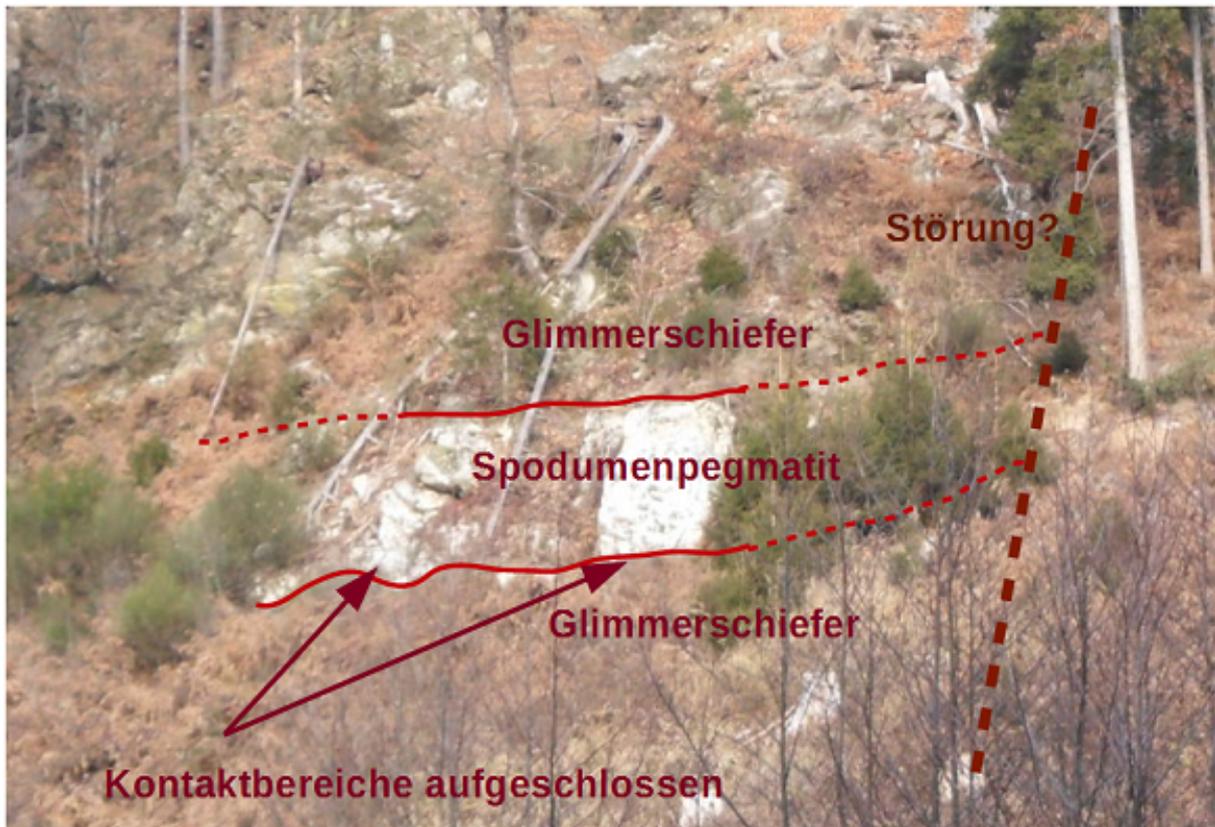


Abbildung 14: Spodumenpegmatit südlich des Kreuzsteins, MRP-85 (N: 46,78710°; E: 13,54011° (WGS84)).

Der Spodumenpegmatit ist konkordant zwischen Glimmerschiefern eingelagert, wobei der Kontakt wolkig-diffus ausgebildet ist. Der Pegmatit ist geschiefert und zeigt eine schieferungsparallele Einregelung der Muskovite. Der Spodumenpegmatit ist zoniert (Abbildung 15) und kann in 4 Zonen unterteilt werden. Am Kontakt zum Glimmerschiefer treten gehäuft Muskovite mit einer Größe bis zu 0,5 cm auf, wobei in dieser Kontaktzone kein Spodumen auftritt. Die Unterscheidung der anderen 3 Zonen erfolgt in Abhängigkeit der Spodumenkristalllänge. Die größte Zone beinhaltet Spodumenkristalle mit einer Länge bis zu 10 cm. Muskovite treten in dieser Zone untergeordnet auf, können jedoch eine Größe bis zu 1,5 cm erreichen. Das Handstück in Abbildung 16 stammt aus dieser Zone. Der Pegmatit wird von einer schmalen „bänderartigen“ Zone durchzogen. In dieser Zone erreichen die Spodumene Längen bis zu 4 cm. An der oberen Begrenzung des Aufschlusses zur Kontaktzone tritt eine weitere Zone, in der die Spodumenkristalle eine Länge bis zu 20 cm und eine Dicke von mehreren cm erreichen können, auf. Der Pegmatit ist generell grobkörnig und reich an bräunlich-schwarzen Einschlüssen, bestehend aus Graphit und Limonit. In kluftnahen, angewitterten Bereichen können an den Oberflächen der Spo-

dumenkristalle feinfasrige Alterationserscheinungen auftreten, bei denen es sich möglicherweise um Holmquistit handelt.

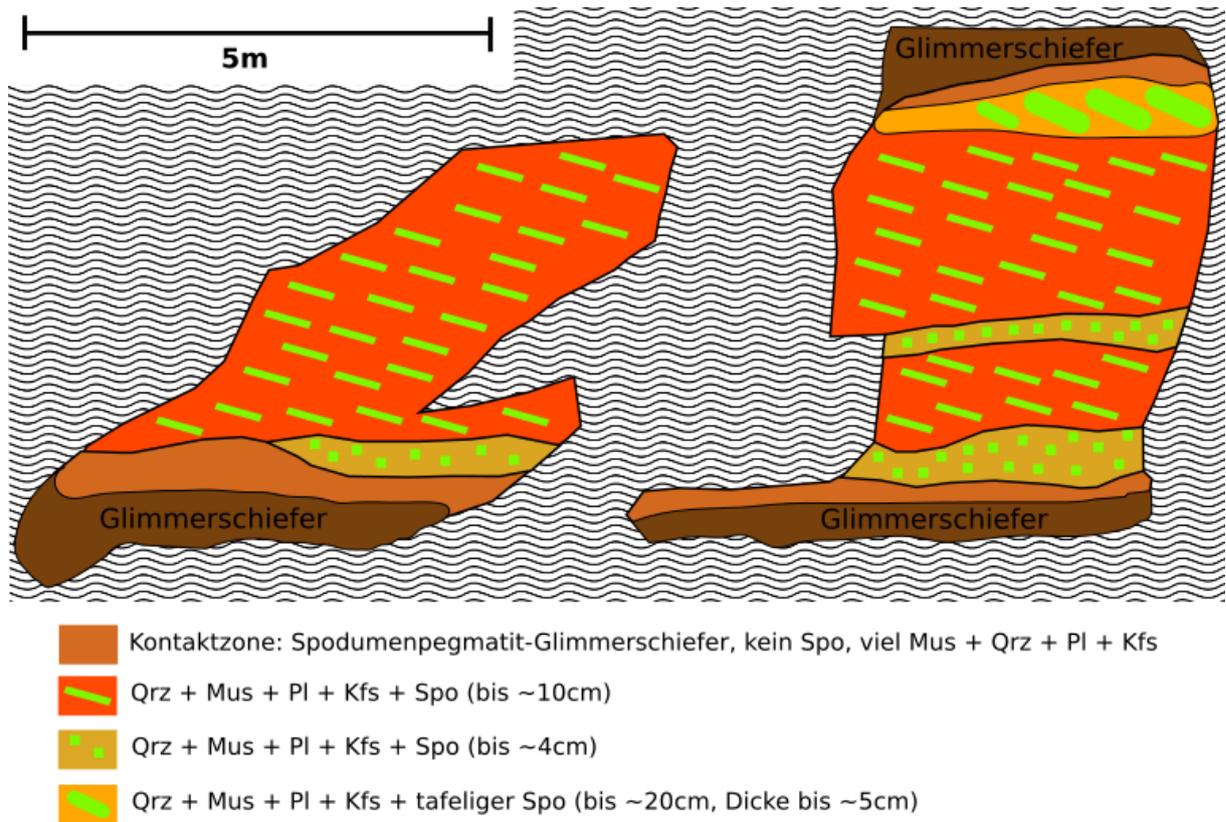


Abbildung 15: Aufschlusskizze des Spodumenpegmatits südlich vom Kreuzstein; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.



Abbildung 16: Handstück des Spodumenpegmatits vom Kreuzstein mit Spodumenkristallen.

5.1.3 Lug-ins-Land

10 Höhenmeter oberhalb der Forststraße, die vom Gasthof Lug-ins-Land Richtung Egelsee führt, befinden sich mehrere Spodumenpegmatitaufschlüsse (vgl. Karte bzw. Abbildung 21).

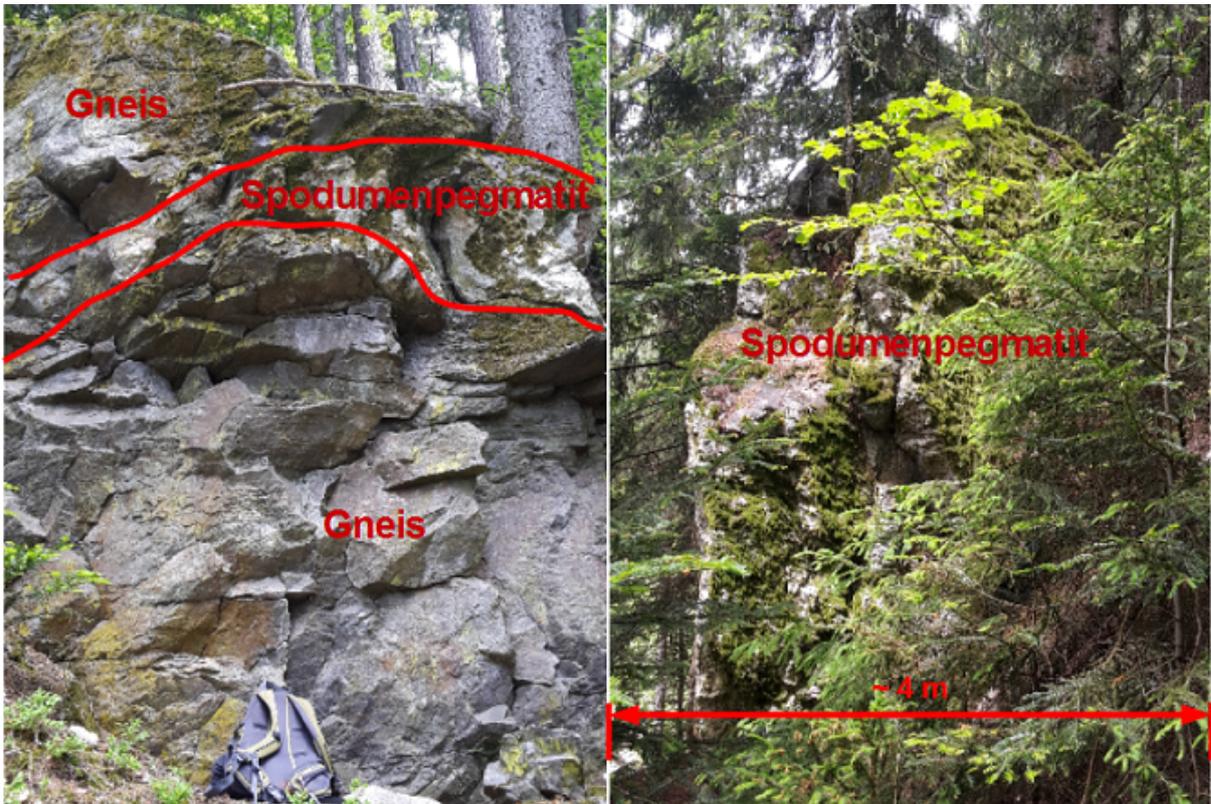


Abbildung 17: Spodumenpegmatit bei Lug ins Land; links: MRP-1 (N: 46,78143°; E: 13,56033°); rechts: MRP-3 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).

Die konkordant in Gneis eingelagerten Spodumenpegmatite streichen NW-SE bis W-E und fallen mittelsteil in Richtung NNE ein. Die Spodumenpegmatitgänge zeigen in den Aufschlüssen unterschiedliche Mächtigkeiten. Das Gestein ist mit Ausnahme des Spodumens sehr feinkörnig. Der Pegmatit in Abbildung 17 (links) besitzt eine Mächtigkeit von ca. 70 cm, jener in Abbildung 17 (rechts) hingegen bis zu 5 m.

Der Spodumenpegmatit bei Probepunkt MRP-1 kann in 3 Zonen unterteilt werden (Abbildung 18). In der Kontaktzone zum Gneis treten keine Spodumenkristalle auf, jedoch ist diese Zone sehr muskovitreich. Der innere Bereich des Pegmatits kann in 2 Zonen unterteilt werden. Die beiden Zonen unterscheiden sich abhängig von der Größe der Spodumene. In diesem Pegmatit treten bräunlich-schwarze Einschlüsse auf, bei denen es sich vmtl. um Limonit, Graphit und Turmalin handeln dürfte.

Der Spodumenpegmatit bei Ausschlusspunkt MRP-3 (Abbildung 19) zeigt ein ähnliches Erscheinungsbild als jener bei MRP-1, jedoch tritt in diesem eine weitere Zone im inneren Bereich auf. Die Spodumene in dieser Zone sind tafelig ausgebildet und erreichen einen Durchmesser bis zu 20 cm mit einer Dicke bis zu 5 cm. Muskovit erreicht in der inneren Zone eine Länge bis zu 1,5 cm.

Der Aufschlusspunkt bei MRP-4 kann in 4 Zonen (Abbildung 20) unterteilt werden. Die mögliche Kontaktzone zeichnet sich durch das Fehlen von Spodumen aus. Eine weitere Zone am Kontakt zum Gneis zeichnet sich durch das Fehlen von Spodumen und das Auftreten von Turmalin aus. In den beiden inneren Zonen tritt Spodumen auf. In der einen Zone erreicht er Durchmesser bis zu 6 cm und in der anderen mehr als 10 cm.

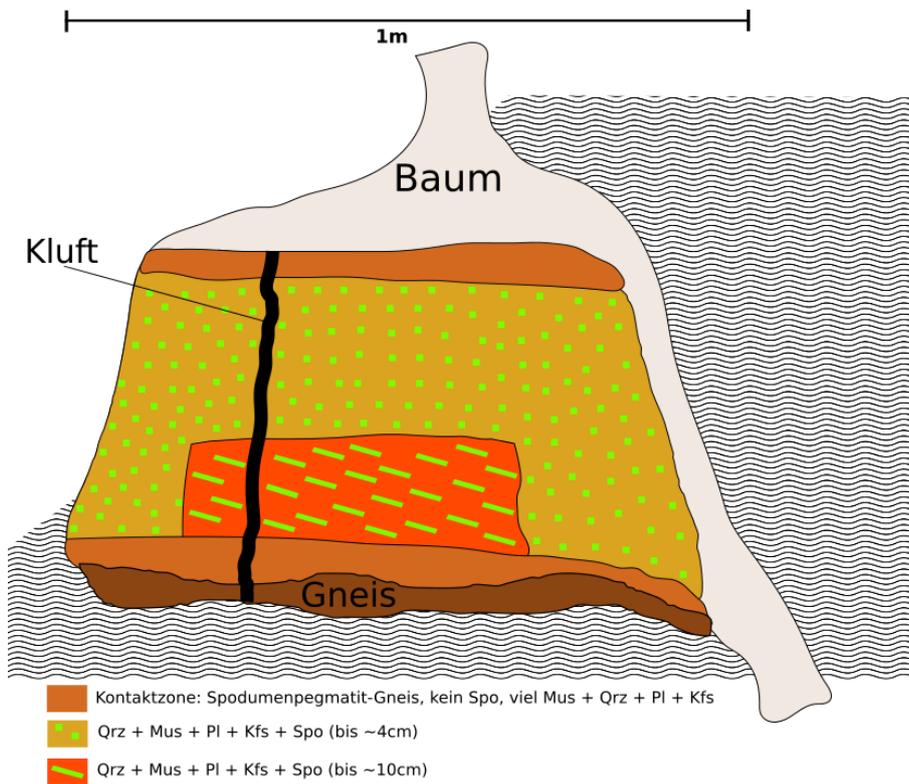


Abbildung 18: Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-1; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.

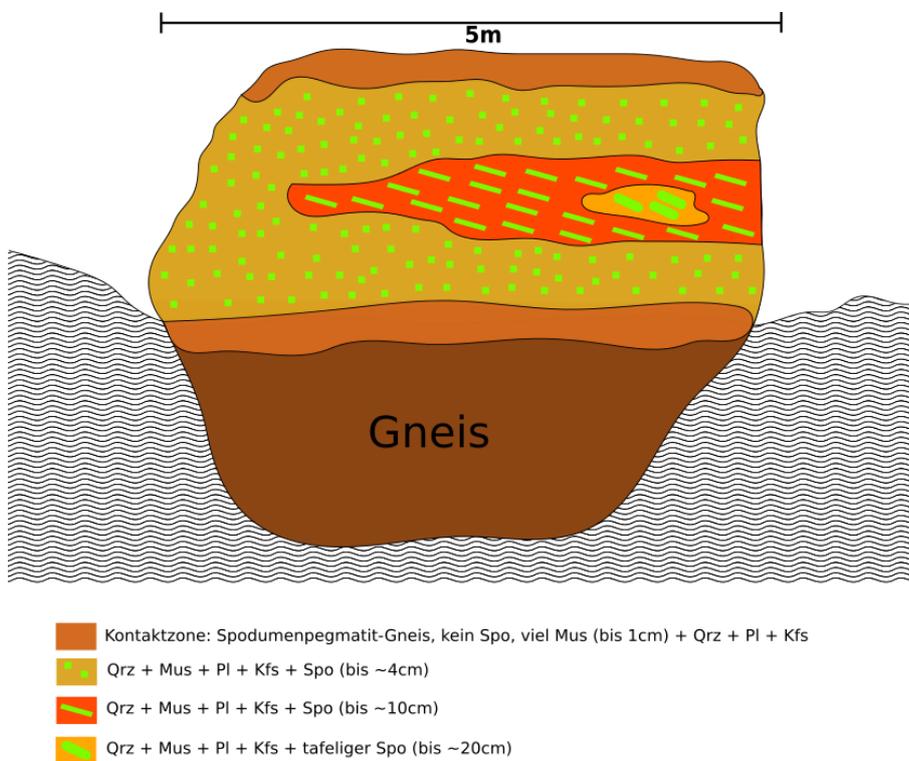


Abbildung 19: Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-3; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.

In diesem Pegmatit treten sehr viele Einschlüsse auf, bei denen es sich vmtl. um Turmalin, Graphit, Granat und Limonit handelt. Ob es sich bei diesen Spodumenpegmatiten um einen einzigen zusammenhängenden Gang bzw. Lage handelt, kann ohne weitere Nachforschungen (Schurf) nicht beantwortet werden. Auf der Oberfläche der Spodumenkristalle können teils feinfasrige Alterationsprodukte gefunden werden, bei denen es sich um Holmquistit handeln könnte.

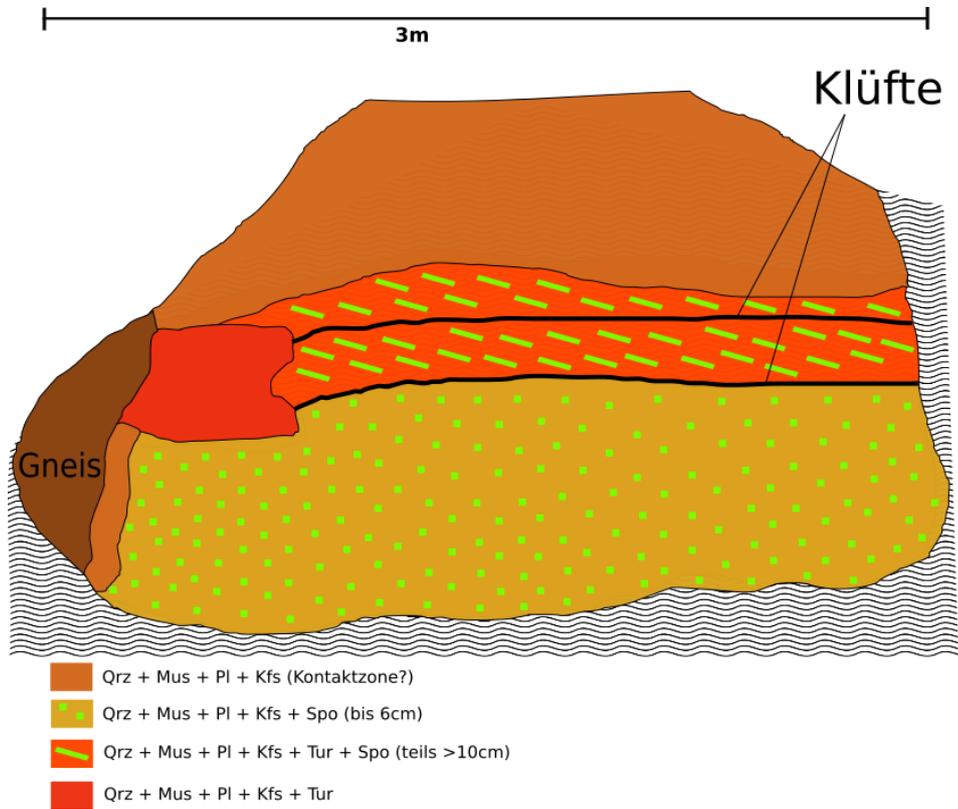


Abbildung 20: Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-4; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.

5.1.4 Blöcke und Rollstücke

Neben den bereits erwähnten Spodumenpegmatiten bei Edling, dem Kreuzstein und Lug-ins-Land, wurden im Bereich des Egelsees Spodumenpegmatit-Blöcke bzw. Rollstücke gefunden (Abbildung 21).

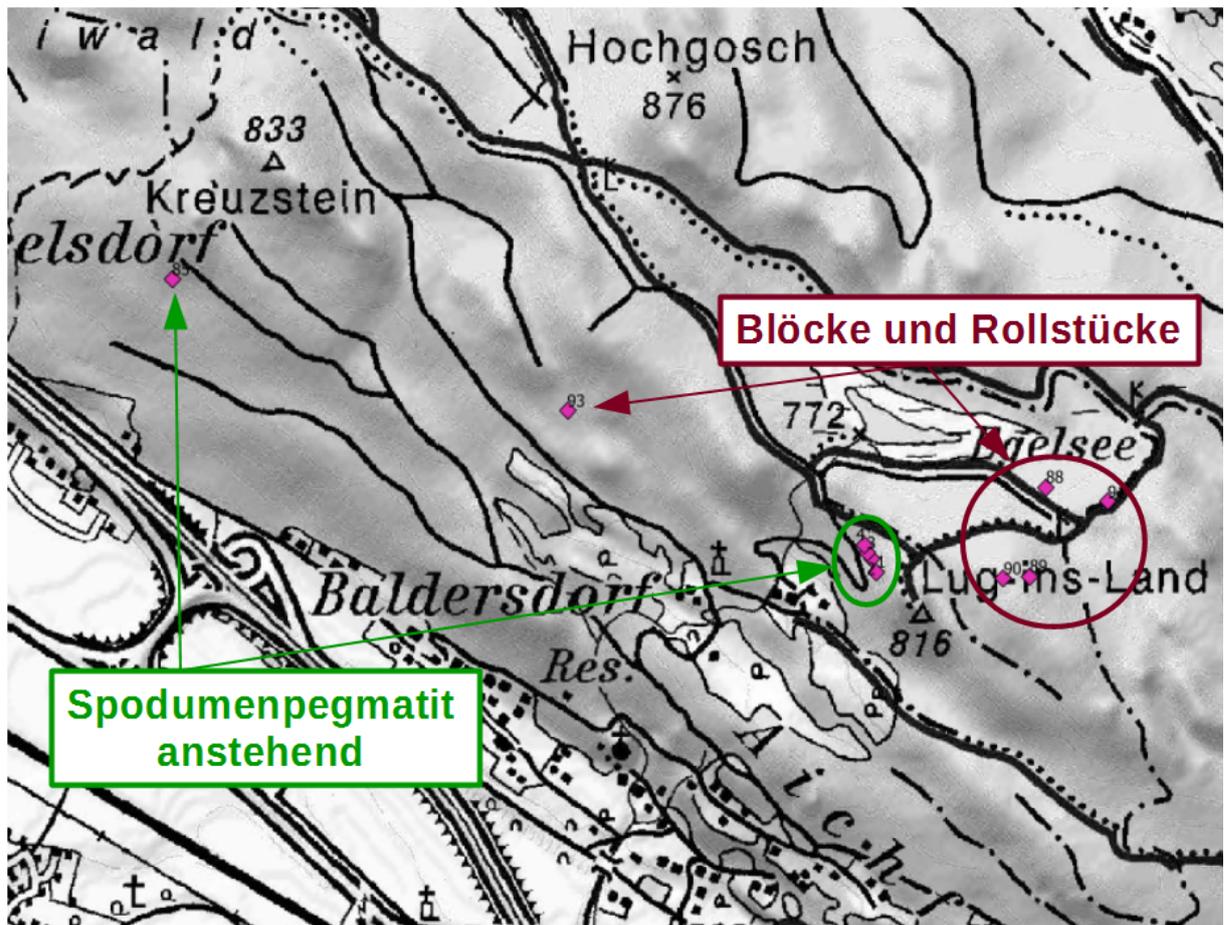


Abbildung 21: Verteilung der Spodumenpegmatite im Bereich Egelsee.

Die Blöcke mit den Probe-Nummern 88, 89 und 91 befinden sich nordöstlich von Lug-ins-Land. Sie sind alle kleiner als $0,5 \text{ m}^3$, jedoch kann die Größe geringfügig variieren. Der Probepunkt 90 liegt auf dem Gipfel eines Hügels und ragt als Nase ($<0,5 \text{ m}^3$) zwischen dem Bewuchs empor. Ob es sich bei dieser Nase um anstehendes Gestein handelt, könnte nur mittels Schurf beantwortet werden, jedoch ist aufgrund seines kantengerundeten Erscheinungsbildes von einem größeren Rollblock auszugehen. Ein größeres Blockfeld wurde bei Probepunkt 93 gefunden. Dieses Blockfeld besteht aus gemeinen Pegmatiten und Gneisen, wobei auch zwei Spodumenpegmatitblöcke $<0,5 \text{ m}^3$ darunter sind. Die Blöcke bzw. Rollstücke zeigen ein einheitliches Erscheinungsbild, mit deutlich herausgewitterten Spodumenen. Die Spodumene können Kristalle $>10 \text{ cm}$ ausbilden, die unregelmäßig in eine feinkörnige, leicht schiefrige Quarz-Feldspatmatrix eingebettet sind. Daneben treten Muskovite auf, die einen Durchmesser bis zu $0,5 \text{ cm}$ erreichen können. In den Blöcken sind viele bräunlich-schwarze Einschlüsse auszumachen, bei denen es sich um Graphit, Limonit, (Granat?) und Turmalin handeln dürfte. Die Blöcke zeigen somit das gleiche Erscheinungsbild, wie die anstehenden Pegmatite beim Kreuzstein und Lug-ins-Land. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass sie ursprünglich von dort stammen und während der Eiszeit erodiert und transportiert wurden.

5.2 Gemeine Pegmatite

5.2.1 Pegmatite zwischen Lieserschlucht und Wolfsberg

Die Lieserschlucht ist mit Ausnahme der Katschberg-Bundesstraße und des Liesersteigs schlecht erschlossen. Bei den beprobten Pegmatiten handelt es sich aufgrund des starken Bewuchses mehrheitlich um kleinräumige Aufschlüsse und Rollstücke. Der Aufschluss bei Probepunkt MRP-23 ist konkordant in Gneis eingelagert und zeigt eine Zonierung. Es kann zwischen einer Zone mit größeren und einer mit kleineren Turmalinen unterschieden werden, wobei der Kontaktbereich nicht aufgeschlossen ist.

Große Pegmatitstöcke treten im Bereich des ehemaligen Bergbaus bei Lippnik, entlang der Straße von Edling Richtung St. Wolfgang und am Wolfsberg auf. Im Bereich des ehemaligen Bergbaus Lippnik sind große Pegmatitstöcke anstehend. Es kann zwischen einem West- und einem Ostfeld unterschieden werden, wobei ein Bach bzw. eine Störung die Grenze bildet. Das ehemalige Mundloch befindet sich auf der westlichen Seite. Im Bereich des verschütteten Mundlochs ist neben der ehemaligen Halde ein grobkörniger Pegmatit anstehend, dessen Muskovite bis zu 6 cm erreichen können. Der Kontakt zum Gneis ist konkordant ausgebildet. Die Muskovite im Ostfeld besitzen einen Durchmesser bis zu 10 cm und die darin auftretenden Turmaline erreichen bis zu 5 cm.



Abbildung 22: Pegmatit südlich der Straße in Richtung St. Wolfgang, MRP-43 (N: 46,80063°; E: 13,50784° (WGS84)).

Ein Pegmatitstock (Abbildung 22), mit einer Erstreckung von ca. 100 m und einer Mächtigkeit von ca. 3-5 m, steht südlich der Straße von Edling Richtung St. Wolfgang an. Der Kontakt zum Paragneis ist konkordant und im Bereich der linken-oberen Bildkante in Abbildung 22 erkennbar. Der Pegmatit ist schwach geschiefert und im Handstück sind braune bis schwarze Einschlüsse erkennbar.

Der Pegmatit am Wolfsberg besitzt eine Erstreckung von über 100 m mit einer Mächtigkeit von mehreren 10er Metern. In diesem Pegmatit ist eine Zonierung erkennbar. Es kann zwischen einer Zone mit viel Turmalin, die cm-dicke Lagen bilden können (z.B. MRP-58), und einer ohne Turmalin unterschieden werden, wobei eine Abgrenzung aufgrund des starken Bewuchs nicht möglich war. Die Muskovite können eine Größe bis zu 3 cm erreichen. Im Handstück treten häufig Zonen mit starker Fe-

Verwitterung auf, die als schwarzbraune (schwarze Bereiche mit einem limonitischen Kern) Einschlüsse auftreten.

Einschlüsse und Lagen mit starker Fe-Verwitterung treten in sehr vielen Pegmatiten des Millstätter See-Rückens auf. Bei diesen Einschlüssen handelt es sich laut NIEDERMAYR et al. (2014) um Siderit, der zu Goethit umgewandelt wurde. Der Muskovit im Pegmatit (MRP-83, Abbildung 23) südöstlich des Wolfsbergs ist eher grobkörnig und erreicht Durchmesser bis zu 2,5 cm. Der Pegmatit zeigt eine Vielzahl von schwarz-braunen Einschlüssen, die lagig auftreten. Diese dunklen Lagen werden von NIEDERMAYR et al. (2014) als feinkörnige, dm-mächtige Sideritlagen beschrieben und besitzen Hohlräume die mit Apatit, Wardit und Kristallen der Burangait-Matioliit Mischkristallreihe ausgekleidet sind.



Abbildung 23: Pegmatit südöstlich des Wolfsbergs, Matioliit-Fundstelle (NIEDERMAYR et al. 2014), MRP-83 (N: 46,79386°; E: 13,53157° (WGS84)).

5.2.2 Pegmatite im Bereich Hochgosch-Egelsee-Hahnenkofel

Nordwestlich des Egelsees befindet sich ein Rücken (MRP-5 bis 8 und 94) bestehend aus Pegmatit, mit einer Erstreckung von mehr als 100 m und einer Mächtigkeit bis zu 20 m. Die auftretenden Pegmatite sind überwiegend feinkörnig und deutlich geschiefert. Die Muskovite können Durchmesser bis zu 1 cm erreichen, wobei der Durchschnitt bei ca. 0,5 cm liegt. Der Kontakt zum Gneis ist konkordant und stellenweise aufgeschlossen. In den Pegmatiten treten akzessorisch schwarze Einschlüsse und Bereiche mit starker Fe-Verwitterung auf.

Im Bereich des Hochgoschs treten Pegmatite in konkordanter Wechsellagerung mit Gneis auf. Die Muskovite können einen Durchmesser bis zu 2 cm erreichen. In den Pegmatiten tritt untergeordnet Turmalin auf. Nördlich des Egelsees, zwischen Hahnenkofel und Hochgosch, sind weitere Pegmatite anstehend (MRP-81, 82 und 92).

Der Hahnenkofel liegt nordöstlich des Egelsees. Im Gipfelbereich (Abbildung 24) ist ein Pegmatit (MRP-45 bis 50) anstehend, mit Turmalinen und Muskoviten bis zu 1 cm. Der Hahnenkofel ist auch bekannt als Brasiliant-Fundstelle z.B. NIEDERMAYR et al. (1996). Zirka 100 m weiter nördlich steht ein weiterer Pegmatit an, dessen Muskovite einen Durchmesser bis zu 5 cm erreichen können. In diesem Bereich können einige mm-große grünlich-bläuliche Minerale als Kluftmineralisationen auftreten. Dabei handelt es sich vmtl. um Gormanit, da diese Lokalität als Gormanit-Fundstelle (z.B. NIEDERMAYR et al. 1996) bekannt ist.



Abbildung 24: Pegmatit am Hahnenkofel, Brasilianitfundstelle, MRP-48 (N: 46,78198°; E: 13,58150° (WGS84)).

Entlang des Radweges, am südlichen Seeufer vom Lagerhof in Richtung Spittaler Strandbad, sind eine Vielzahl von Pegmatitrollblöcken (MRP-66 bis 68) zu finden. Die Kanten der Blöcke zeigen

keine ausgeprägte Rundung und müssen daher aus der näheren Umgebung stammen. Bei MRP-66 handelt es sich um den von Sammlern reichlich beschürften Lagerhof-Rollblock, der nur noch reliktiertig (Abbildung 25) vorzufinden ist. Die Herkunft dieses Rollblocks konnte bisher nicht zweifelsfrei geklärt werden (vgl. Kapitel 2.1.2). Nordöstlich des Egelsees ca. 300 m westlich von Probe MRP-92 befindet sich ein anstehender Pegmatit. Östlich dieses Pegmatits findet sich ein ausgedehntes Blockfeld (MRP-92), welches sich hangabwärts in Richtung NE bzw. E fortsetzt. Diese Beobachtung lässt den Schluss zu, dass die Blöcke entlang des Radweges möglicherweise von diesem Pegmatit stammen könnten. Herr Harald Wippel aus Spittal hat diese Beobachtung schon vor einiger Zeit gemacht und geht davon aus, dass der Lagerhof-Rollblock von diesem Pegmatit stammt, da beide eine ähnliche Kluftmineralparagenese aufweisen (persönliche Mitteilung: H. WIPPEL, Spittal/Drau, Mai 2016).



Abbildung 25: Überreste des Lagerhof-Rollblocks, MRP-66 (N: 46,78386°; E: 13,59239° (WGS84)).

5.2.3 Pegmatite bei Fresach

In Laas bei Fresach treten mächtige Pegmatitstöcke auf, wovon einer in der Vergangenheit Ziel untertägiger bergmännischer Tätigkeiten war. Dieser Pegmatit (MRP-108) wurde oberflächlich beprobt, da das Betreten des Stollens nicht möglich war. Südöstlich dieses Vorkommens treten weitere Stöcke mit einer Erstreckung von über 100 m und einer Mächtigkeit bis zu 10 m auf (MRP-120 bis 122). Im Steinbruch der Firma Modre sind je nach Abbaustand Pegmatite anstehend, von denen ein großer Block (MRP-109) an der Grenze zum Steinbruch beprobt wurde. Die beprobten Muskovite in diesem Block erreichen Durchmesser bis zu 2 cm. In diesen Pegmatiten können jedoch auch Muskovite bis zu 10 cm auftreten, wie stark verwitterte Muskovitplättchen am Waldboden beweisen. Weiters finden sich darin rötlichbraun-schwarze Einschlüsse, bei denen es sich um Granat und Turmalin handeln dürfte.



Abbildung 26: Aufschlusspunkt MRP-145; E von Fresach (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).

Nördlich und südlich des Freizeitparks in Fresach befinden sich Pegmatite mit mehr als 100 m Erstreckung und einer Mächtigkeit von einigen 10er Metern, die jedoch stark verwachsen sind (MRP-124 bis 129). Die Muskovite in diesen Pegmatiten können Kristallgrößen bis zu 5 cm erreichen, wobei der Durchschnitt bei ca. 2 cm liegt. Gelegentlich treten Turmaline auf, die einen Durchmesser von mehreren cm erreichen können. Die Pegmatite im Raum Fresach zeigen Spuren von Fe-Verwitterung, die ähnlich aussehen wie jene im westlichen Teil des Arbeitsgebietes. Im Bereich des Fresachberges (MRP-110) können Pegmatite mit Granaten bis zu 1 cm gefunden werden, die jedoch nur akzessorisch auftreten. Der Kontakt zwischen den Paragneisen bzw. Glimmerschiefern und dem Pegmatit ist bei allen Probepunkten im Raum Fresach konkordant. Entlang der Straße von Fresach ausgehend in Richtung Millstätter See sind eine Vielzahl von Blockfeldern aufgeschlossen, die eine Erstreckung von einigen 10er Metern erreichen können und als sub-anstehende Rutschmassen bzw. Hangschutt interpretiert werden können.

Östlich von Fresach befindet sich ein Pegmatit mit einer Erstreckung von ca. 50 m mit einer Mächtigkeit von 10 m (Abbildung 26). Die Muskovite können einen Durchmesser bis zu 2 cm erreichen. In diesem Pegmatit treten Granate mit einem Durchmesser bis zu 1 cm und Turmaline mit bis zu 2 cm auf. Eine Besonderheit sind die vielen bis zu einige cm dicken Glimmerschieferschlieren (Abbildung

27), die den Pegmatit durchziehen. Der Kontakt zum Nebengestein (Paragneis bis Glimmerschiefer) ist in einem Rollstück aufgeschlossen und kann als wolkig-diffus beschrieben werden.



Abbildung 27: Glimmerschieferschlieren im Pegmatit bei Aufschluss MRP-145.

5.2.4 Pegmatite am Fuße der Millstätter Alpe

Die Pegmatite bei Dellach und Lammersdorf befinden sich am Millstätter Berg, der am Fuße der Millstätter Alpe liegt, ebenso wie jene westlich von Radenthein. Diese Pegmatite unterscheiden sich vor allem aufgrund ihrer teils geringen Mächtigkeit von jenen südlich des Millstätter Sees, des weiteren sind sie ärmer an Einschlüssen. Die Mehrheit der Pegmatite sind in Form von geringmächtigen Gängen ausgebildet und erreichen meist Mächtigkeiten von wenigen cm bis ca. 1 m. Die Pegmatite nördlich des Millstätter Sees sind generell viel kleinräumiger ausgebildet und erreichen geringere Mächtigkeiten als jene südlich des Millstätter Sees, die zum Teil Stöcke mit Erstreckungen von etlichen 100 m bilden können und Mächtigkeiten von über 10 m besitzen. Eine Ausnahme stellt ein Vorkommen bei Radenthein dar (MRP-117, 119), das eine Erstreckung von ca. 100 m bei einer Mächtigkeit von über 10 m besitzt. Im Zuge der Beprobung wurden hauptsächlich geringmächtige Pegmatitgänge angetroffen und beprobt. Im Bereich westlich bis südöstlich von Radenthein kommt es zu einem gehäuften Auftreten dieser geringmächtigen Pegmatite in unwegsamem Gelände, die nicht beprobt werden konnten.



Abbildung 28: Pegmatitlagen konkordant in Glimmerschiefer eingelagert; Straße von Lammersdorf Richtung Lammersdorfer Hütte, Aufschlusspunkt MRP-115 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).

Die Pegmatite in Lammersdorf sind ein gutes Beispiel für das Erscheinungsbild der Pegmatite nördlich des Millstätter Sees, ebenso wie jene an der Straße zwischen Pesenthein und Dellach. Diese Pegmatite sind konkordant zwischen Glimmerschiefern eingelagert und fallen mittelsteil (40-50°) in Richtung N ein. An der Straßenkreuzung am Pegmatitaufschluss in Lammersdorf (Probenpunkt: MRP-115) können vier Pegmatitgänge angetroffen werden. Zwei davon besitzen eine Erstreckung von ca. 2 m mit einer Mächtigkeit von ca. 10-20 cm. Ein dritter Gang besitzt eine Erstreckung von 2-3 m mit einer Mächtigkeit von 20-40 cm. Der vierte Pegmatitgang hat eine Erstreckung von 5-6 m mit einer Mächtigkeit von ca. 1 m (Abbildung 28). Der Pegmatit ist mittelkörnig mit Muskoviten bis zu maximal 2 cm. Dieser Pegmatit besteht aus Quarz, Feldspat, Muskovit und ist generell arm an Einschlüssen, die zum Teil gänzlich fehlen.

5.2.5 Pegmatite im Bereich Weißenstein-Wollanig

Im Bereich zwischen Weißenstein und dem Wollanig sind mächtige Marmorzüge anstehend, die in Gummern Ziel bergbaulicher Tätigkeit sind. Die Marmore sind in Gneise bzw. Glimmerschiefer eingelagert und an ihren Kontaktbereichen treten im Bereich Weißenstein-Uggowitz Pegmatite auf. Der Kontakt zwischen den Pegmatiten und den Gneisen bzw. Glimmerschiefern ist konkordant ausgebildet. Der Kontakt zwischen dem Marmor und den Pegmatiten ist in Form von Störungen ausgebildet (Abbildung 29).

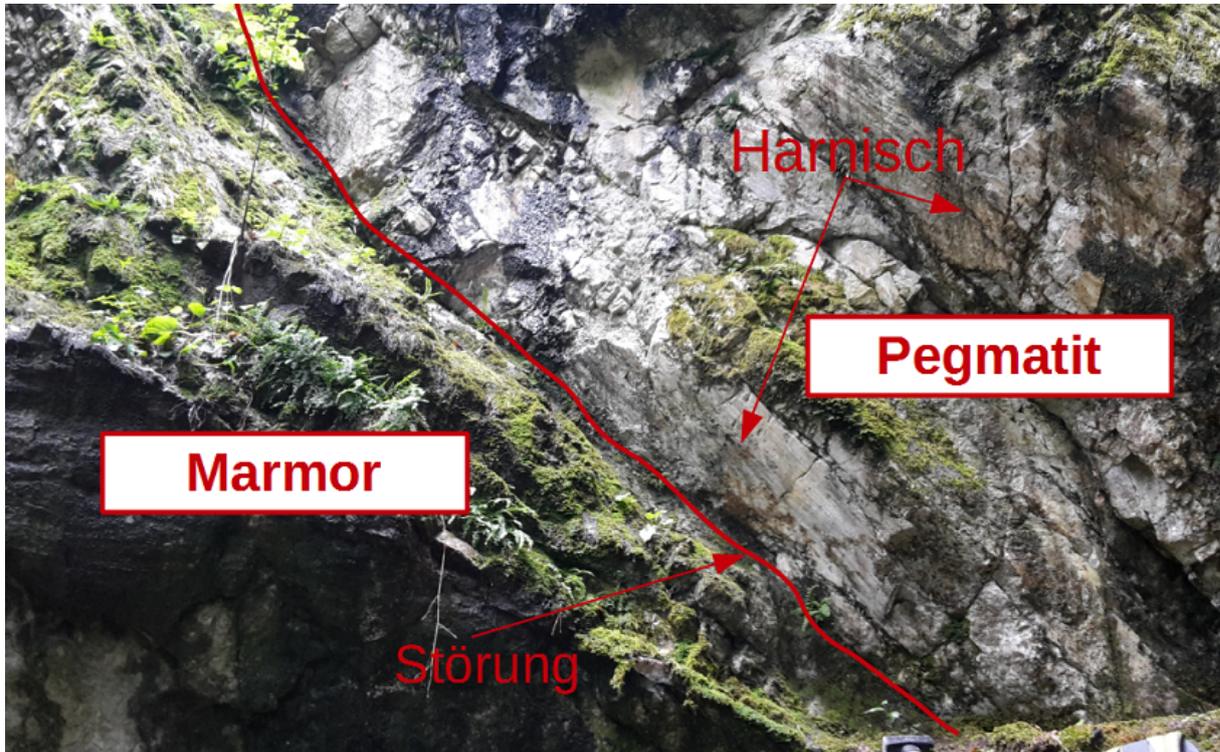


Abbildung 29: Störung am Kontakt zwischen Pegmatit und Marmor östlich von Weißenstein, nordwestlich von Uggowitz, Aufschlusspunkt MRP-132 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).

Im Marmorsteinbruch der Firma OMYA in Gummern treten Pegmatite direkt im Marmor auf. Der Kontakt zwischen dem Pegmatit und dem Marmor ist in Form von Störungen (kein primärer Kontakt) ausgebildet. Der Pegmatit wurde stark tektonisch beansprucht und dementsprechend stark entfestigt. In diesen Pegmatiten tritt Quarz, Feldspat, Muskovit, Biotit, Turmalin bis zu einigen cm und bis zu 1 cm großer Granat auf.

Entlang des Forstweges ausgehend von Amberg (Gem. Fresach) in Richtung Ochsenberg sind Paragneise bis Glimmerschiefer und Pegmatite anstehend. In vielen Fällen sind die Pegmatite nicht anstehend, jedoch finden sich große Blockfelder von teils 100 m Erstreckung. Einzelne Blöcke können Größen von ca. 5x5x3 m erreichen. Die Pegmatite sind zum Teil durchsetzt von geringmächtigen Glimmerschieferlagen, wobei der Kontakt wolkgig-diffus ausgebildet ist. Neben den Hauptkomponenten Quarz, Feldspat und Muskovit, finden sich in den Pegmatiten schwarze Einschlüsse und rötlich-rostige Zonen mit starker Fe-Verwitterung. Im Bereich südlich des Ochsenberges bei Probepunkt MRP-164 (Abbildung 30) und 165 treten mächtige Pegmatitstöcke auf, die von geringmächtigen Glimmerschieferlagen durchzogen werden.

Die Pegmatite südlich vom Ochsenberg zeigen eine Zonierung mit großen Kalifeldspäten (bis 5 cm Durchmesser) und Glimmern, sowie schriftgranitischen Zonen mit den für Schriftgranite (Abbildung 31) typischen Verwachsungen von Kalifeldspat und Quarz. Die Muskovite können Durchmesser bis zu 2 cm erreichen. Der Kontakt zum Gneis bzw. Glimmerschiefer ist konkordant ausgebildet.



Abbildung 30: Aufschlusspunkt MRP-164 südlich des Ochsenbergs mit anstehendem Pegmatit, mit z.T. schriftgranitischen Verwachsungen; (N: 46,68704°; E: 13,75995° (WGS84)).

Die Pegmatite am Wollanig treten in Form von Stöcken auf, die eine Erstreckung bis zu 100 m und Mächtigkeiten im 10er Meterbereich erreichen können (z.B. NE von Unterwollanig, Probepunkt: MRP-95, 96). Der Kontakt zwischen Pegmatit und Gneis bzw. Glimmerschiefer ist sowohl konkordant als auch in Form von Störungen (z.B. MRP-95) ausgebildet. Entlang des Forstweges, ausgehend von Unterwollanig in Richtung Eichholz, befinden sich eine Vielzahl von Blockfeldern, bestehend aus Gneis- bzw. Glimmerschieferblöcken und Pegmatitblöcken. Bei den Pegmatiten handelt es sich um gewöhnliche Pegmatite, mit Muskoviten bis zu 4 cm und Bereichen mit starker Fe-Verwitterung. Der Probepunkt MRP-170 ist ein pegmatitischer (Ortho?-)Gneis, der als Übergang von Gneis zu Pegmatit interpretiert werden kann. Ob es sich bei Probenpunkt MRP-170 um anstehendes Gestein handelt, konnte aufgrund des starken Bewuchs nicht eindeutig bestimmt werden.



Abbildung 31: Schrifgranit südlich des Ochsenbergs bei Weißenstein.

6 Petrographie

Von ausgewählten Pegmatiten wurden 24 petrographische Dünnschliffe hergestellt. Die Auswahl der Pegmatitproben erfolgte auf Basis erhöhter Gehalte ausgewählter Spurenelemente (Li, Nb, Sn, Cs, Ta) im Muskovit.

6.1 Hauptgemengteile

Quarz

Quarz tritt als Hauptgemengteil in allen untersuchten Pegmatiten auf. Makroskopisch tritt Quarz meist als rauchiggrauer Hauptbestandteil der hellen Quarz-Feldspatmatrix und als milchig-weißer Gangquarz, der vmtl. hydrothermal gebildet wurde, auf. Monomineralische Quarzkerne konnten im Arbeitsgebiet nicht gefunden werden.

Quarz tritt mikroskopisch als polykristallines Aggregat mit undulöser Auslöschung auf. Die Quarze wurden vmtl. im Zuge der alpidischen Metamorphose zerkleinert und sind anschließend rekristallisiert. Zerbrochene Quarzkörner wurden mittels Quarzzement verfüllt.

In den schriftgranitischen Verwachsungen tritt Quarz als tröpfchenförmige, gleichförmig auslöschende Verwachsung mit Spodumen bzw. Feldspat auf. Die Quarzeinschlüsse in den Kalifeldspäten und im Spodumen löschen alle gleichförmig aus.

Kalifeldspat

Kalifeldspat ist ein Hauptgemengteil in fast allen Pegmatiten des Arbeitsgebiets. Kalifeldspäte treten in bis zu 15 cm großen Augen im Arbeitsgebiet auf. Sie sind grünlich-weiß bis weiß. Im Bereich Weißenstein-Ochsenberg-Wollanig unterscheidet sich der Kalifeldspat vom reinweißen Plagioklas durch eine leicht grünlich-weiße Eigenfarbe. Im restlichen Arbeitsgebiet ist er meist reinweiß und makroskopisch kaum vom Plagioklas abzugrenzen.

Unterm Mikroskop ist der Kalifeldspat beim Fehlen der typischen Mikroklingitterung (Abbildung 32) schwer vom Plagioklas zu unterscheiden, jedoch lässt er sich meist durch das Vorhandensein von Seriziteinschlüssen (Abbildung 34) und deformierten Zwillingslamellen identifizieren. Die deformierten Zwillingslamellen sind ein Indiz für die starke tektonische Deformation. Der Kalifeldspat bildet in den meisten Fällen größere Kristalle, die von einem feinkörnigeren Quarz-Albitpflastergefüge umgeben sind. Gelegentlich sind im Kalifeldspat perthitische Entmischungen nach Albit zu finden (Abbildung 35).

Plagioklas

Plagioklas ist ein Hauptgemengteil in allen Pegmatiten und mit Ausnahme der Quarzgänge in allen Zonen zu finden. Es handelt sich um das Endglied Albit der Plagioklasmischkristallreihe (vgl. Kapitel 2.1.2). Er ist stets reinweiß und zeigt ebene, seidig glänzende Spaltflächen, die teils dem Spodumen zum Verwechseln ähnlich sehen.

Sein Erscheinungsbild unterm Mikroskop ist dem von Kalifeldspat zum Verwechseln ähnlich, jedoch zeigt er gelegentlich die für Albit typische Verzwilligung (Abbildung 33). Er ist durchsichtig und idiomorph bis xenomorph ausgebildet. Einschlüsse treten im Albit eher selten auf. Albit kann als Einschluss in anderen Mineralien auftreten z.B. als perthitische Entmischung im Kalifeldspat. Zusammen mit Quarz bildet er das in den meisten Pegmatiten vorherrschende leicht geschieferte Albit-Quarzplastergefüge.

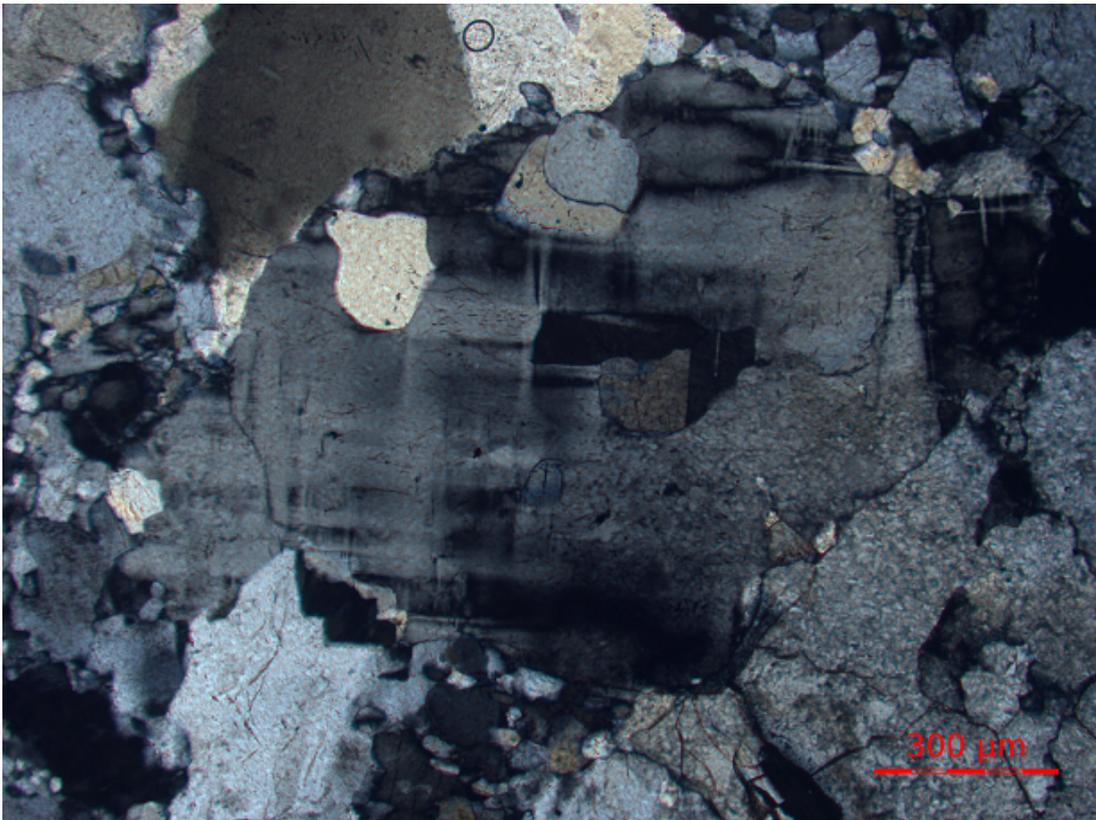


Abbildung 32: Kalifeldspat mit Mikroklingitter und Quarzeinschlüssen, umgeben von Quarz-Feldspatpflastergefüge; gekreuzter Polarisator.

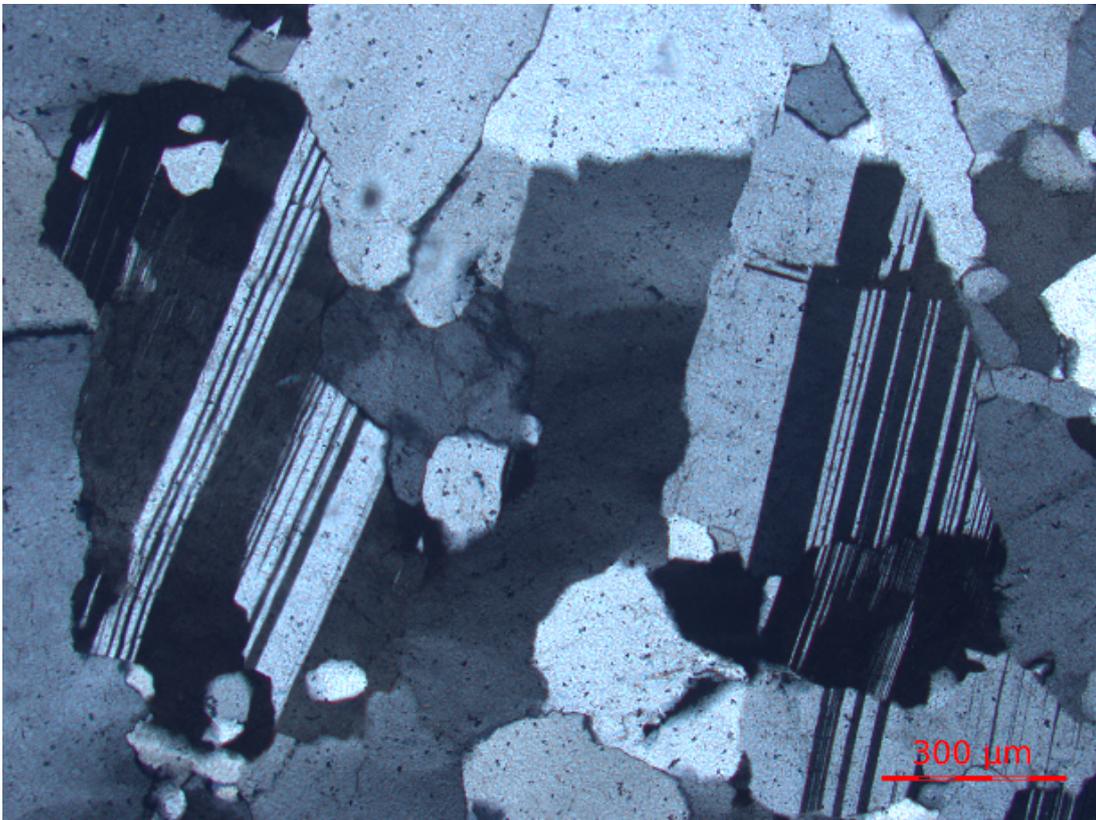


Abbildung 33: Polysynthetische Verzwilligung von Plagioklas (Albit); gekreuzter Polarisator.

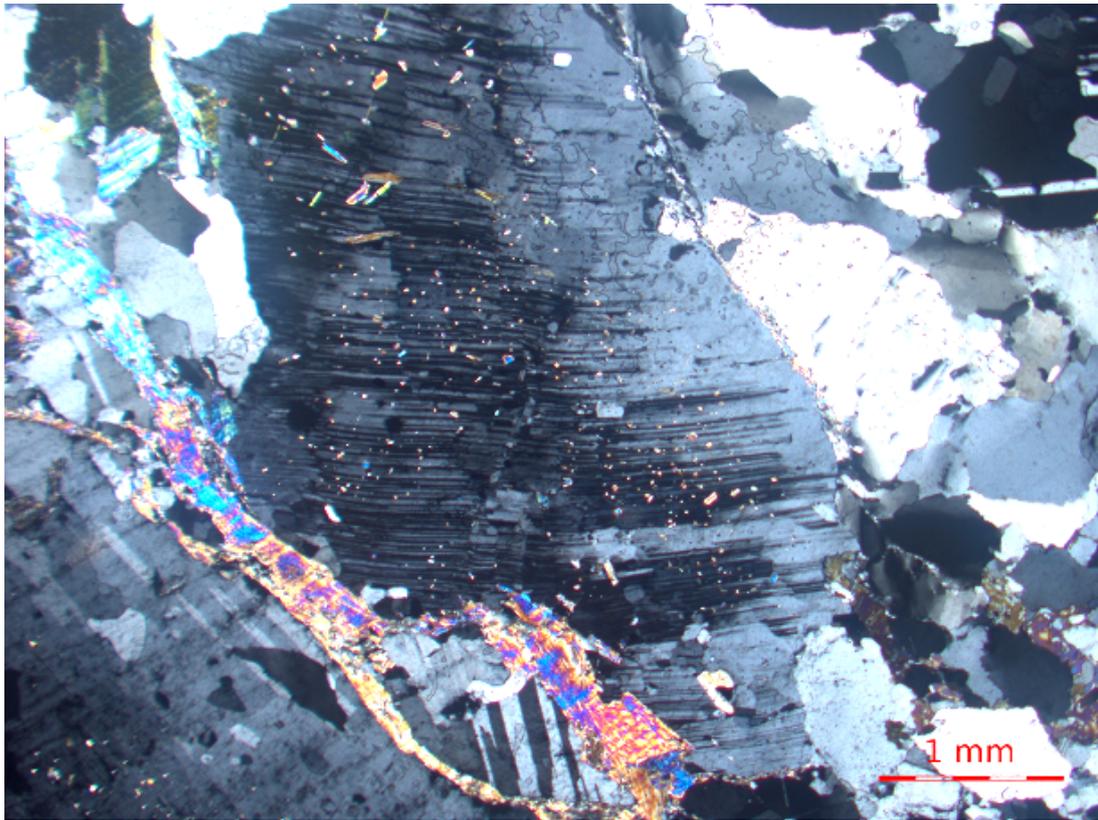


Abbildung 34: Kalifeldspat mit deformierten polysynthetischen Zwillingslamellen, Serizit- und Quarzeinschlüssen, umgeben von Quarz, Muskovit und Plagioklas; gekreuzter Polarisator.

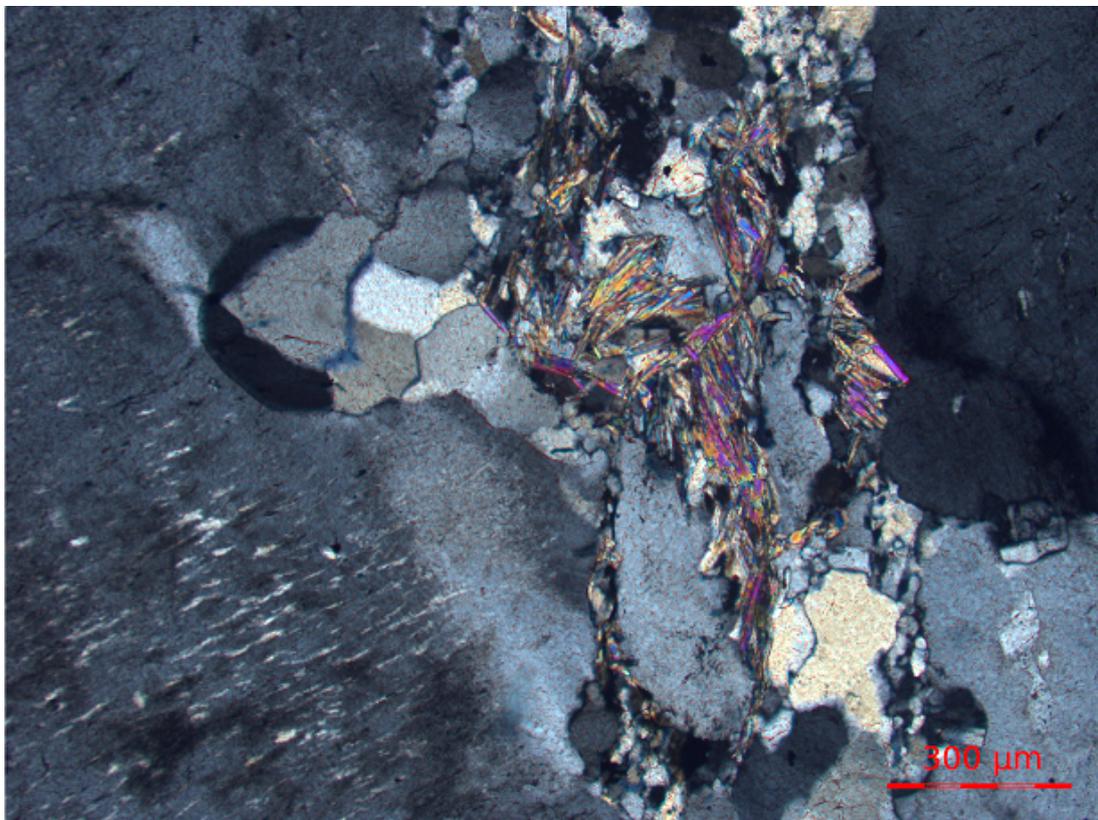


Abbildung 35: Kalifeldspat mit perthitischer Entmischung; sekundärer Muskovit umgeben von Quarz und Feldspat; gekreuzter Polarisator.

Spodumen

Spodumen tritt in den Proben von Edling, Kreuzstein, Lug-ins-Land und in den Rollblöcken südlich vom Egelsee auf. Makroskopisch kann er aufgrund seines seidigen Glanzes und seiner leistenförmigen bzw. stängeligen Ausbildung identifiziert werden. Die Spodumene im Arbeitsgebiet können weiß, grau durch fein verteilte Graphiteinschlüsse und in stärker alterierten Bereichen grünlich-gelb sein. Der Spodumen kann Kantenlängen bis zu 15 cm erreichen.

Unterm Mikroskop zeigt der Spodumen einen schwach ausgebildeten bräunlich-gelben Pleochroismus und die für Pyroxen typische Spaltbarkeit (Abbildung 36 und 37). Die Kristalle sind idiomorph bis xenomorph und häufig zerbrochen. Quarztröpfchen treten gelegentlich als schriftgranitische Verwachsung im Spodumen auf. An den Kornrändern, aber auch gesamte Körner können myrmekitisch mit Quarz verwachsen sein und sind z.T. unter dem Mikroskop nicht auflösbar (Abbildung 38). Die schriftgranitischen Verwachsungen sind vmtl. magmatischen Ursprungs, während die myrmekitischen Verwachsungen vmtl. im Zug der alpidischen Metamorphose gebildet wurden. Eine Verzwilligung tritt selten auf. Muskovit, Quarz und Albit können als Einschlüsse im Spodumen auftreten. Der Spodumen ist z.T. stark alteriert und zeigt eine fortgeschrittene Serizitisierung.

Muskovit

Muskovit tritt als Hauptgemengteil in allen untersuchten Pegmatiten auf und kann in fast allen Zonen gefunden werden. Die Größe unterscheidet sich sehr stark und kann makroskopisch von einigen mm bis zu Tafeln mit mehr als 10 cm reichen. In spodumenreichen Zonen tritt Muskovit nur untergeordnet auf. Am Kontakt zwischen Spodumenpegmatit und Nebengestein treten vermehrt feinkörnige Muskovite auf. Muskovit fehlt gänzlich in den auftretenden Quarzgängen.

Unterm Mikroskop ist der Muskovit gut an seiner Spaltbarkeit und seinen Interferenzfarben höherer Ordnung zu erkennen (Abbildung 39). In manchen Proben ist er eingeregelt, zerbrochen, verbogen bzw. generell stark deformiert, was auf eine tektonische Beanspruchung hinweist. Sehr feinkörnige Muskovite wurden vmtl. im Zuge der alpidischen Metamorphose gebildet. Der Muskovit ist xenomorph ausgebildet, idiomorphe bis hypdiomorphe Individuen treten eher selten auf. Muskovite treten lagig und als Einzelindividuen in den Proben auf. In den Kalifeldspäten und Spodumenen kann er sehr häufig als Einschluss auftreten.

6.2 Akzessorien

Apatit wurde mittels REM-EDS nachgewiesen (Abbildung 44). Er tritt in Form von mm großen prismatischen Kristallen, die Einschlüsse im Glimmer bilden können, auf. Er ist in vielen Fällen mit anderen Phosphatmineralen vergesellschaftet, bei denen es sich vmtl. aufgrund der Verwachsungen um dessen Alterationsprodukte handelt. Er stellt im Gestein das primäre Phosphatmineral dar. Die Alterationsprodukte sind Phosphatminerale, die nicht näher bestimmt wurden. Dabei handelt es sich mit ziemlicher Sicherheit um die in der Literatur beschriebenen sekundären Phosphate (Kapitel 2.1.2).

Biotit kommt im Arbeitsgebiet selten vor. Im Marmorsteinbruch bei Gummern tritt er in cm-großen Tafeln, die mit Muskovit verwachsen sind, auf. Der gemessene Biotit aus der Störungszone im Marmorsteinbruch zeigt eine fortgeschrittene Chloritisierung (vgl. Kapitel 7.2.1).

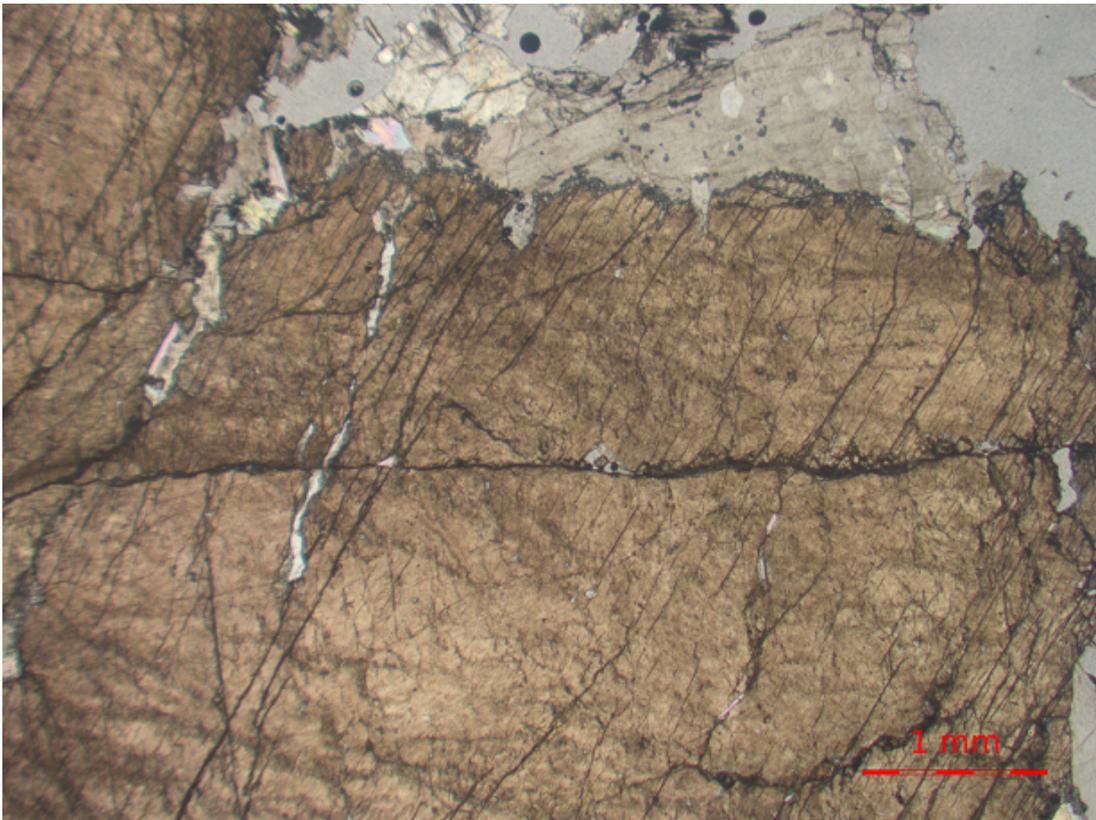


Abbildung 36: Spodumen mit Quarz verfüllten Spaltrissen und Seriziteinschlüssen, umgeben von einem Quarz-Feldspatpflastergefüge.

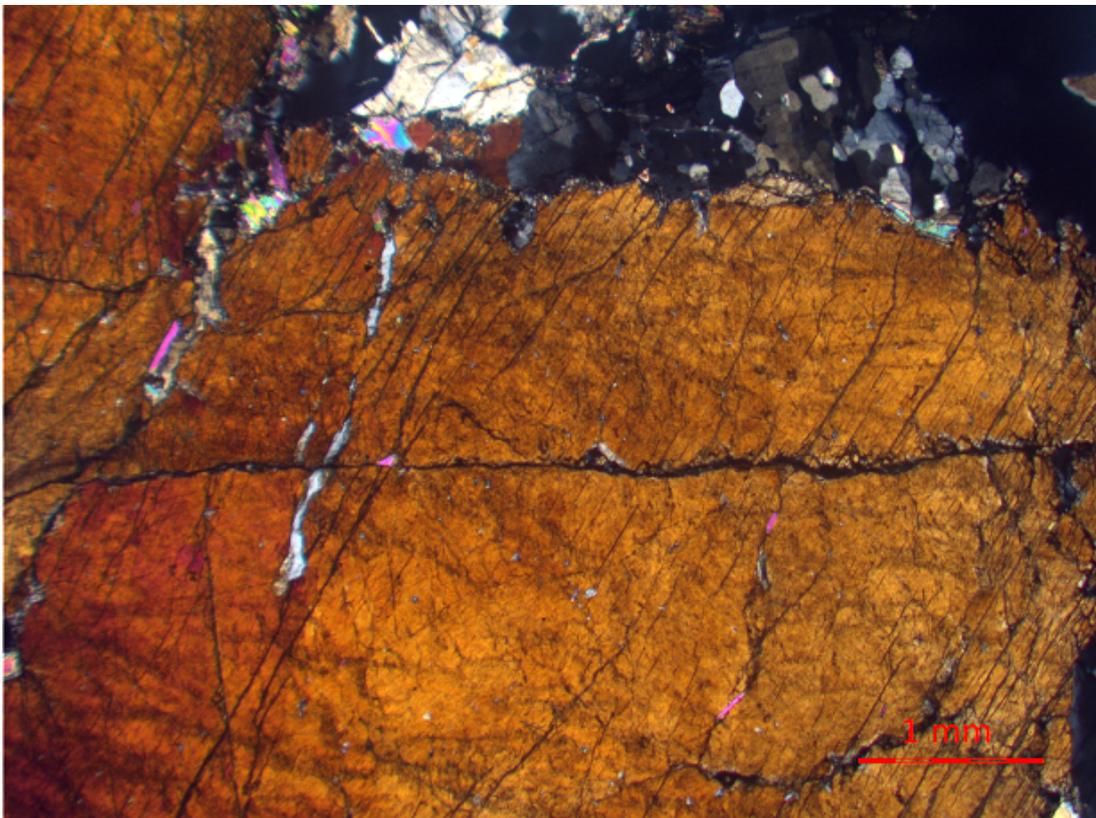


Abbildung 37: Spodumen mit Quarz verfüllten Spaltrissen und Seriziteinschlüssen, umgeben von einem Quarz-Feldspatpflastergefüge; gekreuzter Polarisator

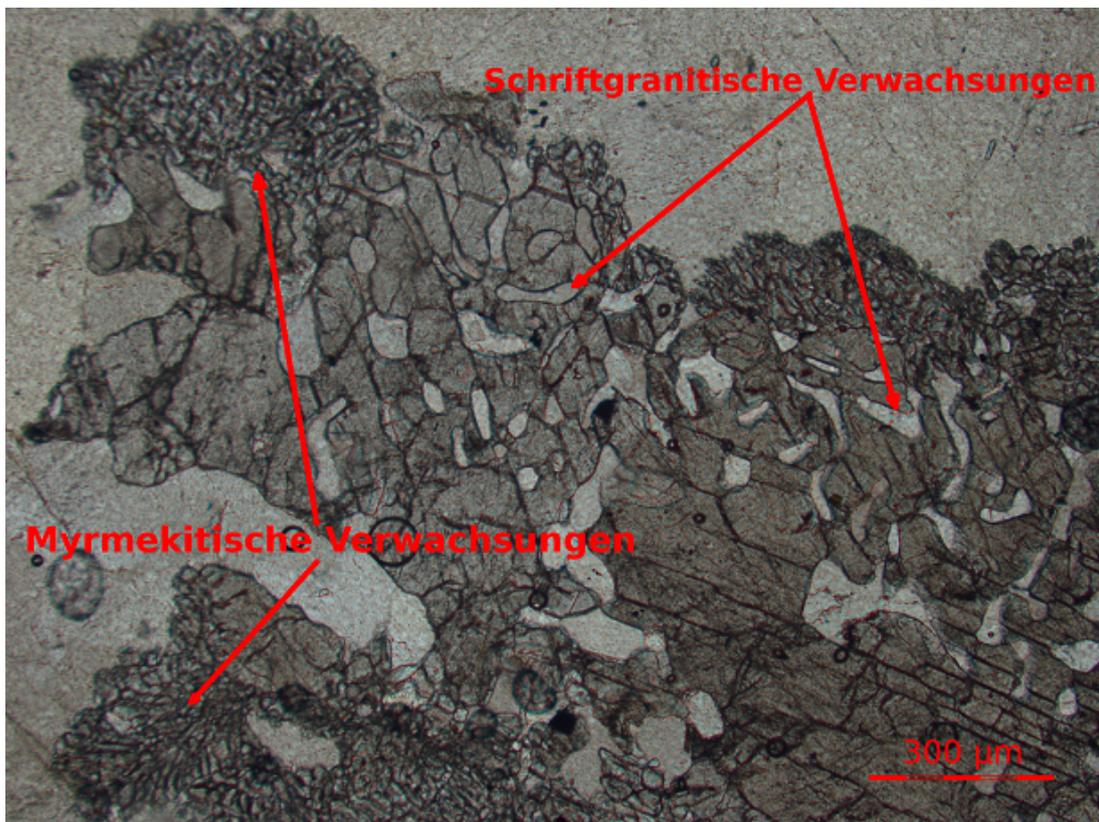


Abbildung 38: Zerbrochener Spodumenkristall mit schichtgranitischen Verwachsungen, sowie myrmekitischen Verwachsungen als Verdrängung des Feldspats.

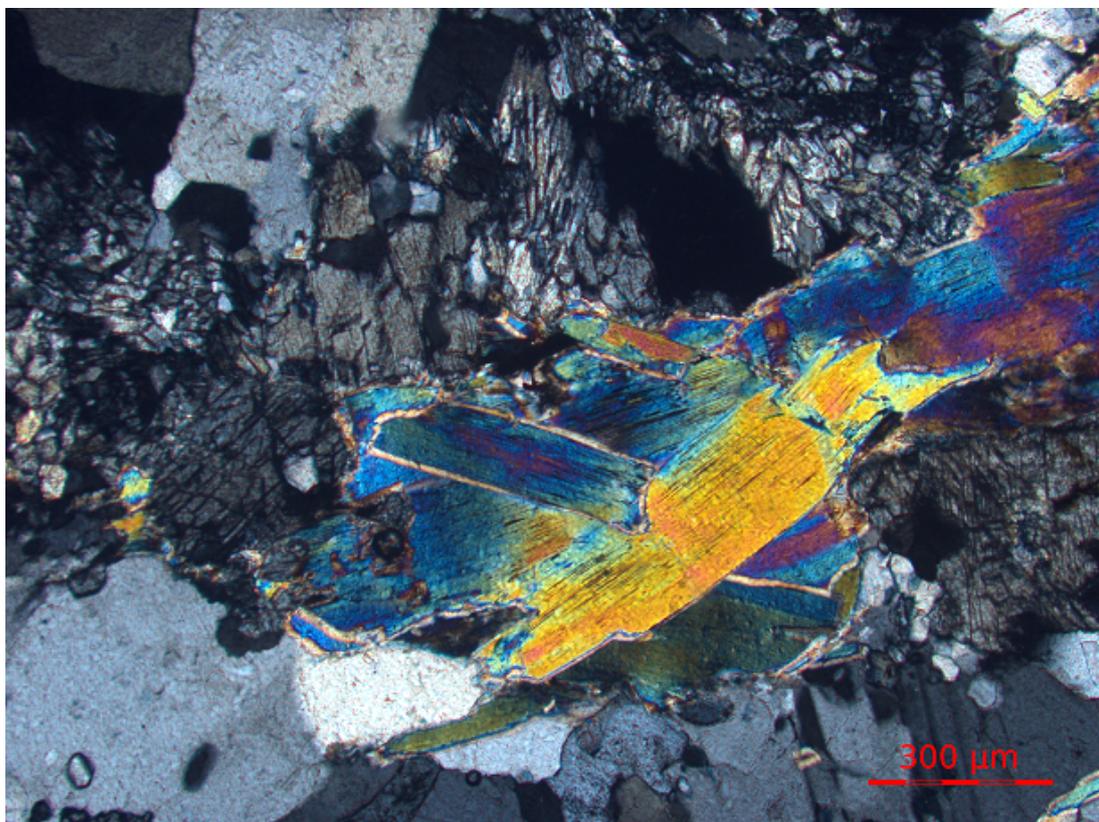


Abbildung 39: Spodumen, teils mit myrmekitischen Verwachsungen und grobkörnigem Muskovit; gekreuzter Polarisator.

Beryll erscheint im Handstück reinweiß, weshalb er schwer von den weißen Hauptgemengteilen unterschieden werden kann. Gelegentlich finden sich in den Pegmatiten reinweiße Minerale, die eine für Beryll typische Kristallstruktur besitzen. Im Arbeitsgebiet werden bis zu kopfgroße Berylle beschrieben (vgl. Kapitel 2.1.2), in den Schliffen wurde jedoch kein Beryll gefunden.

Bleiglanz konnte in den Schliffen aus Laas unterm REM-EDS identifiziert werden. Er bildet einige μm große kubische Einschlüsse im Feldspat und Muskovit.

Chalcopyrit wurde in einer Probe aus Laas bei Fresach unterm REM-EDS identifiziert. Er tritt in Form von prismatisch bis stängeligen Aggregaten auf, die eine Größe von einigen μm besitzen.

Columbit tritt in den Spodumenpegmatitrollstücken bei Lug-ins-Land und im Spodumenpegmatit beim Kreuzstein auf. Die Columbite werden als Ferrocolumbite und Ferrotantalite klassifiziert. Mit steigendem Differentiationsgrad nehmen die Ta- und Mn-Gehalte zu (vgl. Kapitel 7.2.4).

Granat kommt in vielen Pegmatiten des Arbeitsgebiets vor (z.B. Steinbruch Gummern, Fresach und Lieberschlucht). Sie können Durchmesser bis zu 0,5 cm erreichen. Der Granatgehalt ist in den untersuchten Pegmatiten sehr gering. Einer der Granate, die von GOTTHARDT (2015) bearbeitete wurde, stammt vom Millstätter See-Rücken. Der untersuchte Granat ist ein einphasiger Almandin und hat geringere Mn-Gehalte, als jene aus dem Prijakt-Polinik bzw. Rappold Komplex.

Graphit tritt in allen untersuchten Spodumenpegmatiten (Edling, Kreuzstein, Lug-ins-Land, untersuchte Rollstücke) auf. Er kann Durchmesser bis zu 0,2 mm erreichen. Er ist teils für die gräuliche Färbung von Spodumen und Feldspat verantwortlich. Unter dem Mikroskop erscheint er in Form schwarzer, kugeligter Aggregate.

Limonit-Einschlüsse treten in allen beprobten Pegmatiten auf (Abbildung 40). Er tritt in Form unregelmäßiger Aggregate und Spaltfüllungen auf. Gelegentlich zeigt er kubische Pseudomorphosen nach Pyrit bzw. Pyrrhotin.

Pyrit und Pyrrhotin kommen als Ursprung der limonitischen Einschlüsse, neben dem von ANGEL & MEIXNER (1953b) beschriebenen Siderit, in Frage. Die unregelmäßigen limonitischen Aggregate zeigen unterm REM-EDS gelegentlich eine Zonierung. Die innere Zone besteht aus Fe und Spuren von S, weshalb davon ausgegangen wird, dass ein Teil des Limonits durch die Verwitterung von FeS bzw. FeS₂ gebildet wurde.

Rutil kann gelegentlich in den Pegmatiten gefunden werden und wurde mittels REM-EDS nachgewiesen.

Turmalin kann im Aufschluss stängelige Aggregate mit Durchmessern von einigen cm erreichen. Aufgrund der schwarzen Farbe wird davon ausgegangen, dass es sich um Schörl handelt. In den Pegmatiten tritt er in Form von Lagen, in gewissen teils wolkgig ausgebildeten Teilzonen oder als Einzelkristalle auf. Unterm Mikroskop erscheint er hypidiomorph und zerbrochen (Abbildung 41). Die zerbrochenen Kristalle sind mit Quarz verheilt.

Thoriumphosphate konnten in der Kernzone des Spodumenpegmatits beim Kreuzstein mittels REM-EDS nachgewiesen werden. Sie treten als Verwachsungen mit Apatit auf und erreichen eine Kantenlänge bis zu 20 µm. Das Verhältnis der gemessenen Kationen (Ca, Th, La, Ce) zum Anion (PO_4^{3-}) beträgt annähernd 1, weshalb es sich möglicherweise um ein Mineral der Rhabdophan-Gruppe wie Brockit $(\text{Ca,Th,Ce})\text{PO}_4\text{-H}_2\text{O}$ handelt.

Uraninit und Uranglimmer sind die in den Proben vorkommenden Uranminerale. Uraninit ist das primäre Uranmineral und findet sich oft als Einschluss im Muskovit. Er bildet einige µm große, prismatisch bis kugelige Aggregate. In den Proben aus Laas und Fresach treten fasrige U-haltige Minerale vergesellschaftet mit Glimmern auf, bei denen es sich um Uraninitalterationen handelt. Diese Alterationsminerale gehören zur Gruppe der Uranglimmer. Das Gebiet um Laas ist bekannt als Fundstelle von Uranglimmern (vgl. Kapitel 2.1.2).

Wismut wurde in einigen Schliffen aus der Umgebung von Laas (MRP-122) in gediegener Form gefunden. Sie besitzen eine längliche, prismatische Form, können aber auch dünne Lagen zwischen den Muskoviten (Abbildung 43) bilden und erreichen eine Länge größer 100 µm. Mittels REM-EDS wurden noch andere Wismutminerale gefunden, die Cu, (Pb?), Bi und S beinhalten. Diese erreichen Durchmesser von kleiner 5 µm und konnten quantitativ mittels EMS nicht näher bestimmt werden, da sie zu klein sind.

Zinnsteine konnten als einige µm große Einschlüsse im Spodumenpegmatit beim Kreuzstein nachgewiesen werden.

Zirkon tritt in einigen Proben verwachsen mit Muskovit und als Einschluss im Feldspat auf. Ein Teil der Zirkone wurde mittels REM-EDS identifiziert und deren Zr bzw. Hf-Gehalt quantitativ bestimmt. Ein Vergleich der Werte zeigt, dass mit steigendem Hf-Gehalt der Differentiationsgrad zunimmt (vgl. Kapitel 7.2.3).

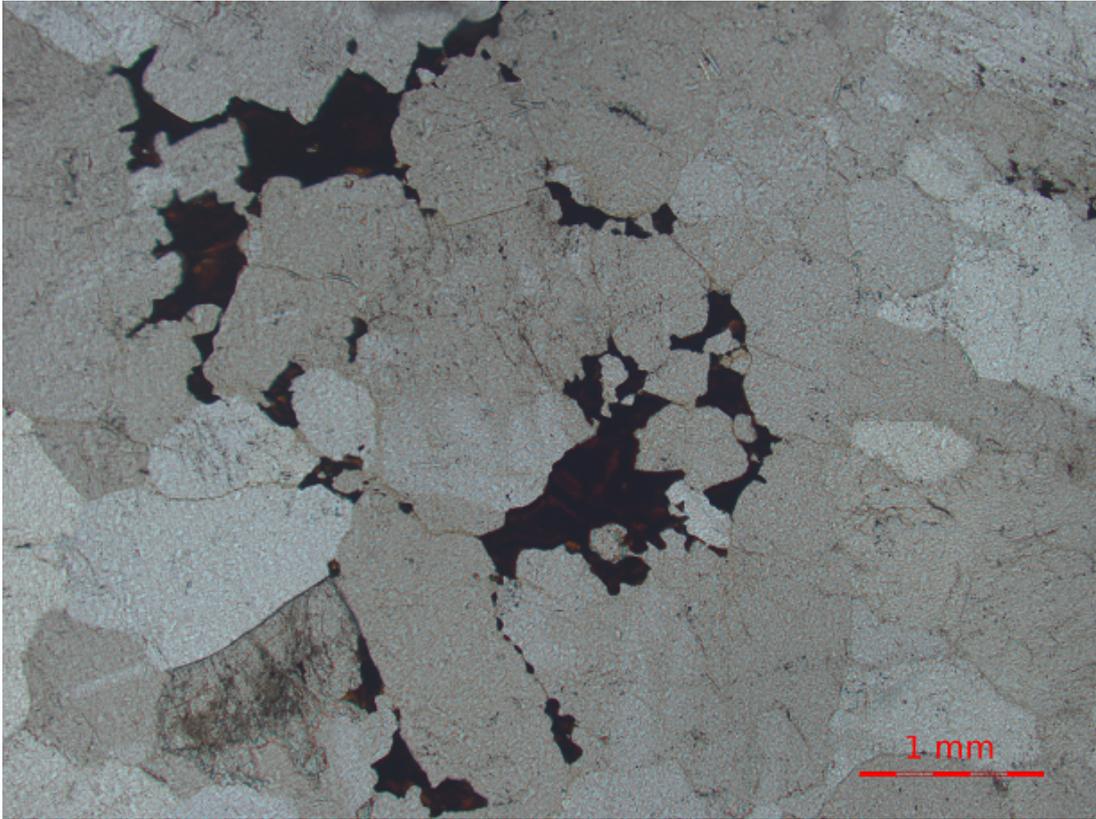


Abbildung 40: Limonitische Einschlüsse.

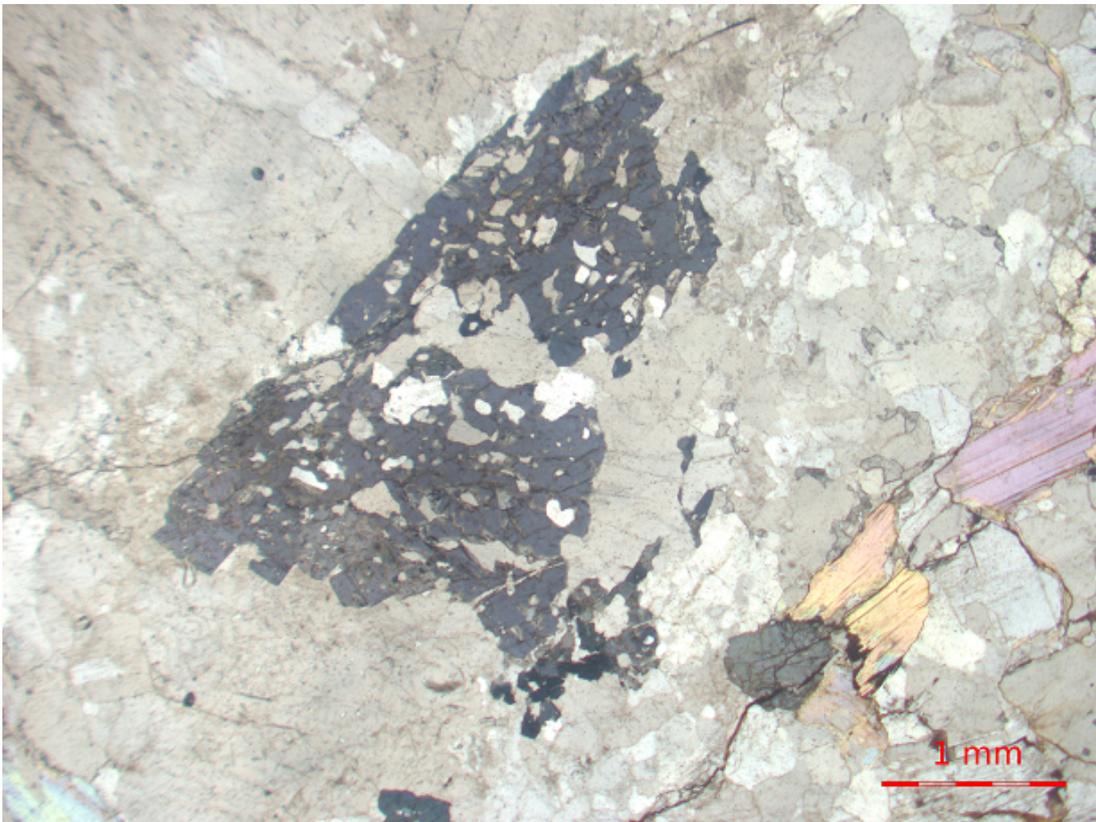


Abbildung 41: Zerbrochener Turmalin mit Quarz verheilt.



Abbildung 42: Columbit aus einem Spodumenpegmatit umgeben von Feldspat; REM-Aufnahme.

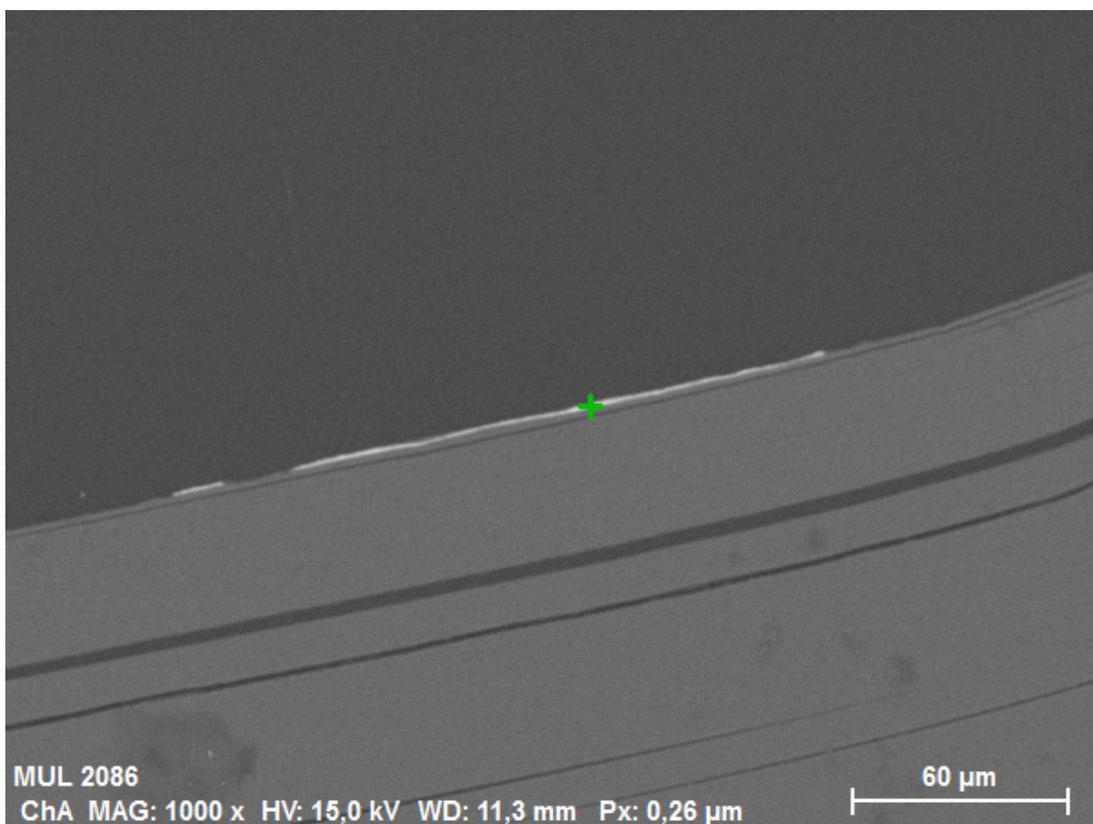


Abbildung 43: Gediegenes Wismut (weiß) und Muskovit aus einer Probe von Laas; REM-Aufnahme.

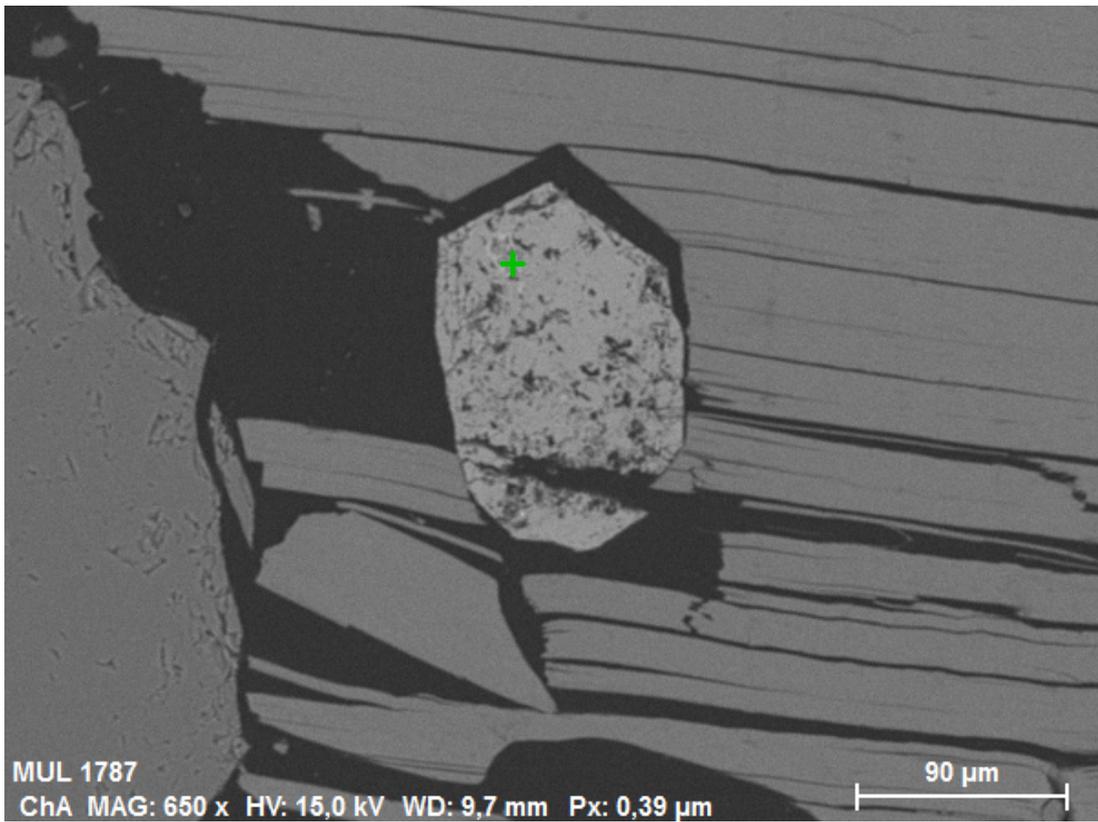


Abbildung 44: Apatiteinschluss im Muskovit; REM-Aufnahme.

7 Ergebnisse der geochemischen Analysen

7.1 Geochemie der Muskovite

Auf die 172 beprobten Pegmatite fallen ca. 400 Muskovitanalyseergebnisse. Ein Muskovit wurde je nach Möglichkeit 2x gemessen. Ein Messwert entfällt auf den Kernbereich und der andere auf den Randbereich. Damit soll versucht werden, Verwitterungseffekte bzw. Fehlmessungen zu erkennen und auszuschließen. Ein Vergleich der beiden Werte zeigt, dass sie voneinander abweichen, aber in den meisten Fällen im Rahmen der Messungenauigkeit von 10% bleiben.

Am REM wurden die Hauptelemente K, Na, Fe, Al, Mg und Si bestimmt, wobei der K-Gehalt für die Differentiationsgradbestimmung in diesem Kapitel wichtig ist. Si wurde zur Matrixkorrektur der LA-ICP-MS Messungen verwendet (vgl. Kapitel 4.5). Die Hauptelemente wurden zur Muskovitidentifikation, Muskovitklassifikation und für die Faktorenanalyse gemessen, abgesehen von K wurden sie zur Bestimmung des Differentiationsgrades nicht weiter berücksichtigt. Lediglich bei den Messungen der Columbite und Zirkone wurden noch Ti, Mn, Fe, Zr, Nb, Hf und Ta bestimmt.

Die mittels LA-ICP-MS gemessenen Elemente Li, Be, Zn, Ga, Rb, Sr, Nb, Sn, Cs, Ba, Ta und Tl werden zur Bestimmung des Differentiationsgrades in diesem Kapitel verwendet. Die Stahlveredler (Ti, V, Cr, Mn, (Fe), Co, Ni, W), Cu, Zr, Hf und Pb korrelieren nicht mit dem Differentiationsgrad, streuen zu stark, oder die Gehalte im Muskovit sind zu gering. Die SEE, Th und U-Gehalte liegen unter der Bestimmungsgrenze und finden ebenfalls keine weitere Beachtung. P musste, aufgrund von Element-Überlagerungseffekten im Massenspektrometer, ausgeklammert werden.

7.1.1 Differentiationsgrad und Elementkorrelationen

Das Arbeitsgebiet wird in Teilbereiche untergliedert, um regionale Variationen erkennen zu können (Unterteilung siehe Anhang C.2.1). Das westlichste Gebiet heißt Fratres und beinhaltet alle Pegmatitproben westlich der Lieserschlucht. Daran schließt sich das Gebiet Lippnik-Edling an, welches von der Lieserschlucht im W bis zum Autobahntunnel im E reicht. Das Gebiet Wolfsberg reicht vom Autobahntunnel im W bis zu einer gedachten Linie zwischen den Probenpunkten MRP-65 und MRP-71 im E. Die Proben im Bereich des Kreuzsteins, Hochgoschs, Lug-ins-Land und Egelsees, werden dem Gebiet Egelsee zugeordnet. Die Pegmatite am Hahnenkofel gehören einer separaten Gruppe an. Aufgrund der geringen Probenanzahl nördlich des Millstätter Sees werden alle Probepunkte dem Gebiet Millstätter Alpe zugeordnet. Südöstlich des Millstätter Sees befinden sich die Gebiete Glanz und Fresach, wobei die Trennung auf Basis einer gedachten Linie durch den Kolm zwischen den Probepunkten MRP-100 und MRP-129 erfolgt. Die Probepunkte bei Uggowitz und östlich von Amberg sind Teil des Gebiets Weißenstein. Die restlichen Punkte liegen am Wollanig. Die Herkunft der Rollstücke gestaltet sich etwas schwierig und sie werden dem jeweiligen Fundgebiet zugeordnet. Ein Vergleich der Diagramme unter Ausschluss der vmtl. glazial transportierten Rollstücke zeigt ein ähnliches Bild, weshalb auf eine separate Darstellung verzichtet wird.

Korrelation der Hauptelemente

Die Elemente Mg, Fe und Si zeigen eine positive Korrelation im (Mg+Fe) vs. Si Diagramm (Abbildung 45). Ein Großteil der Werte liegt in einer Punktwolke bei ca. 2,95 FU Si. Diese Punktwolke stellt die magmatisch gebildeten Muskovite dar. Die Si-Werte liegen 0,05 FU unter dem erwarteten Mindestwert von 3 FU Si für Muskovit. Diese Abweichung kann durch Messfehler bei der REM-EDS Ana-

lyse erklärt werden. Die positiv korrelierenden Muskovite sind ein Indiz für die Phengitisierung im Zuge der alpidischen Metamorphose. Durch die Phengitisierung kommt es zu einer Substitution, bei der Al durch Mg+Fe ersetzt wird und Si zunimmt. Die Werte mit erhöhten Si-Gehalten und niedrigen Mg+Fe-Gehalten können durch Verwitterung erklärt werden, bei der es zu einer Abfuhr von Mg+Fe gekommen ist. Die am höchsten phengitisierten Muskovite stammen vom Wollanig und vom Fuße der Millstätter Alpe.

Der Maximaldruck während der Metamorphose kann durch das Phengitbarometer bestimmt werden. Um das Phengitbarometer anwenden zu können, müssen sich die Muskovite in Gleichgewichtsparagenese mit Kalifeldspat, Phlogopit und Quarz befinden (MASSONNE & SCHREYER 1987). Diese Bedingung ist zumindest im Bereich des Wollanigs erfüllt, da in diesem Gebiet auch Biotit vorkommt. Basierend auf den Si-Werten von MASSONNE & SCHREYER (1987) wird für dieses Gebiet von einem Maximaldruck von ca. 5 kbar ausgegangen. Da in diesem Gebiet nur grobkörnige Muskovite beprobt wurden, ist der bestimmte Maximaldruck geringer als erwartet. Kleinere Muskovite sollten einen höheren Grad der Phengitisierung zeigen und von den Druckbedingungen in die zu erwartende Amphibolitfazies fallen.

Rubidium und das Verhältnis von K/Rb

Von den untersuchten Elementen eignet sich Rb am besten zur Darstellung des Differentiationsgrades. Das Verhältnis von K/Rb gibt Auskunft über den Differentiationsgrad, da mit steigendem Fraktionierungsgrad, Rb gegenüber K angereichert wird (vgl. Kapitel 3.3).

Im K/Rb vs. Rb Diagramm liegen die Daten bei doppelt-logarithmischem Maßstab annähernd auf einer Geraden (Abbildung 46). Einige wenige Werte streuen, die vmtl. von stärker verwitterten Proben stammen, in denen Rb abgereichert wurde. Die Rb-Werte liegen zwischen 2370 und 236 ppm, die K/Rb-Verhältnisse zwischen 34 und 360. Auf Basis der K/Rb-Verhältnisse erfolgt eine Einteilung in niedrig, mittel und hoch-differenzierte Bereiche, wobei die Grenze zwischen niedrig/mittel bei 180 und die von mittel/hoch bei 80 gezogen wurde. Der Abstand wurde so gewählt, dass die jeweiligen Bereich jeweils ca. 1/3 des Diagramms ausmachen, wobei der hoch-differenzierte Bereich aus statistischen Gründen etwas größer gewählt wurde. Die Einteilung nach GASSNER (2001) bei einem K/Rb von 100 kann für die Pegmatite des Millstätter See-Rückens nicht verwendet werden, da in diesem Bereich die meisten Pegmatite liegen.

Das Diagramm zeigt einen regionalen Trend. Die Pegmatite im westlichen Bereich des Millstätter See-Rückens sind generell höher differenziert als jene im E, wobei die Proben des Wollanig über den gesamten Bereich von niedrig- bis hochgradig streuen. Die Pegmatite des Fratres sind mittel- bis hochgradig differenziert, ebenso jene aus dem Bereich Lippnik-Edling und die Spodumenpegmatite (Lippnik-Edling und Egelsee). Die Streuung der Rb-Werte bei den Spodumenpegmatiten kann auf Verwitterungseffekte zurückgeführt werden. Die Proben vom Wolfsberg sind bis auf einige wenige Ausreißer mittelgradig differenziert, ebenso jene vom Hahnenkofel, dem Egelsee und der Millstätter Alpe. Die Pegmatite aus dem Bereich Fresach und Weißenstein sind eher niedriggradig differenziert, mit einigen wenigen Ausnahmen. Die Pegmatite des Glanz streuen über einen weiten Bereich.

In den nachfolgenden Diagrammen wird K/Rb verwendet, da dieses im Gegensatz zu den K/Tl und K/Cs-Verhältnissen weniger streut. Die Messwerte werden in den Diagrammen mit jenen von ČERNÝ & BURT (1984) verglichen. Das Spodumen Typ (MS) Feld gilt für die Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS). Dieser Typ entspricht dem zoned to layered complex typ der Selten-Element-Klasse nach ČERNÝ & BURT (1984), wobei Nb > Ta ist. Auf die Darstellung des K/Rb vs. Fe/Mn-

Diagramms wurde verzichtet, da die Werte nach GASSNER (2001) und SENZENBERGER (2001) sehr stark streuen.

Thallium

Tl korreliert am Besten mit Rb (vgl. Abbildung 47 mit Abbildung 49, 51 und 53). Die Tl-Gehalte liegen zwischen 0,7 und 12 ppm. Die Tl-Gehalte stimmen gut mit jenen von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) überein, die im Bereich zwischen 1 und 12 ppm liegen. Die Werte streuen nicht sehr stark (Abbildung 47) und liegen bei doppelt-logarithmischem Maßstab annähernd auf einer Geraden. Die Rb/Tl-Verhältnisse liegen in einem Bereich zwischen 180 und 350. Diese Werte passen gut zu den Arbeiten von GASSNER (2001) und SENZENBERGER (2001), bei denen die Verhältnisse im Bereich von 180 bis 300 liegen.

Die gemessenen Pegmatite fallen im K/Rb vs. Tl Diagramm (Abbildung 48), verglichen mit den Werten von ČERNÝ (1982), in das Muskovit und Beryll-Columbit Feld. Ein Großteil der Werte, die basierend auf dem K/Rb vs. Rb Diagramm als mittelgradig differenziert beschrieben werden, liegt zwischen dem Muskovit und Beryll-Columbit Typ. Die niedriggradig differenzierten Pegmatite liegen im Muskovit Feld und die hochdifferenzierten im Beryll-Columbit Feld. Die Pegmatite der Sayan Mountains (Beryll-Columbit (SAY)) überschneiden sich mit dem Beryll-Columbit Feld, wobei einige Messwerte in dieses Feld fallen. Das Spodumen-Typ Feld des Millstätter See-Rückens fällt in den Bereich der Beryll-Columbit und Beryll-Columbit (SAY) Felder. Die generell höher differenzierten Pegmatite von AHRER (2014) fallen in das Beryll-Columbit Feld. Die von GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) bearbeiteten Pegmatite entfallen ebenfalls auf das Muskovit und Beryll-Columbit Feld, wobei sich Werte zwischen den beiden Feldern finden.

Die in den Ostalpen bisher untersuchten Pegmatite zeigen alle einen ähnlichen Trend bei Tl und können mit der Unterteilung nach ČERNÝ (1982) nur unzureichend beschrieben werden.

Lithium

Die Li-Werte der Muskovite streuen sehr stark im Rb vs. Li Diagramm (Abbildung 49). Die mittel bis höher differenzierten Pegmatite besitzen Rb-Gehalte von mehr als 600 ppm, die geringer differenzierten liegen darunter. Der Li-Gehalt kann nicht zur Bestimmung des Differentiationsgrades verwendet werden, da es keine positive Korrelation zwischen Rb und Li gibt. Die Li-Gehalte der Muskovite aus den gemeinen Pegmatiten liegen zwischen 4 und 615 ppm, die der Spodumenpegmatite zwischen 6 und 642 ppm. Die Muskovite aus den Spodumenpegmatiten haben hohe Rb und hohe Li-Gehalte und liegen im selben Bereich, wie jene von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016).

Die untersuchten Proben liegen nach der Klassifikation von ČERNÝ & BURT (1984) in den Feldern des Muskovit, Muskovit-taub und Muskovit-angereichert (angereichert an seltenen Elementen) Typs (Abbildung 50). Die Proben, die ins Muskovit-angereichert Feld fallen, sind die Minderheit. Einige Werte fallen ins Feld des Mozambique-Typ. Das Spodumen-Typ (MS) Feld überschneidet sich mit den Feldern des Muskovit-angereichert, Muskovit-taub und Mozambique Typs. Der Großteil der Werte liegt außerhalb der Unterteilung nach ČERNÝ & BURT (1984). Die untersuchten Pegmatite von GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) zeigen den gleichen Trend. Lediglich die Pegmatite von AHRER (2014) fallen zum Großteil ins Mozambique-Typ Feld und einige Werte ins Spodumen-Typ Feld.

Cäsium

Die Cs-Werte in Korrelation zu Rb streuen stärker als die von Tl (Abbildung 51). Die Rb/Cs-Verhältnisse liegen zwischen 5 und 142, mit einem Mittelwert von 46, wobei die Muskovite Cs-Gehalte zwischen 2 und 264 ppm besitzen. In den untersuchten Pegmatiten von SENZENBERGER (2001) treten Cs-Gehalte bis zu 2000 ppm auf.

Die Pegmatite fallen in die Muskovit-taub, Muskovit und Muskovit-angereichert Felder, basierend auf der Klassifikation nach ČERNÝ & BURT (1984). Zu einer Überschneidung kommt es mit dem Mozambique Typ (Abbildung 52). Ein Teil der Werte liegt außerhalb der Felder. Die höher differenzierten Pegmatite befinden sich im Bereich des Muskovit-angereichert und Mozambique Feldes. Der Spodumen-Typ (MS) überschneidet sich mit dem Muskovit, Muskovit-angereichert und Mozambique Typ. Im Fall von Cs kommt es zu Abweichungen im Vergleich zu den Arbeiten von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016). Die Pegmatite von AHRER (2014) sind höher differenziert und fallen vorwiegend ins Mozambique und Muskovit-angereichert Feld, ebenso wie jene von SENZENBERGER (2001). Die niedriger differenzierten Pegmatite verteilen sich auf das Muskovit und Muskovit-taub Feld. Die von SWEDA (2016) untersuchten Pegmatite zeigen einen ähnlichen Trend wie jene vom Millstätter See-Rücken. Die Werte von GASSNER (2001) entfallen auf das Mozambique Feld bzw. liegen über dem Muskovit Feld. Dies führt zu der Annahme, dass die Cs-Gehalte der Pegmatite in den Ostalpen höheren Schwankungen unterworfen sind als die von Rb, Li und Tl.

Beryllium

Be korreliert positiv mit Rb, wobei die Werte stark streuen (Abbildung 53). Die Be-Gehalte liegen zwischen 3 und 123 ppm, der Mittelwert des Rb/Be-Verhältnisses liegt bei 29. Be korreliert leicht positiv mit Li, wobei der Mittelwert bei einem Verhältnis von 0,97 liegt. Die Spodumenpegmatite zeigen hohe Be und Li-Gehalte (Abbildung 54).

Die Messwerte liegen zum Großteil über den Muskovit und Muskovit-angereichert Feldern (Abbildung 55). Die meisten Pegmatite liegen außerhalb, nur einige wenige befinden sich innerhalb der Felder. Die höher differenzierten Pegmatite liegen im Bereich des Muskovit-angereichert Feldes, die eher niedrig differenzierten in der Nähe des Muskovit Feldes. Die Spodumen-Typ (MS) Pegmatite liegen rechts-obenhalb des Muskovit-angereichert Typs. Die von GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) bearbeiteten Pegmatite zeigen den gleichen Trend und liegen auch etwas über den von ČERNÝ & BURT (1984) ausgewiesenen Feldern.

Zinn

Die Muskovite besitzen Sn-Gehalte zwischen 17 und 650 ppm und liegen somit in der selben Größenordnung als jene von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016).

Im K/Rb vs. Sn Diagramm liegen die Werte über den Beryll-Columbit und Muskovit Feldern (Abbildung 56). Einige Werte befinden sich innerhalb des Beryll-Columbit Feldes. Das Beryll-Columbit Feld überschneidet sich mit dem Lepidolith Typ (Mozambique). Die niedriger differenzierten Pegmatite liegen in der Nähe des Muskovit Feldes, die höher differenzierten im Bereich des Beryll-Columbit Feldes. Das Spodumen-Typ (MS) Feld überschneidet sich mit dem Beryll-Columbit und Lepidolith-Typ (Mozambique). Die von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) untersuchten Pegmatite zeigen den gleichen Trend.

Barium

Ba korreliert positiv mit dem K/Rb-Verhältnis, wobei die überwiegende Anzahl der Werte außerhalb der Felder von ČERNÝ (1982) liegen. Die Ba-Gehalte in den Muskovititen bewegen sich zwischen 0,4 und 1660 ppm. Sie liegen im K/Rb vs. Ba Diagramm oberhalb der Beryll-Columbit und Muskovit Felder, wobei eine kleine Anzahl von Werten innerhalb der Felder liegen (Abbildung 57). Die höher differenzierten Pegmatite liegen im Diagramm links, oberhalb des Lepidolith-Feldes, die niedriger differenzierten oberhalb des Muskovit Typs. Die Spodumen-Typ (MS) Pegmatite liegen im Bereich der Felder des Beryll-Columbit und Muskovit Typs. Die Werte von SWEDA (2016) zeigen den selben Trend, die von GASSNER (2001) weichen geringfügig davon ab.

Gallium

Die Ga-Gehalte der Muskovite liegen zwischen 19 und 132 ppm. Im K/Rb vs. Ga Diagramm entfallen die Werte auf die Felder Muskovit und Beryll-Columbit, wobei ein Teil der Werte außerhalb der Felder liegt (Abbildung 58). Das Spodumen-Typ (MS) Feld überschneidet sich mit den Muskovit und Beryll-Columbit Feldern. Im Vergleich zu GASSNER (2001) und SENZENBERGER (2001) ergibt sich ein anderes Bild, da deren Werte in den Bereich des Lepidolith Typs (Mozambique) fallen. Die Ga-Werte in den Ostalpen scheinen größeren Schwankungen unterworfen zu sein, die nicht mit dem Differentiationsgrad zusammenhängen.

Strontium

Die Sr-Gehalte liegen im Bereich zwischen 0,1 und 255 ppm. Die Werte streuen sehr stark (Abbildung 59). Die Spodumenpegmatite befinden sich im rechten-unteren Bereich der Punktwolke. Das K/Rb vs. Sr Diagramm eignet sich nicht so gut zur Differentiationsgradbestimmung bzw. Klassifizierung der Pegmatite.

Zink

Die Muskovite besitzen Zn-Gehalte zwischen 5 und 744 ppm. Im K/Rb vs. Zn Diagramm liegt ein Großteil der Werte zwischen den Muskovit und Lepidolith (Mozambique) Feldern (Abbildung 60). Die Spodumenpegmatite streuen sehr stark, wobei sich das Spodumen-Typ (MS) Feld mit den Muskovit und Lepidolith (Mozambique) Feldern überschneidet. Die von GASSNER (2001) und SENZENBERGER (2001) untersuchten Pegmatite zeigen einen ähnlichen Trend.

Niob und Tantal

Die Nb-Gehalte der Muskovite bewegen sich zwischen 13 und 385 ppm, die des Ta zwischen 1,4 und 180 ppm. Nb und Ta zeigen eine positive Korrelation (Abbildung 61), wobei die Werte stark streuen, der Mittelwert des Nb/Ta-Verhältnisses liegt bei 11. Die Werte liegen in der selben Größenordnung, wie jene von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016).

Das K/Rb vs. Nb Diagramm streut etwas weniger als das K/Rb vs. Ta Diagramm (Abbildung 62 und 63). Der Differentiationsgrad lässt sich in den beiden Diagrammen aufgrund der Streuung nicht wirklich gut bestimmen. Eher hochgradig differenzierte Pegmatite weisen höhere Ta bzw. Nb-Gehalte auf als niedriggradig differenzierte. Die Spodumenpegmatite streuen in beiden Diagrammen über einen weiten Bereich, wobei der Grad der Verwitterung eine Rolle spielen könnte. Die Trends passen zu jenen von AHRER (2014) und SWEDA (2016).

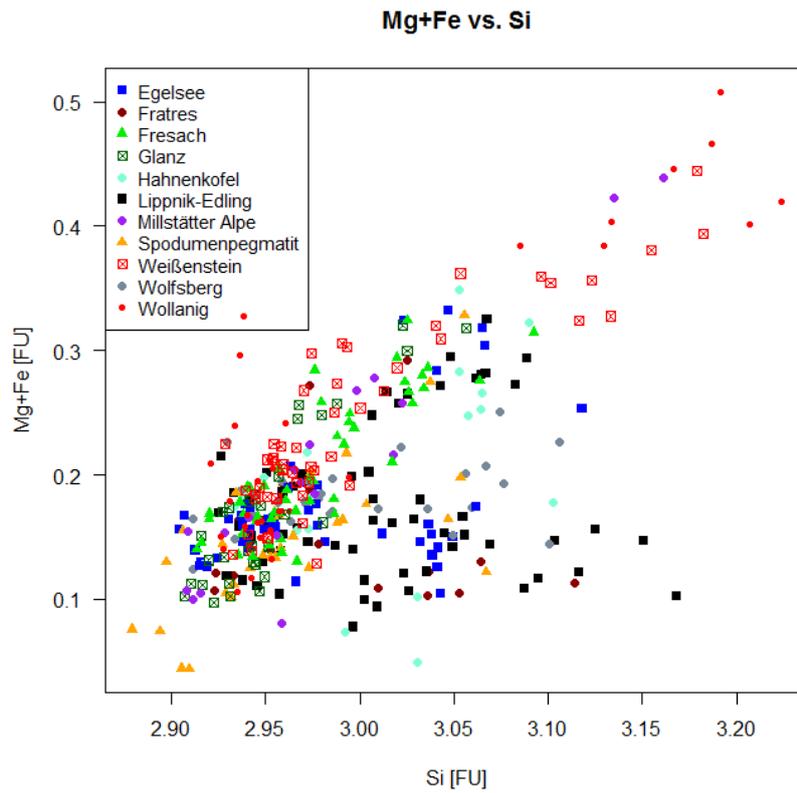


Abbildung 45: Mg+Fe vs. Si, der untersuchten Muskovite; FU: formula unit.

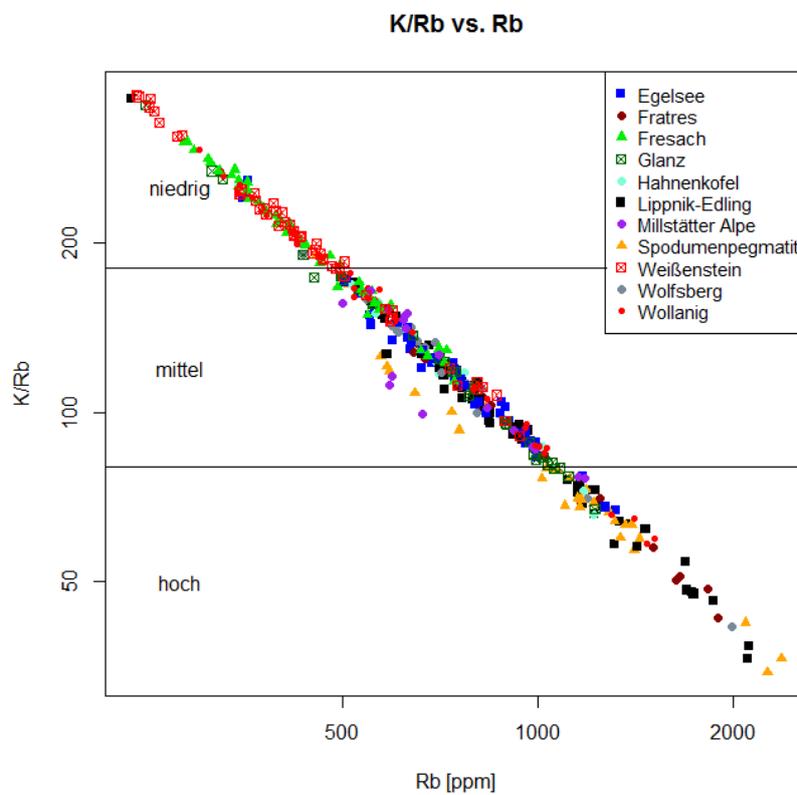


Abbildung 46: K/Rb vs. Rb, der untersuchten Muskovite; inkl. Einteilung in niedrig-, mittel-, und hochgradig differenzierte Bereiche; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

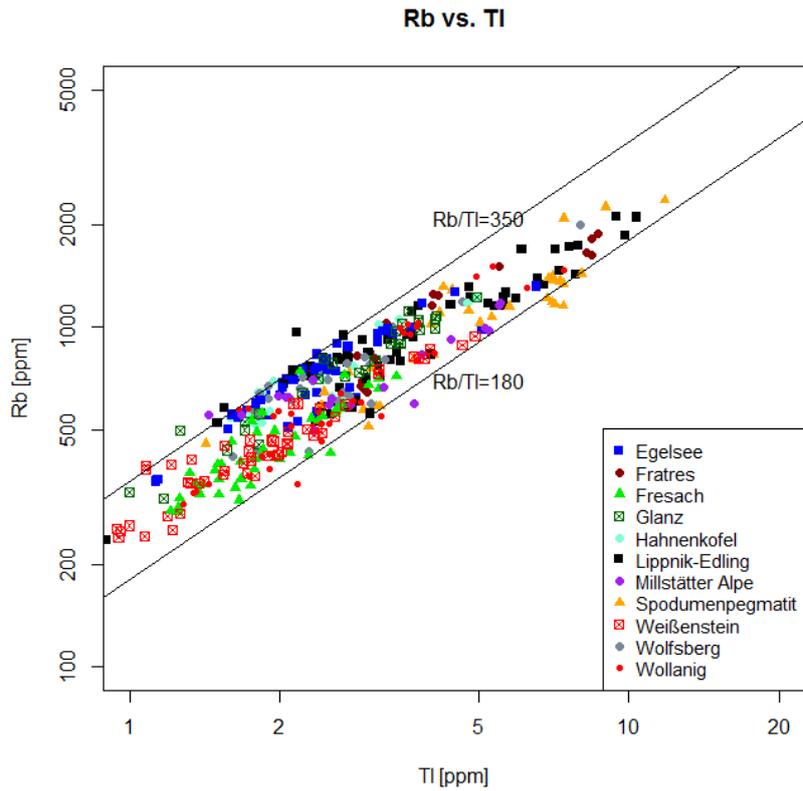


Abbildung 47: Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Tl; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

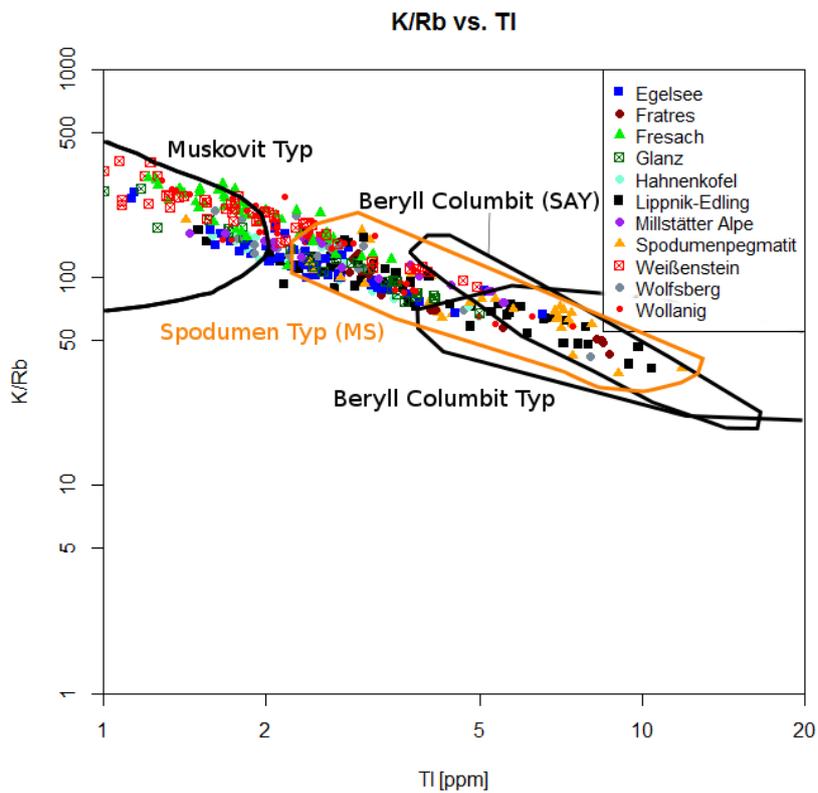


Abbildung 48: K/Rb vs. Tl, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); SAY: Sayan Mountains; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

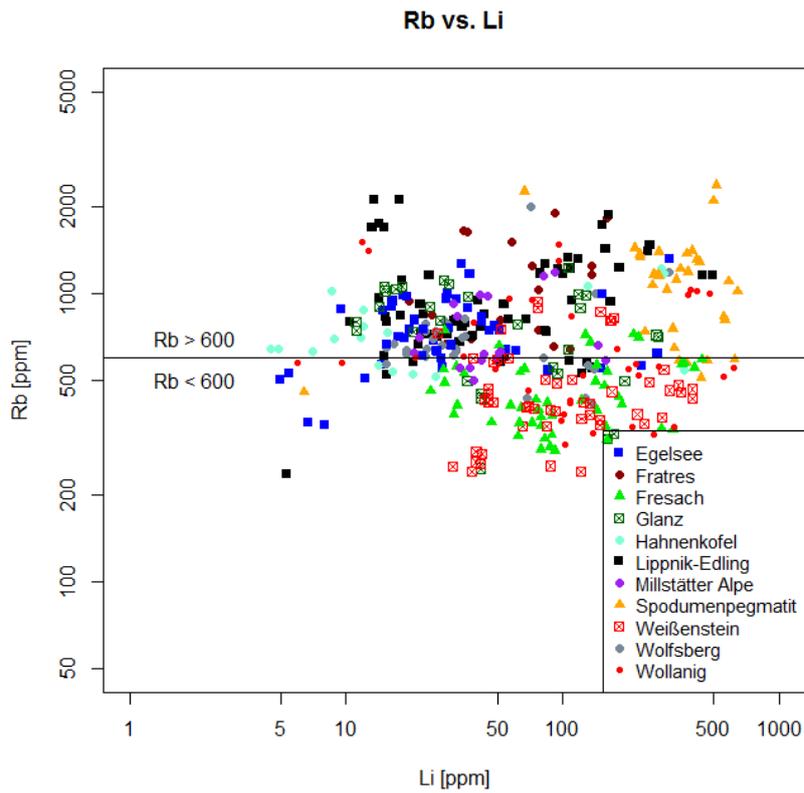


Abbildung 49: Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Li; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

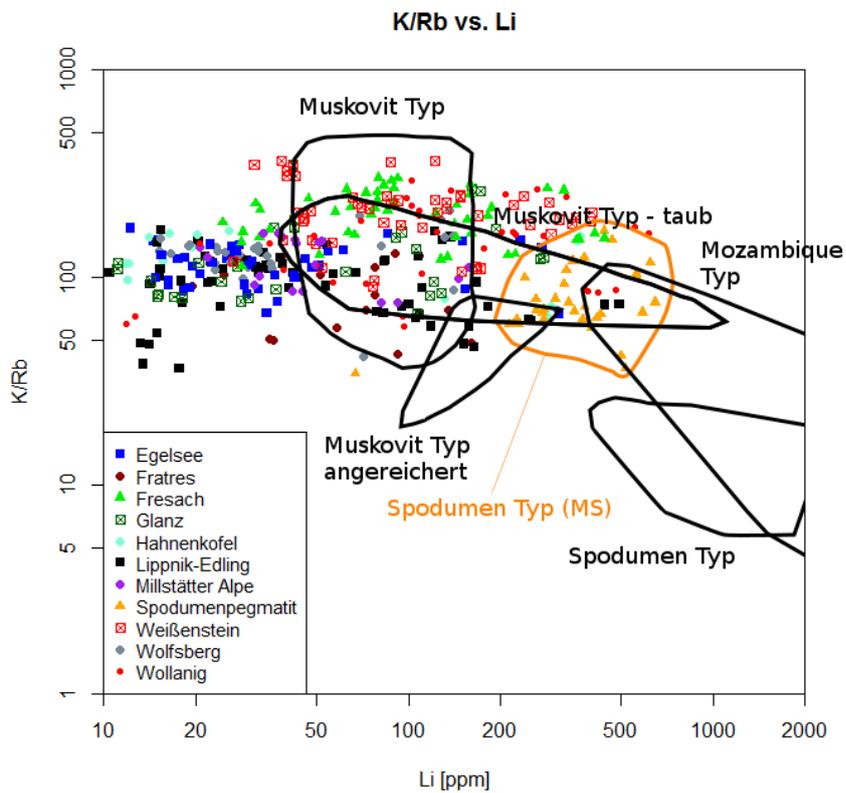


Abbildung 50: K/Rb vs. Li, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

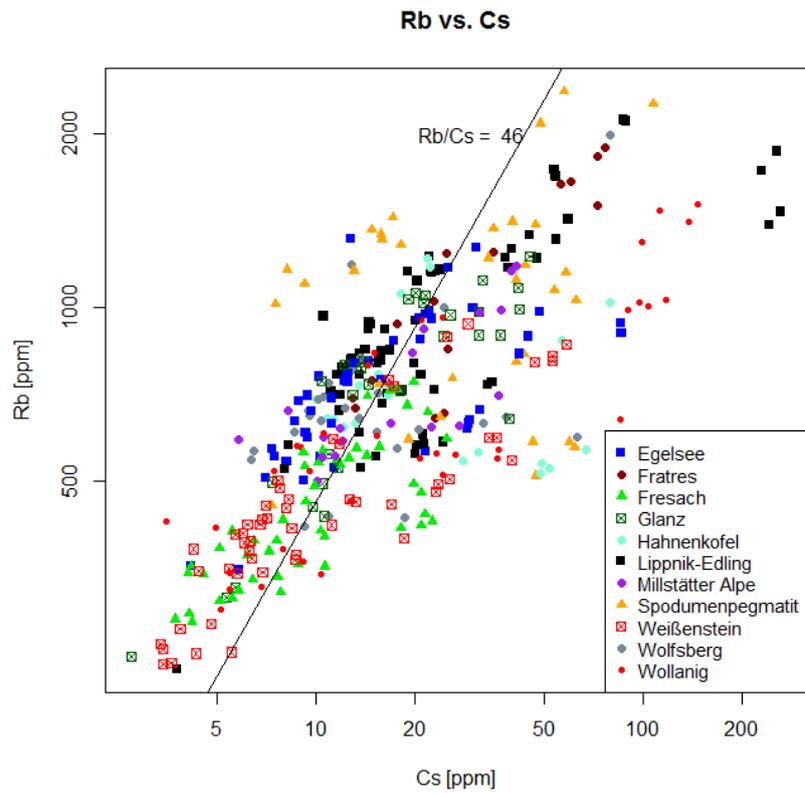


Abbildung 51: Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Cs; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

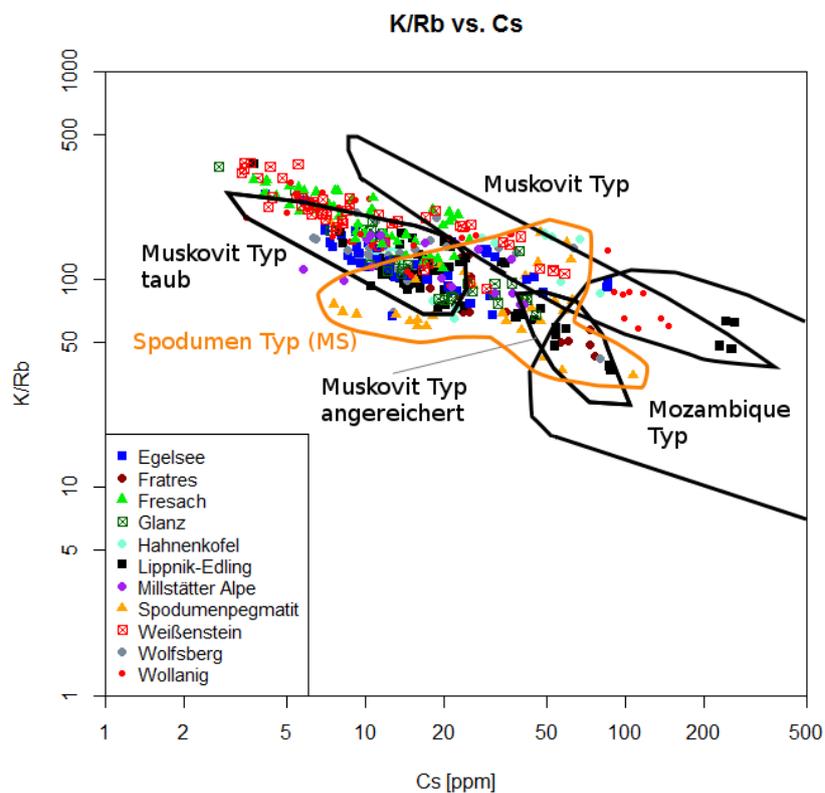


Abbildung 52: K/Rb vs. Cs, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

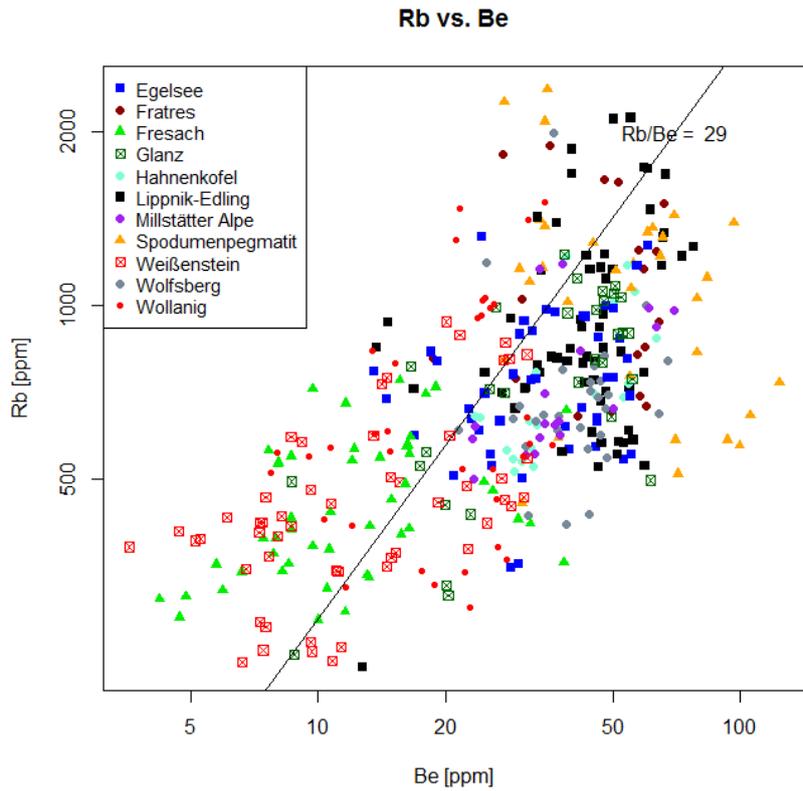


Abbildung 53: Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Be; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

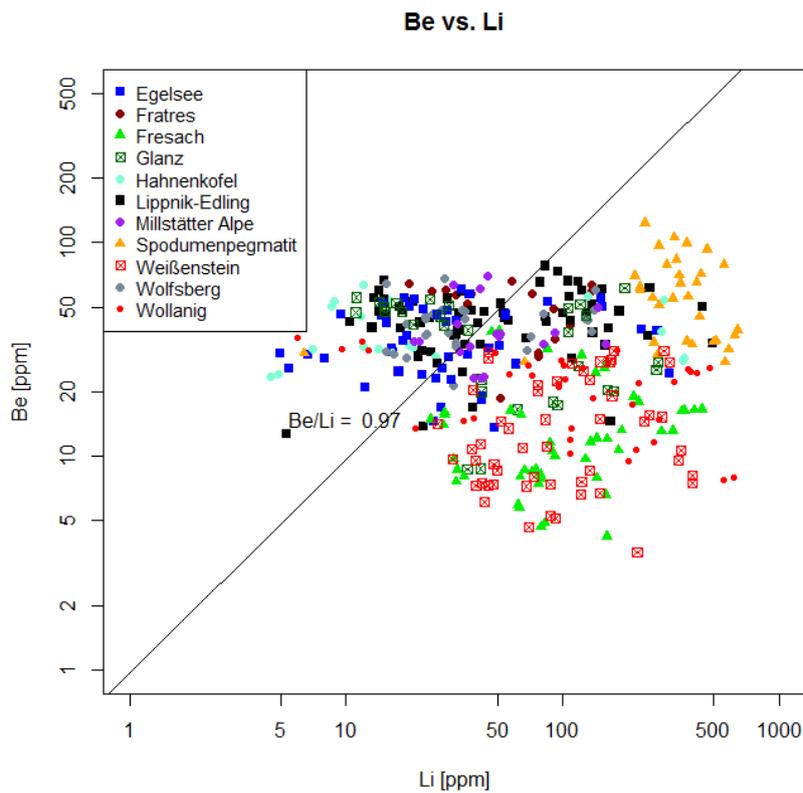


Abbildung 54: Korrelation zwischen den beiden Elementen Be und Li; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

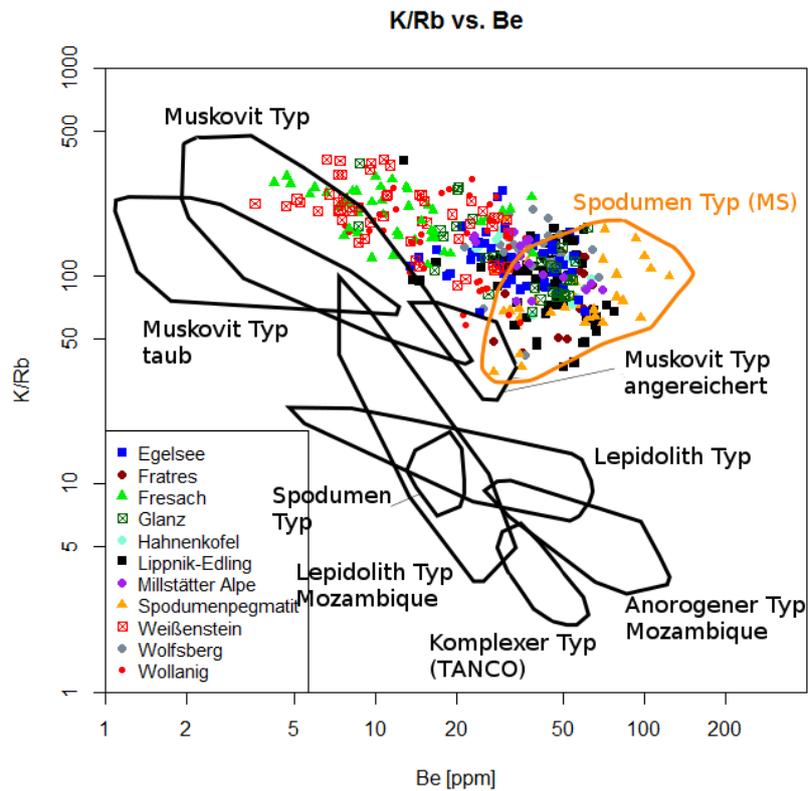


Abbildung 55: K/Rb vs. Be, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

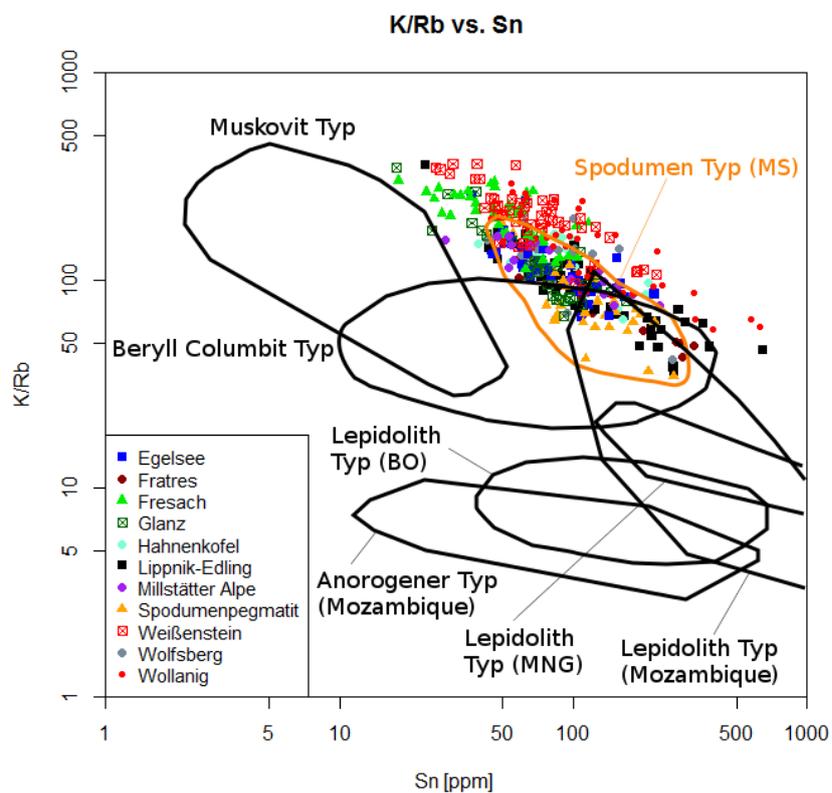


Abbildung 56: K/Rb vs. Sn, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

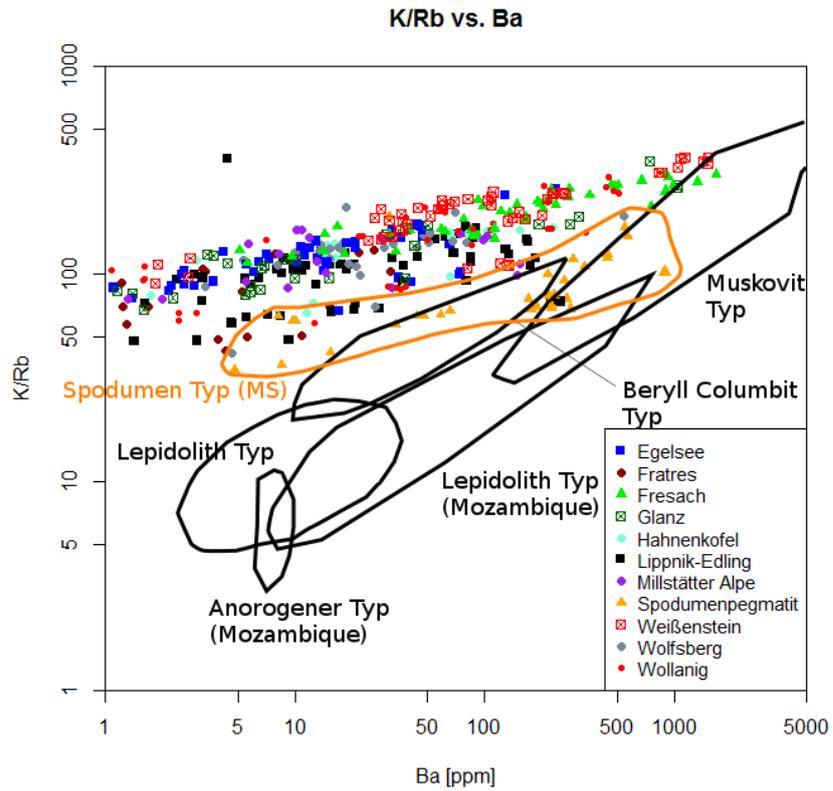


Abbildung 57: K/Rb vs. Ba, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

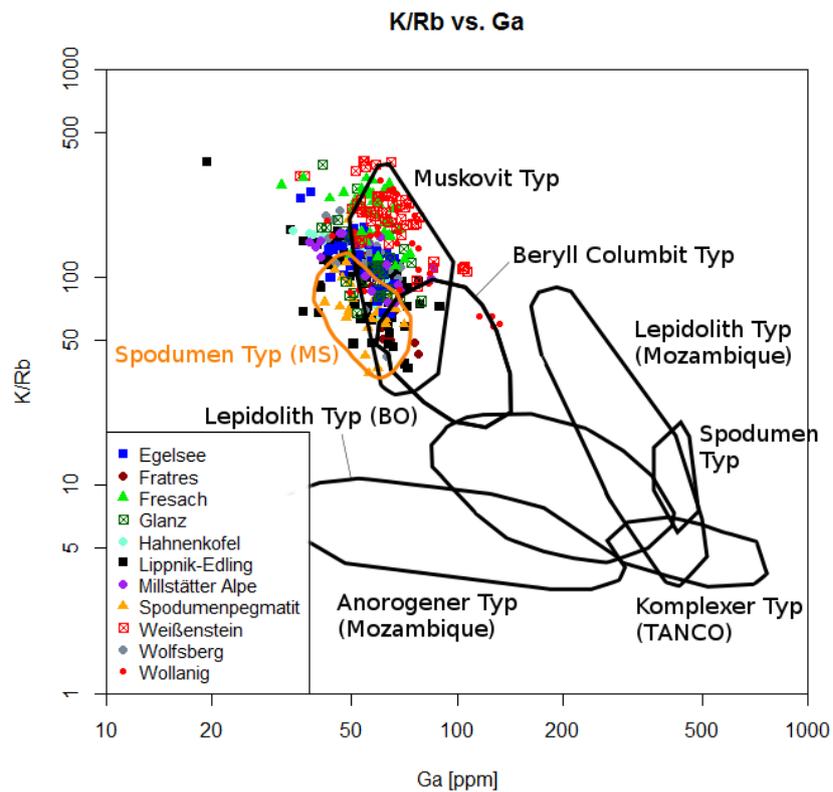


Abbildung 58: K/Rb vs. Ga, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

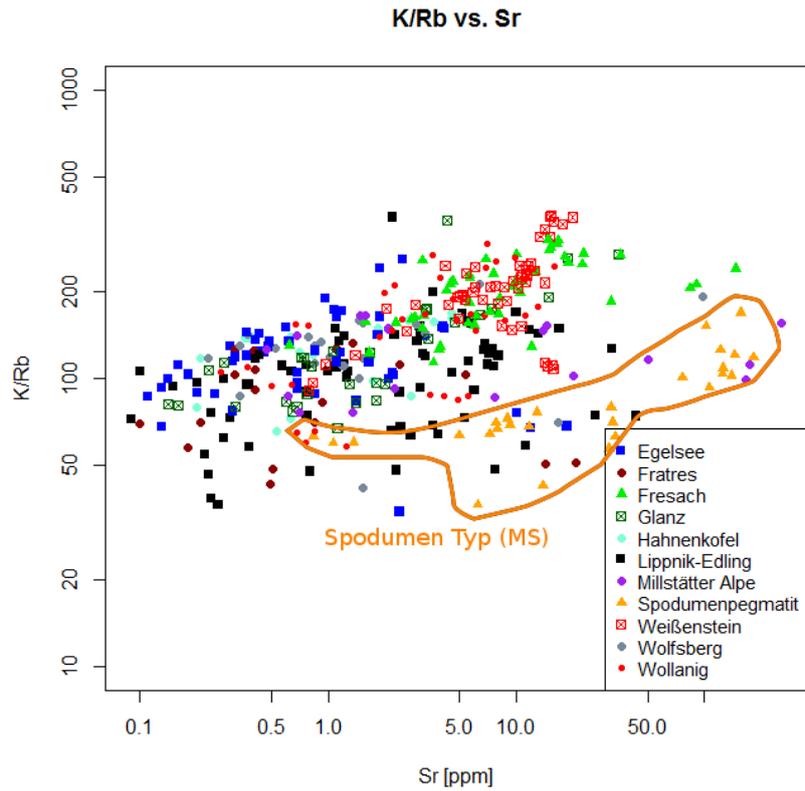


Abbildung 59: K/Rb vs. Sr, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

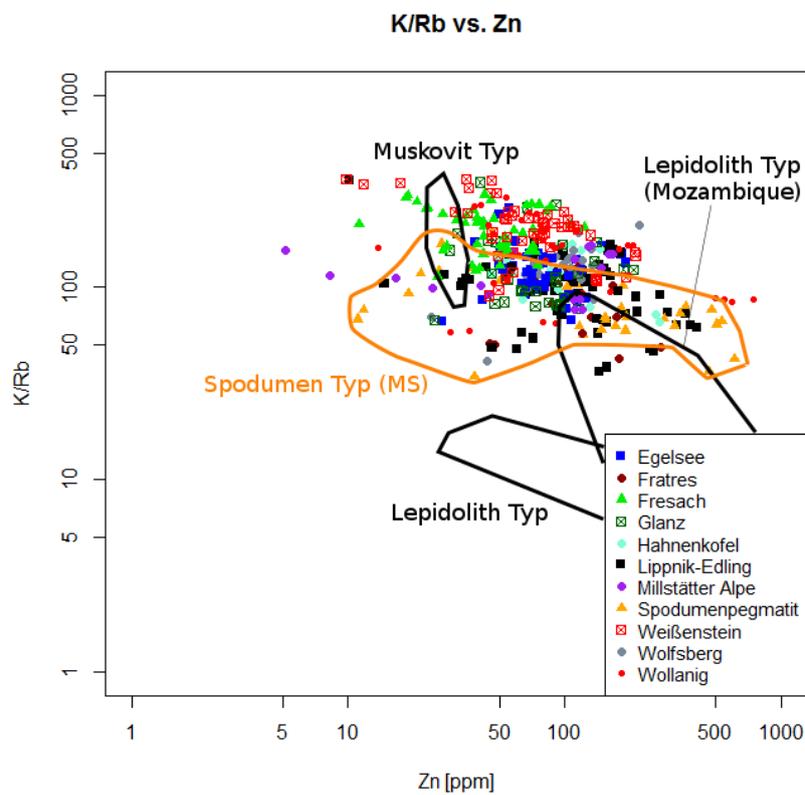


Abbildung 60: K/Rb vs. Zn, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

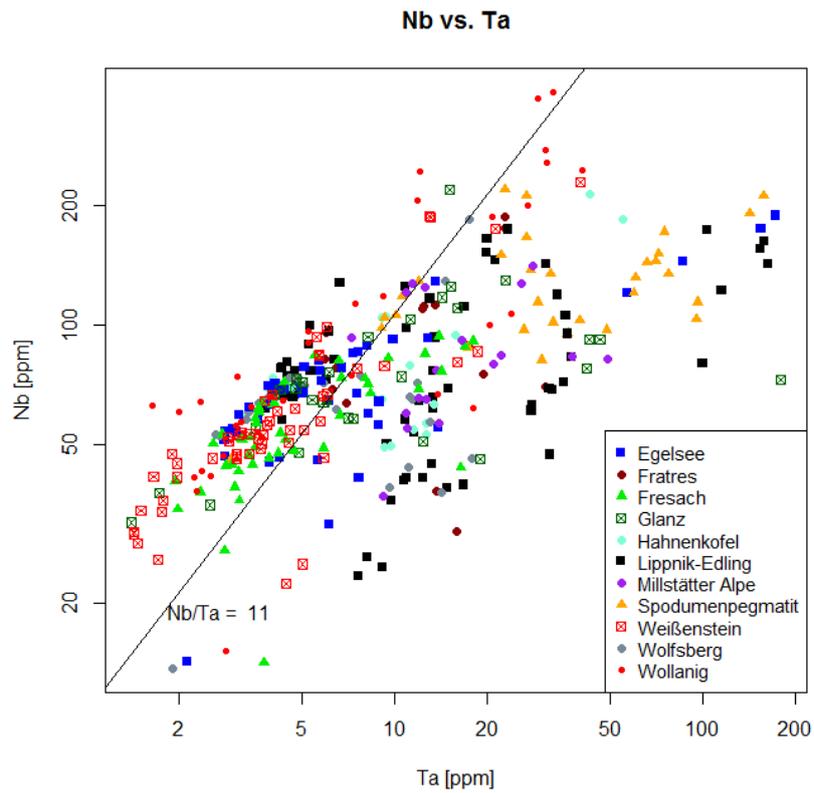


Abbildung 61: Korrelation zwischen den beiden Elementen Nb und Ta; doppelt-logarithmische Skalenteilung.

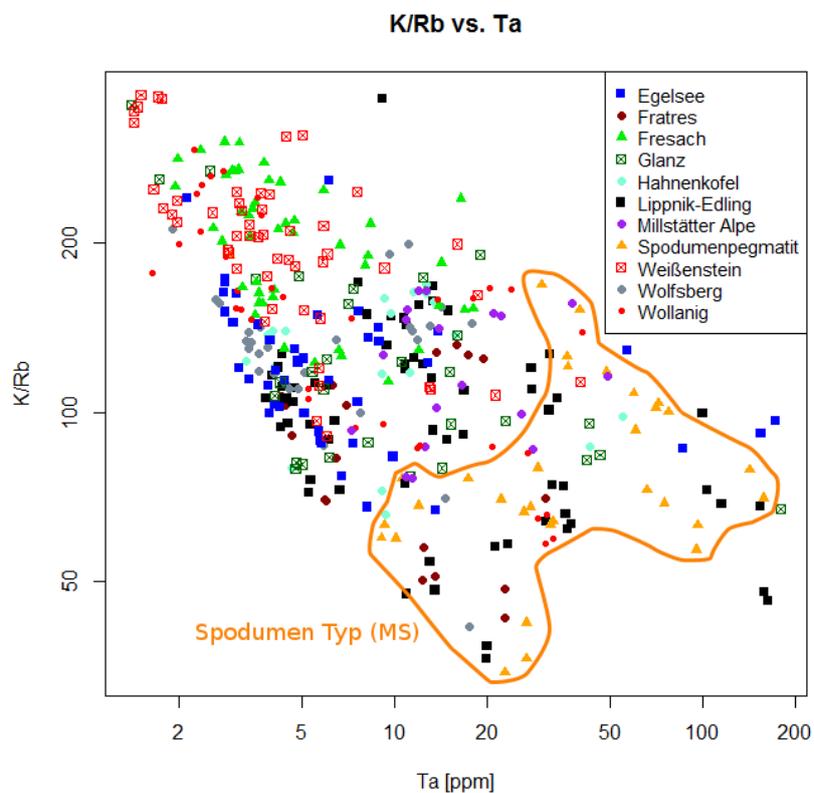


Abbildung 62: K/Rb vs. Ta, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

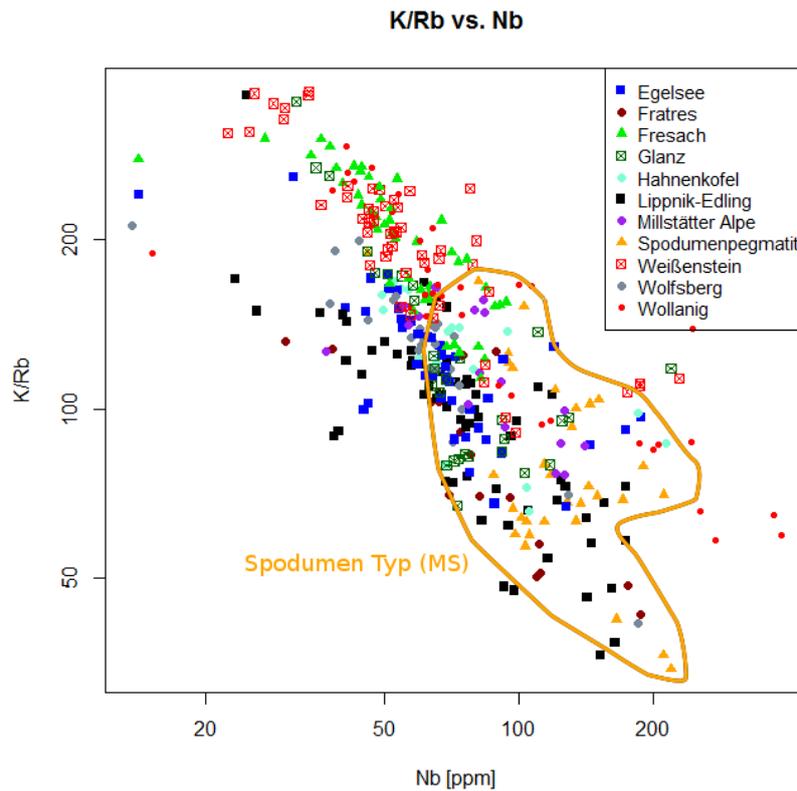


Abbildung 63: K/Rb vs. Nb, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.

7.1.2 Differentiations- und Spurenelementverteilungskarten

Die geographische Verteilung des Differentiationsgrades und jene von ausgewählten Spurenelementgehalten sind in den Karten im Anhang C.2 dargestellt. Die Nummerierung entspricht jener der Probenbezeichnung. Bei den dargestellten Werten handelt es sich um die gemessenen Maximalgehalte der jeweiligen Probenpunkte. Die Beschränkung auf die Maximalgehalte erfolgt aufgrund der besseren Übersichtlichkeit und der Überlegung, dass die niedrigeren Gehalte in einer Probe eher durch Verwitterung als in Folge von Messungenauigkeiten zu Stande kommen. Bei Pegmatiten mit mehreren Zonen wird die mit den höchsten Gehalten herangezogen. Die Klassifizierung erfolgt auf Basis von 5 Klassen, die einen guten Kompromiss zwischen Übersichtlichkeit und Genauigkeit darstellen. Die Klasseneinteilung erfolgt mittels der ArcGIS-Implementierung des Jenks-Caspall Algorithmus, wobei die Klassifizierung der Werte anhand von natürlichen Unstetigkeiten erfolgt. Dabei wird versucht, die Unterschiede innerhalb einer Klasse zu minimieren und die zwischen den Klassen zu maximieren.

Differentiationsgrad

Die Darstellung des Differentiationsgrades erfolgt auf Basis des Rb-Gehalts der Muskovite. Der Rb-Gehalt eignet sich besonders gut zur Bestimmung des Differentiationsgrades (vgl. Kapitel 7.1.1). Da die K-Gehalte keine großen Schwankungen aufweisen kann der Rb-Gehalt anstelle des K/Rb-Verhältnisses verwendet werden. Die am höchsten differenzierten Pegmatite befinden sich südöstlich des Egelsees, nordwestlich von Edling, im westlichen Bereich der Lieserschlucht und im Bereich des Wollanigbergs (vgl. Anhang C.2.2). Die am höchsten differenzierte Probe (MRP-89) stammt von einem Spodumenpegmatitrollblock südöstlich des Egelsees mit einem Rb-Gehalt bis zu 2370 ppm. Der Pegmatit an der

Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang ist ebenfalls sehr hoch differenziert und besitzt Rb-Gehalte bis zu 2000 ppm. Niedrig differenzierte Pegmatite treten gehäuft im Raum Fresach und Weißenstein auf. Generell sind hoch-, mittel- und niedriggradig differenzierte Pegmatite vergesellschaftet, wobei der Differentiationsgrad auch innerhalb eines Pegmatitkörpers Schwankungen unterworfen ist. Der in Kapitel 7.1.1 beschriebene W-E Trend lässt sich aus den Karten ableiten.

Lithium

Die Li-Gehalte der Muskovite sind in den Spodumenpegmatiten deutlich erhöht und können Gehalte von mehr als 600 ppm erreichen. Neben den Spodumenpegmatiten weisen jedoch auch einige Muskovite aus vermeintlich gemeinen Pegmatiten hohe Li-Gehalte auf (Anhang C.2.3). Ein Beispiel dafür ist ein Muskovit im Marmorsteinbruch Gummern, der Li-Gehalte von über 550 ppm besitzt. Die meisten Muskovite im Arbeitsgebiet besitzen vergleichsweise niedrige Gehalte von weniger als 200 ppm Li. Muskovite aus gemeinen Pegmatiten mit verhältnismäßig hohen Li-Gehalten treten ohne eine erkennbare Gesetzmäßigkeit im gesamten Arbeitsgebiet auf.

Niob

Der Nb-Gehalt in den Muskoviten ist in den mittel- bis hochdifferenzierten Pegmatiten erhöht. Die höchsten Nb-Gehalte liegen südöstlich des Egelsees (Spodumenpegmatit), nordwestlich von Glanz, bei Uggowitz und im Bereich des Wollanig (Anhang C.2.4). Die Nb-Gehalte können bis zu 385 ppm im Muskovit erreichen.

Zinn

Sn tritt in mittel- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten in erhöhten Konzentrationen auf. Die Muskovite besitzen Sn-Gehalte bis zu 650 ppm. Die höchsten Konzentrationen finden sich im Bereich östlich des Egelsees, an der Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang, nordwestlich von Glanz, im Pegmatit mit Kontakt zum Marmor bei Uggowitz und im Bereich des Wollanigbergs (Anhang C.2.5).

Cäsium

Die Cs-Gehalte der Muskovite reichen von 2 bis 264 ppm. Die Pegmatite mit den höchsten Cs-Gehalten befinden sich an der Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang (MRP-41, 43). Im Bereich der westlichen Lieserschlucht, beim Egelsee und am Wollanig treten ebenfalls Muskovite mit Cs-Gehalten über 66 ppm auf (Anhang C.2.6). In den restlichen Gebieten sind die Cs-Gehalte relativ gering und liegen meist unter 32 ppm Cs. Erhöhte Cs-Gehalte treten in Muskoviten von mittel- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten auf.

Tantal

Ta tritt in den untersuchten Muskoviten bis zu einem Gehalt von 180 ppm auf. Die Pegmatite mit hohen Ta-Gehalten befinden sich im Bereich von Lippnik, an der Straße Edling in Richtung St. Wolfgang, südlich des Hochgöschs und in einem mehrere m³ großen Rollblock südöstlich des Geißriegels (Anhang C.2.7). Der Großteil der Muskovite besitzt Ta-Gehalte kleiner 24 ppm.

7.1.3 Robuste Faktorenanalyse

Auf Basis der Hauptelemente: Na, Mg, Al, Si, K, Fe und Spurenelemente: Li, Be, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Nb, Sn, Cs, Ba, Ta, Tl wurde eine robuste log-transformierte Faktorenanalyse durchgeführt (Abbildung 64). Es wurden insgesamt 3 Faktoren gefunden die 71% der Varianz der Daten abdecken.

Faktor (F1: Differentiationsfaktor) repräsentiert den Prozess der magmatischen Differentiation und stellt den wichtigsten geochemischen Vorgang dar (40%). Dabei werden die Elemente Be, Zn, Ga, Ge, Rb, Nb, Sn, Cs, Ta und Tl gegenüber den Elementen Sr, Mg und Ba angereichert. Der Faktor (F2) stellt den Lithiumfaktor dar und repräsentiert einen unbekanntem geochemischen Prozess, bei dem es zu einer Anreicherung von Be, Zn, Ge, Rb und Tl gegenüber Mg, Li, Sr und Ba kommt. Der dritte Faktor (F3: Phengitfaktor) ist der Prozess der Phengitisierung im Zug der alpidischen Metamorphose. Durch die Phengitisierung kommt es zu einer Anreicherung von Si, Fe und Mg gegenüber Al.

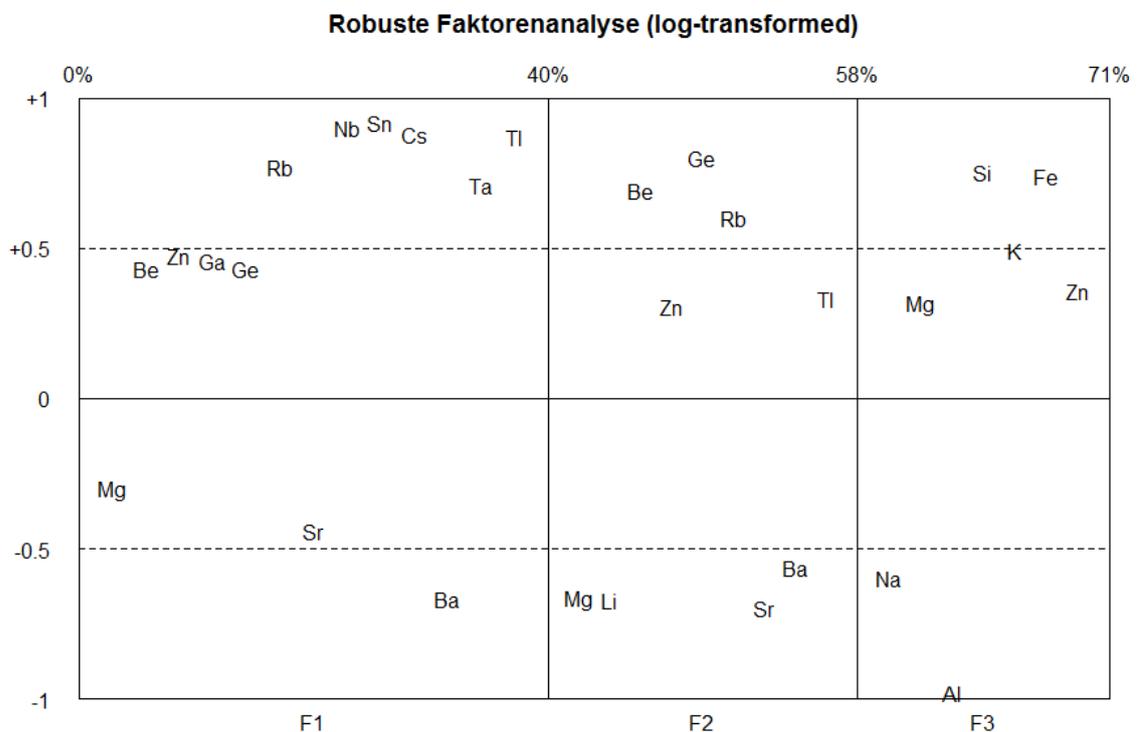


Abbildung 64: Robuste log-transformierte Faktorenanalyse der Elemente: Na, Mg, Al, Si, K, Fe, Li, Be, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Nb, Sn, Cs, Ba, Ta, und Tl.

Die geographischen Verteilungen der drei Faktoren sind in den Karten (Anhang C.2.8, C.2.9 und C.2.10) dargestellt. Der Differentiationsfaktor korreliert gut mit dem Differentiationsgrad basierend auf den Rb-Gehalten (vgl. Anhang C.2.2) und zeigt erhöhte Werte im westlichen Arbeitsgebiet und im Bereich des Wollanig. Der Lithiumfaktor zeigt hohe Werte westlich vom Hahnenkofel, sowie am Fuße der Millstätter Alpe und niedrige Werte im E. Der Lithiumfaktor zeigt, basierend auf der räumlichen Verteilung, eine große Ähnlichkeit mit dem Differentiationsfaktor. Die höchsten Phengitfaktorenwerte finden sich im Bereich des Wollanig und am Fuße der Millstätter Alpe.

7.2 Geochemie ausgewählter Minerale

7.2.1 Biotit

Im Arbeitsgebiet tritt Biotit nur in Ausnahmefällen auf, weshalb nur 1 Biotit extrahiert und gemessen werden konnte. Die Biotite im Steinbruch Gummern sind mit den Muskoviten verwachsen und treten in Form von Tafeln auf. Der Pegmatit bei Probepunkt MRP-139 ist tektonisch stark entfestigt, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass der Biotit bereits alteriert wurde. Diese Annahme wird durch das Erscheinungsbild und die Analysedaten bestätigt (Tabelle 4). Der gemessene Biotit zeigt Anzeichen einer fortgeschrittenen Chloritisierung. K_2O , MgO und SiO_2 wurden im Vergleich zur Standardbiotitchemie deutlich abgereichert. FeO bewegt sich im Rahmen und die H_2O - und Al_2O_3 -Gehalte sind erhöht.

Die Differentiationsgradanzeigerelemente Rb, Cs und Tl sind im Biotit stärker angereichert als im Muskovit (MRP-139 in C.5), da Biotit eine höhere Affinität zum Einbau dieser Elemente in sein Kristallgitter besitzt (vgl. Kapitel 3.3.2). Die gegenläufig korrelierenden Elemente Ba und Sr sind deutlich erniedrigt. Be, Ga, Sn, W und Pb erreichen aufgrund ihrer geochemischen Eigenschaften im Muskovit höhere Gehalte. Zn, Nb und Ta hingegen sind im Biotit deutlich angereichert. Die Li-Gehalte sind im Muskovit und Biotit annähernd gleich.

7.2.2 Spodumen

Der Fe-Gehalt des Spodumens spielt eine entscheidende Rolle für seine Verwendung in der Keramikindustrie. Gehalte von über 0,1-0,2 % Fe führen zu unerwünschten Verfärbungen und schließen eine Verwendung aus. Die Spodumenpegmatite im Arbeitsgebiet sind reich an limonitischen Einschlüssen, weshalb davon ausgegangen wird, dass die Fe-Gehalte im Spodumen ebenfalls zu hoch sind.

Im Zuge der La-ICP-MS Messungen wurde ein Spodumenkristall (MRP-35, Tabelle 4) analysiert, dessen Hauptelemente im Anschluss mittels REM-EDS gemessen wurden. Die REM-EDS Messung ergibt einen errechneten Fe_2O_3 -Gehalt von 0,21 bzw. 0,35 %. Diese Werte passen gut zu den Literaturwerten von LUECKE & UCİK (1986), die in diesem Spodumenpegmatit (Edling) einen Fe_2O_3 -Gehalt von 0,31 % angeben. Die LA-ICP-MS Werte liegen bei einem Fe_2O_3 -Gehalt von 0,4 bzw. 0,74 %. Der Unterschied zwischen den beiden Messungen kann durch Verwitterung bzw. Serizitisierung erklärt werden. Aufgrund der Messwerte kann davon ausgegangen werden, dass dieser Spodumenpegmatit für die Keramikindustrie ungeeignet ist. Die gemessenen Li_2O -Gehalte (5,3-5,5 %) weichen stark, vmtl. aufgrund der unterm Mikroskop erkennbaren Serizitisierung, von den Literaturwerten (6,4-7,1 %, LUECKE & UCİK (1986)) ab.

7.2.3 Zirkon

Zirkon wurde in einigen Schlifften mittels REM-EDS gemessen. Die ZrO_2 -Gehalte liegen zwischen 46,4 und 58,6 %, die des HfO_2 zwischen 5,6 und 8,9 %. Eine genaue Elementbestimmung sollte mittels EMS durchgeführt werden. Zr und Hf sollten positiv korrelieren und das Zr/Hf-Verhältnis mit steigendem Differentiationsgrad sinken (vgl. Kapitel 3.3.4). Aufgrund dieser Überlegung wäre die Probe MRP-91 (Spodumenpegmatitrollblock) höher differenziert als MRP-130 (Abbildung 65 und Tabelle 5). Basierend auf der Muskovitchemie (vgl. Karten im Anhang C.2.2) kann diese Annahme bestätigt werden, da die Spodumenpegmatitprobe (MRP-91: Egelsee) höher differenziert ist als die Probe (MRP-130: Millstätter Alpe) aus der Nähe von Pesenthein.

7.2.4 Columbit

Columbite treten in den Spodumen-führenden Pegmatiten bei den Probenpunkten MRP-85, MRP-91 und MRP-93 auf. Die Messung der Columbite erfolgte quantitativ mittels REM-EDS. Die Einteilung der Columbite erfolgt basierend auf dem Diagramm in Abbildung 66. Die Columbite im Spodumenpegmatit bei Probenpunkt MRP-91 und MRP-93 können als Ferrocolumbite klassifiziert werden. Im Spodumenpegmatit beim Kreuzstein (MRP-85) tritt sowohl Ferrotantalit als auch Ferrocolumbit auf. Basierend auf abnehmenden Nb/Ta bzw. Fe/Mn Verhältnissen (Tabelle 6) ist der Rollblock bei MRP-93 höher differenziert als jener bei MRP-91 (vgl. Kapitel 3.3.4). Die Werte der Columbite beim Kreuzstein streuen sehr stark, sollten aber auf Basis der Minimalwerte bei Nb/Ta und Fe/Mn, annähernd den selben Differentiationsgrad wie jener von MRP-93 aufweisen. Diese Annahme wird durch die Bestimmung des Differentiationsgrades basierend auf den Rb-Gehalten der Muskovite bestätigt (vgl. Kapitel 7.1.1).

Proben	Spodumen: MRP-35		Biotit: MRP-139	
REM-EDS	Rand	Mitte	Rand	Mitte
[%]				
SiO ₂	54,47	55,43	33,78	33,76
TiO ₂	-	-	1,47	1,59
Al ₂ O ₃	24,65	25,99	19,23	18,80
Fe0	0,19	0,32	20,83	20,91
(Fe ₂ O ₃)	0,21	0,35	-	-
MgO	0,14	0,20	5,50	5,00
Na ₂ O	0,29	1,33	0,35	0
K ₂ O	0	0,09	8,82	8,72
LA-ICP-MS				
[ppm]				
Li	24716	25652	308,71	413,15
Be	2,61	0,31	2,77	7,15
Mg	176	36	30116	30323
Ca	695,87	305,03	2053	1842
Ti	-	-	8540	8103
Mn	241,99	112,46	1663	1687
Fe	5225	2821	143341	141321
Co	-	-	11,89	11,94
Zn	22,87	4,01	572,62	584,24
Ga	19,83	23,2	34,94	36,71
Ge	6,16	6,82	3,08	4,84
Rb	2,68	0,28	1663,3	1245,33
Sr	19,02	0,23	8,36	10,16
Nb	-	-	176,27	156,54
Sn	-	-	68,01	71,63
Cs	1,35	0,16	131,69	300,33
Ba	63,93	0,82	19,34	74,09
Ta	-	-	18,38	17,46
W	-	-	1,84	1,90
Tl	-	-	3,14	5,43
Pb	25,28	0,7	2,48	3,84
berechnet				
[%]				
Li ₂ O	5,32	5,52		
Fe ₂ O ₃	0,74	0,40		

Tabelle 4: Messwerte (Gew.%) des Spodumens bei MRP-35 und des Biotit aus dem Steinbruch Gummern bei MRP-139, mit Angabe des Fe₂O₃ und Li₂O Gehalts errechnet aus den LA-ICP-MS Daten.

Probe	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	FeO	ZrO ₂	HfO ₂	Al	Si	K	Fe	Zr	Hf	Zr/Hf
MRP-091	2,15	31,35	0,63	0,21	58,64	8,9	0,08	0,97	0,03	0,01	0,88	0,08	11,20
MRP-130	7,20	31,74	1,5	0,00	46,44	5,56	0,27	1,00	0,06	0,00	0,72	0,05	14,27

Tabelle 5: REM-EDS Messwerte (Gew.%) der Zirkone und Berechnung der molaren Zusammensetzung (normiert auf 4 Sauerstoff).

Probe	TiO ₂	MnO	FeO	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Ti	Mn	Fe	Nb	Ta	Ta/ (Nb+Ta)	Mn/ (Fe+Mn)	Nb/Ta	Fe/Mn
MRP-91	1,32	2,77	12,56	49,61	33,75	0,06	0,15	0,67	1,43	0,59	0,29	0,18	2,44	4,48
	0,81	2,31	13,18	50,39	33,33	0,04	0,12	0,70	1,46	0,58	0,28	0,15	2,51	5,64
	1,2	2,38	12,91	52,79	30,72	0,06	0,13	0,68	1,50	0,53	0,26	0,16	2,86	5,34
MRP-93	0,45	5,71	8,96	34,51	50,37	0,02	0,34	0,52	1,09	0,95	0,47	0,39	1,14	1,55
MRP-85	0	7,47	9,76	70,28	12,49	0,00	0,37	0,48	1,86	0,20	0,1	0,44	9,36	1,29
	0	0,69	17,67	37,44	44,19	0,00	0,04	1,01	1,16	0,82	0,42	0,04	1,41	25,14
	0	0,99	21,41	58,6	19	0,00	0,05	1,10	1,62	0,32	0,16	0,04	5,13	21,32
	4,8	1,08	16,71	52,85	24,56	0,22	0,06	0,85	1,45	0,41	0,22	0,06	3,58	15,22
	0	3,23	11,94	45,68	39,15	0,00	0,18	0,66	1,36	0,70	0,34	0,22	1,94	3,65
	0	4,28	16,58	48,27	30,87	0,00	0,23	0,89	1,41	0,54	0,28	0,21	2,6	3,83
	4,03	0,39	17,87	58,11	19,6	0,18	0,02	0,89	1,57	0,32	0,17	0,02	4,93	44,82
	0	0,74	17,08	58,7	23,48	0,00	0,04	0,88	1,64	0,39	0,19	0,04	4,16	22,82
	0	0,84	13,97	30,56	54,63	0,00	0,05	0,83	0,99	1,06	0,52	0,06	0,93	16,5

Tabelle 6: REM-EDS Messwerte (Gew.%) der Columbite auf 100% normiert, sowie Berechnung der molaren Zusammensetzung (normiert auf 6 Sauerstoff) und der Elementverhältnisse.

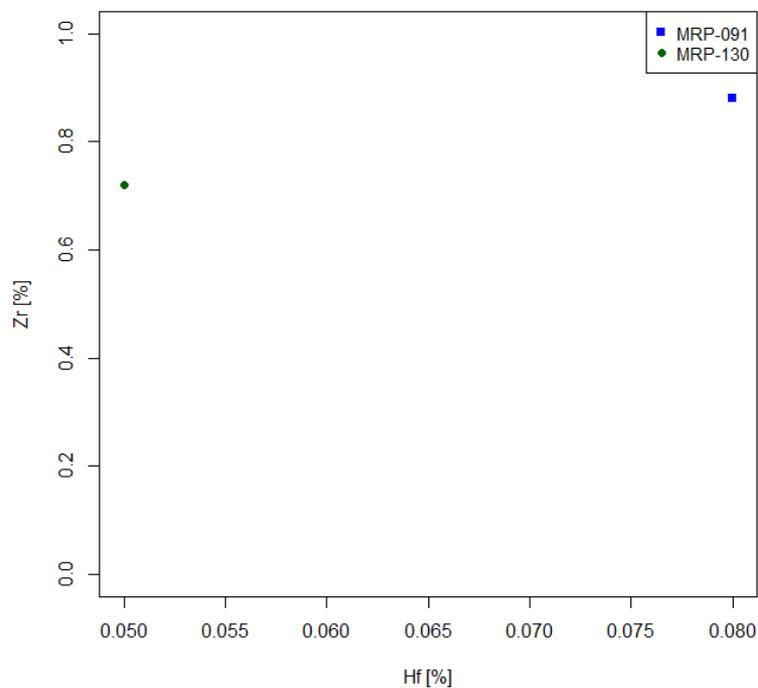


Abbildung 65: Zr vs. Hf, erstellt aus REM-EDS Daten, an den Probenpunkten MRP-91 und MRP-130.

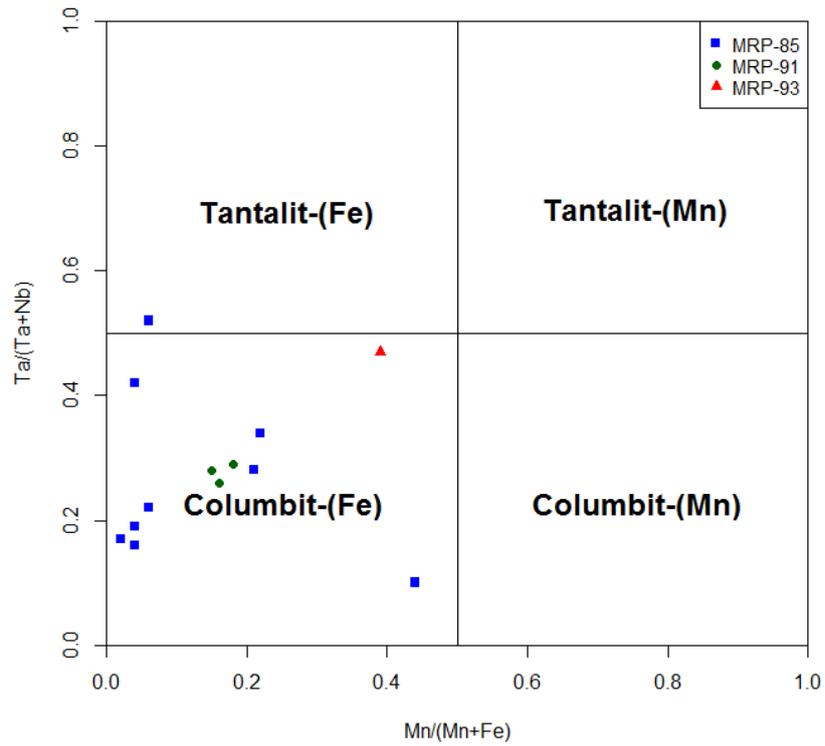


Abbildung 66: Ta/(Ta+Nb) vs. Mn/(Mn+Fe) Diagramm der Columbite aus den Spodumenpegmatiten von den Probenpunkten MRP-85, MPR-91 und MRP-93; REM-EDS Messwerte Tabelle 6; auf die Unterteilung des Tantalit-(Fe) Feldes in Ferrotantalit, Ferrotapiolith und der dazwischenliegenden Mischungslücke wurde verzichtet.

8 Diskussion und Schlussfolgerungen

Am Millstätter See-Rücken treten gemeine Pegmatite und Spodumenpegmatite auf. Die Pegmatite besitzen, basierend auf der von GOTTHARDT (2015) durchgeführten Gesamtgesteinsklassifikation, granitischen, granodioritischen und syenitischen Chemismus, wobei die Pegmatite mit granitischer Zusammensetzung dominieren.

Spodumenpegmatite sind in Edling, beim Kreuzstein und Lug-ins-Land anstehend. Die genaue Erstreckung der Spodumenpegmatite ist unbekannt und müsste mittels Bohrung bzw. Schurf bestimmt werden. Südöstlich des Egelsees können Spodumenpegmatitrollstücke gefunden werden, die vmtl. durch glazialen Transport dorthin verschleppt wurden, sie stammen mit ziemlicher Sicherheit von den zuvor genannten Lokalitäten. Die Spodumenpegmatite zeigen einen wolkig-diffusen Kontakt zum Nebengestein (Paragneis bis Glimmerschiefer), und sind stets zoniert. Die Kontaktzone ist reich an kleinblättrigen Muskoviten, wobei es sich dabei vmtl. um metamorphen gebildeten Muskovit handelt, weiters ist die Kontaktzone durch das Fehlen von Spodumen gekennzeichnet. In der Kernzone tritt Muskovit selten, in Form bis zu 2 cm großen, magmatogen gebildeten Blättchen, auf. Spodumen beschränkt sich auf die Kernzone, wo die Kristalle je nach Zone eine Länge bis zu 15 cm erreichen können. Der Spodumen ist teils stark alteriert und zeigt unterm Mikroskop Anzeichen einer fortgeschrittenen Serizitisierung. In den Spodumenpegmatiten treten Graphit, teils Turmalin und Columbit als Akzessorien auf.

Das gesamte Gebiet des Millstätter See-Rückens ist stark glazial geprägt und es wurde eine Vielzahl von Rollblöcken bzw. Rollstücken beprobt. Ob diese Blöcke aus dem unmittelbaren Gebiet stammen kann nicht immer eindeutig beantwortet werden.

Die Muskovite in den Pegmatiten erreichen unterschiedliche Durchmesser, wobei davon ausgegangen wird, dass die eher feinkörnigen, schieferungsparallel eingeregelteten Muskovite metamorphen Ursprungs sind. Die grobkörnigen, diskordant zur Schieferung ausgebildeten Muskovite werden als magmatogen gebildete Muskovite betrachtet. Eine genaue Unterscheidung war nicht immer möglich und wurde auf Basis des megaskopischen Eindrucks getroffen.

Die magmatische Differentiation stellt den wichtigsten geochemischen Prozess dar. Die Muskovite zeigen weiters eine Phengitisierung, bei der Al durch Mg und Fe substituiert wird. Das Phengitbarometer liefert einen Druck von max. 5 kbar, der für die alpidische Metamorphose (obere Amphibolitfazies) zu niedrig ist. Eine Untersuchung der feinkörnigeren Muskovite sollte einen realistischeren Wert liefern, da diese stärker phengitisiert sind als die untersuchten grobkörnigen Muskovite. Die robuste Faktorenanalyse bestätigt diese beiden Prozesse, wobei noch ein dritter unbekannter geochemischer Prozess gefunden wurde, der dem Prozess der magmatischen Differentiation sehr ähnlich ist. Da Lithium nur in diesem Faktor vorkommt, wird diese als Lithiumfaktor bezeichnet.

Differentiation der Pegmatite

Die Pegmatite des Millstätter See-Rückens sind niedrig- bis hochgradig differenziert. Der Übergang zwischen hoch- zu mittelgradig differenziert liegt bei einem K/Rb-Verhältnis von 80, der von mittel- zu niedriggradig bei einem Verhältnis von 180. Der kontinuierliche Verlauf zwischen niedrig- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten und das unmittelbare Nebeneinander von niedrig- und hochgradig differenzierten Pegmatiten sind ein Indiz dafür, dass die Pegmatite im Zuge eines einzigen Ereignisses entstanden sind. Die Rb-Gehalte eignen sich besonders gut zur Darstellung des Differentiationsgrades (vgl. Kapitel 7.1.1).

Das K/Rb vs. Tl Diagramm zeigt die wenigsten Ausreißer und den selben Trend wie jene ostalpinen Pegmatite (Koralpe, Stubalpe, Radegunder-Kristallin, Anger-Kristallin, Falkenberg und Rappold-Komplex), die von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) analysiert wurden. Die Li-Gehalte der Muskovite streuen sehr stark und geben keinen Rückschluss auf den Differentiationsgrad und das Vorhandensein von Spodumen. Das Rb/Cs-Verhältnis streut stärker als das Rb/Tl-Verhältnis. Die Werte im K/Rb vs. Cs Diagramm liegen zum Großteil in den Feldern (Muskovit Typ, Muskovit Typ taub und angereichert sowie Mozambique Typ) von ČERNÝ & BURT (1984), jedoch sollten in diesen Bereichen keine Spodumenpegmatite auftreten. Die Rb/Be-Verhältnisse streuen ebenfalls sehr stark. Im K/Rb vs. Be Diagramm liegen die Werte außerhalb der Felder von ČERNÝ & BURT (1984). Die Spurenelemente und K/Rb sind im Vergleich zu den Daten von ČERNÝ & BURT (1984) deutlich erhöht (vgl. Kapitel 7.1.1). Den selben Trend zeigen die K/Rb vs. Sn und K/Rb vs. Ba Diagramme. Die Werte der Spodumenpegmatite plotten im K/Rb vs. Ga Diagramm weit außerhalb des Spodumen Typs von ČERNÝ & BURT (1984). Im K/Rb vs. Zn Diagramm liegt ein Großteil der Werte außerhalb der Einteilung nach ČERNÝ & BURT (1984). Für das K/Rb vs. Sr, K/Rb vs. Nb und K/Rb vs. Ta Diagramm gibt es keine entsprechende Klassifizierung nach ČERNÝ & BURT (1984), die Spodumenpegmatite streuen sehr stark in diesen Diagrammen.

Die untersuchten Spurenelemente zeigen alle den gleichen Trend, wie die von AHRER (2014), GASSNER (2001), SENZENBERGER (2001) und SWEDA (2016) untersuchten ostalpinen Pegmatite. Die Klassifizierung der Pegmatite nach ČERNÝ & BURT (1984) kann für die untersuchten Pegmatite nur bedingt verwendet werden, da sich die gemessenen Werte zu stark von denen von ČERNÝ & BURT (1984) unterscheiden und in vielen Fällen außerhalb seiner Einteilung liegen. Die von GOTTHARDT (2015) untersuchten Muskovite aus Pegmatiten des Millstätter See-Rückens zeigen den selben Trend, jedoch schwächer ausgeprägt, da von ihr nur eine kleine Anzahl von Proben untersucht wurde.

Spurenelementverteilung am Millstätter See-Rücken

Erhöhte Li-Gehalte treten neben den Spodumenpegmatiten auch in gemeinen Pegmatiten auf. In den gemeinen Pegmatiten sind die Konzentrationen in den meisten Fällen jedoch um ein Vielfaches niedriger. Die Li-Gehalte streuen über das gesamte Arbeitsgebiet und lassen keine Gesetzmäßigkeit erkennen.

Die Nb-Gehalte sind in mittel- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten deutlich erhöht. Pegmatite mit erhöhten Nb-Gehalten treten in den Spodumenpegmatiten beim Egelsee, im Bereich von Glanz, bei Uggowitz und am Wollanig auf. Columbite, in Form von Ferrocolumbit und Ferrotantalit, konnten in den Spodumenpegmatiten nachgewiesen werden.

Pegmatite mit erhöhten Sn-Gehalten weisen einen mittleren bis hohen Differentiationsgrad auf. Die höchsten Konzentrationen finden sich in den Spodumenpegmatiten des Egelsees, in den Pegmatiten am Kontakt zum Kalksilikatgestein in der westlichen Lieserschlucht und in einem Pegmatit südlich der Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang (MRP-41 bis MRP-44). In der Literatur werden Zinnsteine beschrieben (vgl. Kapitel 2.1.2), die im Spodumenpegmatit am Kreuzstein nachgewiesen werden konnten.

Die höchsten Cs-Gehalte finden sich in den mittel- bis hochgradig differenzierten Pegmatiten im Bereich des Egelsees und südlich Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang. In den untersuchten Pegmatiten konnte kein Pollucit gefunden werden.

Die höchsten Ta-Gehalte finden sich im Bereich des ehemaligen Bergbaus in Lippnik, südlich des Hochgoschs und südlich der Straße von Edling in Richtung St. Wolfgang.

Herkunft der Spodumenpegmatite

Die gemeinen Pegmatite zeigen einen wolkig-diffusen Kontakt zum Nebengestein und sind konkordant in diese eingelagert. Im Bereich von Laas sind sie von dünnlagigen Glimmerschieferschlieren durchsetzt und zeigen einen wolkig-diffusen Übergang. Vereinzelt treten im Bereich des Wollanig auch Gesteine auf, die nicht eindeutig als Pegmatit bzw. (Para-) Gneis identifiziert werden können. Aus diesem Grund wird angenommen, dass es sich bei den gemeinen Pegmatiten um anatektische Bildungen aus dem Nebengestein handelt, wie von GÖD (1989) beschrieben.

Die Spodumenpegmatite sind konkordant ins Nebengestein eingelagert und zeigen einen wolkig-diffusen Übergang. Diese Konkordanz zum Nebengestein könnte eine Folge der amphibolitfaziellen Metamorphose im Zuge der eo-alpidischen Ereignisse sein. Ob es sich bei den Spodumenpegmatiten um anatektische Bildungen aus dem Nebengestein handelt, kann mittels Geländebefund nicht beantwortet werden. Ein Indiz dafür wäre, dass die Differentiationsgrade der Muskovite generell niedriger sind als jene von ČERNÝ & BURT (1984) und dass die Spodumenpegmatite immer in größeren Pegmatitarealen, bestehend aus gemeinen Pegmatiten, auftreten. Die von ČERNÝ & BURT (1984) untersuchten Pegmatite sind aus granitischen Schmelzen entstanden und weisen viel höhere Differentiationsgrade (niedrigeres K/Rb-Verhältnis) auf, als die Spodumenpegmatite bzw. Pegmatite des Millstätter See-Rückens (vgl. Kapitel 7.1.1). Die Spurenelementgehalte der gemessenen Pegmatite sind im Vergleich zu jenen von ČERNÝ & BURT (1984) bei gleichem K/Rb-Verhältnis erhöht. Dieser geochemische Trend könnte ein Indiz dafür sein, dass im Zuge der anatektischen Aufschmelzung die Spurenelemente stärker mobilisiert wurden und sich dadurch angereichert haben. Die Differentiationsgrade der Feldspäte sprechen nach GOTTHARDT (2015) ebenfalls für einen anatektischen Ursprung.

Das Nebeneinander von niedrig- und hochgradig differenzierten Pegmatiten spricht gegen eine Bildung aus Graniten. Die Pegmatite sollten bei einer granitischen Quelle viel homogener verteilt und einen viel deutlicher ausgeprägten geographischen Trend der Differentiationsgrade und Spurenelementverteilungen zeigen. Dass lediglich die Spodumenpegmatite granitischen Ursprungs sind erscheint unwahrscheinlich, da sie immer im Verband mit gemeinen Pegmatiten auftreten.

Abschätzung des Lagerstättenpotentials der Pegmatite

Die Muskovite in den Pegmatiten erreichen teils hohe Spurenelementkonzentrationen, die auf mögliche Vererzungen hindeuten. Erzminerale selbst treten in den Pegmatiten nur sehr selten und unregelmäßig verteilt auf. Columbite treten in den Spodumenpegmatiten auf, sind jedoch auch nur akzessorisch vorhanden. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass alle im Kapitel 6.2 beschriebenen Minerale zu selten auftreten, um von wirtschaftlicher Bedeutung zu sein.

Die Spodumenpegmatite müssten näher untersucht werden, um ihr Lagerstättenpotential abschätzen zu können. Die 3 Fundstellen streichen NW-SE, entlang einer gedachten Linie, weshalb es sich möglicherweise um einen einzigen Spodumenpegmatitgang handelt. Sollte sich dieser Verdacht bestätigen, so könnte man von einer „Spodumenpegmatitlagerstätte Millstätter See-Rücken“ sprechen. Der Spodumen würde eine ähnliche Anwendung wie jener von der Koralpe finden, da die Fe-Gehalte für die Keramikindustrie zu hoch sind (vgl. Kapitel 7.2.2). Ein möglicher Abbau erscheint, aufgrund der Geländemorphologie, der naheliegenden Autobahn und der Tatsache, dass das gesamte Gebiet als Naherholungsgebiet der Spittaler Stadtbevölkerung dient und unter Naturschutz steht, unrealistisch.

Die Feldspäte besitzen ein Lagerstättenpotential und wurden in der Vergangenheit abgebaut. Große Pegmatitstöcke befinden sich zwischen der Lieserschlucht und dem Hahnenkofel, sowie in Laas und nördlich von Weißenstein am Ochsenberg. Die Pegmatite besitzen zu hohe Albitgehalte, weshalb

nur einfache Feldspatarten produziert werden könnten. Im Bereich des Ochsenbergs sind die Pegmatite makroskopisch betrachtet Kalifeldspat-reicher, da in ihnen Kalifeldspäte mit bis zu 5 cm Durchmesser auftreten. Aufgrund dessen, dass der Feldspatpreis zu niedrig ist und es keine lokalen Abnehmer gibt, kann ein zukünftiger Abbau weitestgehend ausgeschlossen werden. Ähnlich verhält es sich mit Quarz und Muskovit.

A Literaturverzeichnis

- AHRER, S. (2014): *Geowissenschaftliche und aufbereitungstechnische Untersuchungen an ausgewählten Pegmatiten und deren Nb-Ta-Vererzungen in den Ostalpen, Steiermark, Österreich*, Montanuniv. Leoben, unpub. Masterarbeit, 105p.
- ANDERLE, N. (1977a): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 - 200 Arnoldstein*, Geol. B.-A., Wien.
- ANDERLE, N. (1977b): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 - 201-210 Villach-Assling*, Geol. B.-A., Wien.
- ANGEL, F. & MEIXNER, H. (1953a): *Die Minerallagerstätte im Eklogit-Bruch der Lieserschlucht bei Spittal an der Drau*, Carinthia II, 143./63., Klagenfurt, pp. 169–170.
- ANGEL, F. & MEIXNER, H. (1953b): *Die Pegmatite bei Spittal an der Drau*, Carinthia II, 143./63., Klagenfurt, pp. 165–168.
- BAKER, D. (1998): *The escape of pegmatite dikes from granitic plutons: constraints from new models of viscosity and dike propagation*, The Can. Mineral., 36, pp. 255–263.
- BALL, T., BASHAM, I., BALND, D. & SMITH, T. (1982): *Aspects of the geochemistry of bismuth in south-west England*, Proc. Ussher Soc., 5, pp. 376–382.
- BASEMAP (2017): *Verwaltungsgrundkarte von Österreich*, <http://www.basemap.at>, Abfrage: Jänner 2017.
- BOSELLINI, A. (1991): *Geology of the Dolomites, an introduction*, Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitisation, Val Gardena, Ortisei, pp. 1–43.
- BREWER, M. (1969): *Excess radiometric Argon in metamorphic micas from the Eastern Alps, Austria*, Earth and Planetary Science Letters, 6, pp. 321–331.
- BUDDINGTON, A. (1959): *Granite emplacement with special reference to North America*, Geol. Soc. Am., Bull., 70, pp. 671–747.
- CAMERON, E., JAHNS, R., MCNAIR, A. & PAGE, L. (1949): *Internal Structure of Granitic Pegmatites*, Economic Geology Monograph Series, 2, Society of Economic Geologists, 115p.
- ČERNÝ, P. (1982): *Anatomy and classification of granitic pegmatites*, In: Černý, P. (Editor), Short Course in Granitic Pegmatites in Science and Industry, Min. Assoc. of Canada, 8, pp. 1–40.
- ČERNÝ, P. (1991): *Rare-element granitic pegmatites. Part 1: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. Part 2: Regional to global environments and petrogenesis*, Geosci. Canada, 18, pp. 49–81.
- ČERNÝ, P. (1998): *Magmatic vs. Metamorphic derivation of Rare-Element Granitic pegmatites*, Krystallinikum, 24, pp. 7–36.
- ČERNÝ, P. & BURT, D. (1984): *Paragenesis, crystallochemical characteristics, and geochemical evolution of micas in granite pegmatites*, In: Bailey, S. (Editor): Micas., Reviews in Mineral., 13, pp. 257–292.
- ČERNÝ, P., CHAPMAN, R., CHACKOWSKY, L. & ERCIT, T. (1989): *A Ferrotantalite-Ferrotapiolite Intergrowth from Spittal a.d. Drau, Carinthia, Austria*, Mineral. Petrol., 41, pp. 53–63.

- ČERNÝ, P. & ERCIT, T. (2005): *Classification of granitic pegmatites revisited*, Can. Mineral., 43, pp. 2005–2026.
- ČERNÝ, P., MEINTZER, R. & ANDERSON, A. (1985): *Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: selected examples of data and mechanisms*, Can. Mineral., 23, pp. 381–421.
- DILL, H. (2015): *Pegmatites and aplites: Their genetic and applied ore geology*, Ore Geology Reviews, 69, pp. 417–561.
- DILL, H. (2016): *The CMS classification scheme (Chemical composition - Mineral assemblage - Structural geology) - linking geology to mineralogy of pegmatitic and aplitic rocks*, N. Jb. Minera. Abh. (J. Min. Geochem.), 193/3 (2016), Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 231–263.
- ERTL, A., MALI, H., SCHUSTER, R., KÖRNER, W., HUGHES, J., BRANDSTÄTTER, F. & TILLMANN, E. (2010): *Li-bearing, disordered Mg-rich tourmalines from the pegmatite-marble contact from the Austroalpine basement units (Styria, Austria)*, Min. Petrol., 99/1-2, pp. 89–104.
- FERENCZI, A. & GÖTZINGER, M. (2000): *Zur Mineralogie des Magnetitvorkommens Wollanig bei Villach, Kärnten*, Mitt. Österr. Min. Ges., 148, Wien, pp. 136–137.
- FRANK, W. (1987): *Evolution of the Austroalpine Elements in the Cretaceous*, In: Flügel, H.W. & Faupl, P. (Hrsg.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, Deuticke, Wien, pp. 379–406.
- FRIMMEL, H. (1987): *Strukturgeologische, Geochemische und Geochronologische Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte des NW-Randes der Gurktaler Decke*, Unveröff. Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien, pp. 1–199.
- FRISCH, W. (1979): *The plate tectonics of the Alps*, Tectonophysics, 60, pp. 121–134.
- FRISCH, W., DUNKL, I. & KUHLEMANN, J. (2000): *Post-collisional orogen-parallel large-scale extension in the Eastern Alps*, Tectonophysics, 327, Elsevier Verlag, pp. 239–265.
- GASSNER, M. (2001): *Geochemische und petrologische Untersuchungen an ausgewählten steirischen Pegmatiten (Koralpe, Stubalpe, Kristallin von St. Radegund, Anger Kristallin)*, Montanuniv. Leoben, unpub. Dipl.-Arbeit, 176p.
- GÖD, R. (1989): *The spodumene deposit at Weinebene, Koralpe, Austria*, Min. Deposita, 24, Berlin, pp. 270–278.
- GINSBURG, A., TIMOFEYEV, L. & FELDMAN, L. (1979): *Principles of geology of the granitic pegmatites*, Nedra, Moscow, 296p.
- GOTTHARDT, C. (2015): *Pegmatitgenese des Rappold- Komplex um St. Radegund, des Millstatt-Komplex und des Prijakt- Polinik- Komplex*, TU Graz, unpub. Masterarbeit, 155p.
- HABLER, G. & THÖNI, W. (2001): *Preservation of Permo-Triassic low-pressure assemblages in the Cretaceous high-pressure metamorphic Saualpe crystalline basement (Eastern Alps, Austria)*, Journal of Metamorphic Geology, 19, pp. 679–697.
- HAWKESWORTH, C. (1976): *Rb/Sr Geochronology in the Eastern Alps*, Contrib. Mineral. Petrol., 54, pp. 225–244.

- HERITSCH, F. (1927): *Kristallin der Lieserschlucht bei Spittal a.d. Drau*, Verh. Geol. B.-A., Wien, pp. 143–146.
- HERITSCH, F. (1933): *Mineralien aus der Lieserschlucht bei Spittal a. d. Drau*, Zs. Krist., 86, Wien, pp. 253–269.
- HOINKES, H., KOLLER, F., DEMÉNY, A., SCHUSTER, R., MILLER, C., THÖNI, M., KURZ, W., KRENN, K. & WALTER, W. (2010): *Metamorphism in the Eastern Alps*, Acta Mineralogica-Petrographica, Field Guide Series, 1, pp. 1–47.
- HOINKES, G., KOLLER, F., HÖCK, V., NEUBAUER, F., RANTITSCH, G. & SCHUSTER, R. (1999): *Alpine metamorphism of the Eastern Alps*, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 79, pp. 155–181.
- HOKE, L. (1990): *The Altkristallin of the Kreuzeck Mountains, SE-Tauern Window, Eastern Alps – Basement Crust in a convergent plate Boundary Zone*, Jb. Geol. B.-A., 133, Wien, pp. 5–87.
- KOROKNAI, B., NEUBAUER, F., GENSER, J. & TOPA, D. (1999): *Metamorphic and tectonic evolution of Austroalpine units at the western margin of the Gurktal nappe complex, Eastern Alps*, Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt., 79, pp. 277–295.
- KOZUR, H. (1992): *The evolution of the Meliata-Hallstatt ocean and its significance for the early evolution of the Eastern Alps and Western Carpathians*, Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol., 87, pp. 109–135.
- KRENN, K., KURZ, W., FRITZ, H. & HOINKES, G. (2011): *Eoalpine tectonics of the Eastern Alps: implications from the evolution of monometamorphic Austroalpine units (Schneeberg and Radenthein Complex, Swiss J. Geosci., 104, pp. 471–491.*
- KRISHNA-RAO, N. & SREENIVAS, T. (1994): *Beryllium—Geochemistry, Mineralogy and Beneficiation*, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 13/1, pp. 19–42.
- KÖSTLER, H. (1993): *Der ehemalige Glimmerbergbau in St. Leonhard an der Saualpe (Kärnten) von seiner Aufschließung im Jahre 1941 bis zur Stillegung 1962*, Carinthia I, 183./103., Klagenfurt, pp. 449–494.
- KURZ, W. & FRITZ, H. (2003): *Tectonometamorphic evolution of the Austroalpine Nappe Complex in the central Eastern Alps—consequences for the Eo-Alpine evolution of the Eastern Alps*, International Geology Review, 45, pp. 1100–1127.
- LANDES, K. (1933): *Origin and classification of pegmatites*, American Mineralogist - Journal of the Min. Soc. of America, 18/2, pp. 33–56.
- LEHMANN, B. (1990): *Metallogeny of Tin*, Springer Verlag, Berlin, 146p.
- LINNER, M., RICHTER, W. & THÖNI, M. (1998): *Frühalpidische Metamorphose- und Abkühlgeschichte der Eklogite im ostalpinen Kristallin südlich vom Tauernfenster (Schobergruppe)*, Mitt. Österr. Miner. Ges., 143, Wien, pp. 334–335.
- LONDON, D. (2008): *Pegmatites*, Can. Mineral., Special Publications, 10, 347p.
- LUECKE, W. & UCIK, F. (1986): *Die Zusammensetzung der Pegmatite von Edling und Wolfsberg bei Spittal/Drau (Kärnten) im Rahmen der Pegmatitvorkommen des Millstätter See-Rückens*, Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 7, Wien, pp. 173–187.

- MALI, H. (2004): *Die Spodumenpegmatite von Bretstein und Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark, Österreich)*, Joannea – Mineralogie, 2, Graz, pp. 5–53.
- MÁRQUEZ-ZAVALÍA, M., GALLISKI, M., ČERNÝ, P. & CHAPMAN, R. (2012): *An assemblage of bismuth-rich, tellurium-bearing minerals in the el quemado granitic pegmatite, nevados de palermo, salta, argentina*, Can. Mineral., 50, pp. 1489–1498.
- MARTIN, R. & DEVITO, C. (2005): *The patterns of enrichment in felsic pegmatites ultimately depend on tectonic setting*, Can. Mineral., 43, pp. 2027–2048.
- MASSONNE, H. & SCHREYER, W. (1987): *Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz*, Contrib. Mineral. Petrol., 96, pp. 212–224.
- MEIXNER, H. (1934): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen. 58. Zinkblende (F.), Bleiglanz (St.) von der Lieserschluft bei Spittal a.d. Drau*, Carinthia II, 123./43., 124./44. Nr. 58, Klagenfurt, pp. 17–18.
- MEIXNER, H. (1937): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen IX. 92. Titanit von der Lieserschluft bei Spittal a. d. Drau.*, Mitt. Nat. Ver. St., 74, Graz, pp. 53–54.
- MEIXNER, H. (1951): *Zur erzmikroskopischen Unterscheidung der Tantalit-Tapiolit-Phasen, unter besonderer Berücksichtigung eines neuen Vorkommens im Pegmatit von Spittal an der Drau, Kärnten. Bemerkungen zur Mineralisation des 'Villacher Granits'*, N. Jb. Mineral. Mh., pp. 204–218.
- MEIXNER, H. (1956): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XV. 154. Neue Mineralfunde aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Kärnten*, Carinthia II, 146./66., Klagenfurt, pp. 21–24.
- MEIXNER, H. (1961): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XVII. 186. Zirkon vom Wolfsberg bei Spittal/Drau, K.*, Carinthia II, 151./71., Klagenfurt, pp. 73–74.
- MEIXNER, H. (1967): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXII. 243. Apatit von Edling bei Spittal/Drau, Kärnten*, Carinthia II, 157./77., Klagenfurt, pp. 95–96.
- MEIXNER, H. (1968): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXIII. 258. Vorläufige Mitteilung über Brasilianit vom Wolfsberg bei Spittal an der Drau*, Carinthia II, 158./78., Klagenfurt, pp. 105.
- MEIXNER, H. (1974): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXIV. 268. Analcim- und Anatas-xx vom Wolfsbergtunnel bei Spittal an der Drau, Kärnten. 269. Ein Vivianitpegmatit von Dellach am Millstätter See, Kärnten*, Carinthia II, 163./83., Klagenfurt, pp. 102–104.
- MEIXNER, H. (1975): *Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXV. 322. Bleiglanz aus dem Pegmatit-Steinbruch in der Lieserschluft bei Spittal/Drau, K. 323. Niobit (Columbit) aus dem Pegmatitbruch am Wolfsberg bei Spittal/Drau*, Carinthia II, 165./85., Klagenfurt, pp. 15–17.
- MELCHER, F., GRAUPNER, T., GÄBLER, H.-E., SITNIKOVA, M., OBERTHÜR, T., GERDES, A., BADANINA, E. & CHUDY, T. (2016): *Mineralogical and chemical evolution of tantalum–(niobium–tin) mineralisation in pegmatites and granites. Part 2: Worldwide examples (excluding Africa) and an overview of global metallogenic patterns*, Ore Geology Reviews xxx (2016) xxx–xxx, 42p.

- NEUBAUER, F., GENSER, J. & HANDLER, R. (2002): *The Eastern Alps: Result of a two-stage collision process*, Mitt. Österr. Geol. Ges., 92, pp. 117–134.
- NIEDERMAYR, G. (1982): *Mineralfunde aus Österreich, 1980-1982*, Mitt. Österr. Miner. Ges., 128, pp. 51–60.
- NIEDERMAYR, G., AUER, C., BERGER, A., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., FINK, R., HOLLERER, C. E., KOLITSCH, U., MÖRTL, J., POSTL, W., PRASNIK, H., SCHABEREITER, H., SCHILLHAMMER, H., STEINWENDER, C., STROBL, M., TAUCHER, J. & WALTER, F. (2014): *Neue Mineralfunde aus Österreich LXIII. 1844. Anglesit, Chalkopyrit und Uraninit vom Lagerhof, Millstätter See-Rücken, Kärnten. 1845. Über Matioliit und Burangait vom Millstätter See-Rücken, Kärnten. 1846. Ergänzungen zum Skapolith aus dem Gebiet Mirnock - Rindernock sowie Nachweise von Fluorapatit, Periklin, Titanit und anderen Mineralien aus diesem Bereich des Millstatt-Komplexes südlich von Radenthein, Kärnten*, Carinthia II, 204./124., Klagenfurt, pp. 79–81.
- NIEDERMAYR, G., AUER, C., BERNHARD, F., BLASS, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., HAMMER, V., HIRCHE, T., HUBER, P. A., KNOBLOCH, G., KÖLLER, R., KOLITSCH, U., LÖFFLER, E., NEUHOLD, F., POEVERLEIN, R., POSTL, W., PRASNIK, H., PRISTACZ-JUN., H., SCHACHINGER, T., STRASSER, M. & WALTER, F. (2010): *Neue Mineralfunde aus Österreich LIX. 1621. Palygorskit aus dem Krasgraben bei Puch-Gummern. 1626. Arsenopyrit, Graphit und ein rosa gefärbter Muskovit vom Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Millstätter Seerücken*, Carinthia II, 200./120., Klagenfurt, pp. 208–209; 214–215.
- NIEDERMAYR, G., AUER, C., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., ERTL, A., ETTINGER, K., HAMMER, V., LEIKAUF, B., POSTL, W., SABOR, M., SCHUSTER, R., SEEMANN, R. & WALTER, F. (2005): *Neue Mineralfunde aus Österreich LIV. 1401. Kyanit-Paramorphosen nach Andalusit vom Oswaldiberg-Südostabhang bei Villach. 1402. Perhamit und Rockbridgeit, zwei neue Phosphate vom Lagerhof am Millstätter See. 1403. Brasilianit und Augelith vom Hochgosch, Millstätter See-Rücken*, Carinthia II, 195./115., Klagenfurt, pp. 283–287.
- NIEDERMAYR, G., AUER, C., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., HABEL, M., HOLLERER, C. E., KNOBLOCH, G., KOLITSCH, U., KUTIL, B., LÖFFLER, E., MÖRTL, J., POEVERLEIN, R., POSTL, W., PRASNIK, H., PRAYER, A., PRISTACZ-JUN., H., SCHACHINGER, T., STEINWENDER, C., TAUCHER, J., THINSCHMIDT, A. & WALTER, F. (2012): *Neue Mineralfunde aus Österreich LXI. 1732. Arsenopyrit, Columbit-(Fe), Graphit, Ludlamit und gediegen Wismut vom Pegmatit beim Lagerhof, Millstätter Seerücken*, Carinthia II, 202./122., Klagenfurt, pp. 136–137.
- NIEDERMAYR, G., BAUER, C., BERNHARD, F., BLASS, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., GRÖBNER, J., HAMMER, V., KOCH, G., KOLITSCH, U., LEIKAUF, B., LORANTH, C., POEVERLEIN, R., POSTL, W., PRASNIK, H., SCHACHINGER, T., TOMAZIC, P. & WALTER, F. (2008): *Neue Mineralfunde aus Österreich LVII. 1518. Adular, Albit, Chlorit, Ferroaxinit, Prehnit und Quarz vom Oswaldiberg bei Villach. 1521. Ankerit, Bournonit, Cobaltit und Erythrin aus einem Pegmatit vom Steinbruch Laas bei Fresach im Drautal, Kärnten*, Carinthia II, 198./118., Klagenfurt, pp. 225–226; 229.
- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BLASS, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., ETTINGER, K., GRAF, H. W., HAMMER, V., LEIKAUF, B., MEDITZ, H., MOSER, B., POSTL, W., TAUCHER, J. & TOMAZIC, P. (2001): *Neue Mineralfunde aus Österreich L. 1249. Scorzalith von der Brasilianit-Fundstelle am Hahnenkofel, Millstätter See-Rücken. 1250. Burangait vom Hochgosch, Millstätter See-Rücken. 1251. Bavenit und Beryll sowie Neufunde von Axinit, Vesuvian und anderer Mineralien aus dem Steinbruch in der Lieserschlucht*, Carinthia II, 191./111., Klagenfurt, pp. 148–151.

- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BLASS, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., GRAF, H. W., LEIKAUF, B., MOSER, B. & POSTL, W. (2000): *Neue Mineralfunde aus Österreich XLIX*. 1206. Goyazit aus dem Aushub der Oströhre des Wolfsbergtunnels bei Spittal a. d. Drau. 1207. Kulanit, ein weiteres seltenes Phosphat vom Pegmatitbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau. 1208. Goyazit, Gorceixit, Florencit-(Ce) sowie Hämatit, Goethit, Lepidokrokit und Pyrolusit vom Pegmatitsteinbruch Lippnik bei Spittal a.d. Drau. 1209. Autunit von einem Straßenaufschluss S Döbriach am Millstätter See. 1210. Burangait und Sphalerit vom Lagerhof am Millstätter See, Carinthia II, 190./110., Klagenfurt, pp. 191–197.
- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., ERTL, A., ETTINGER, K., HAMMER, V., HAUZENBERGER, C., KICKMAYER, B., LEIKAUF, B., MOSER, B., POSTL, W., SABOR, M. & WALTER, F. (2004): *Neue Mineralfunde aus Österreich LIII*. 1358. Molybdänit aus dem Kratal. 1359. Cyrilovit vom Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau, Carinthia II, 194./114., Klagenfurt, pp. 227–228.
- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., ETTINGER, K., MOSER, B., PAAR, W., POSTL, W. & TAUCHER, J. (1997): *Neue Mineralfunde aus Österreich XLVI*. 1052. Augelith, Fluorapatit und Montebrasit sowie Kaolinit vom Hahnenkofel bei Spittal a.d. Drau, Carinthia II, 187./107., Klagenfurt, pp. 176.
- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., FINK, H., GRÖBNER, J., HAMMER, V., KNOBLOCH, G., KOLITSCH, U., LEIKAUF, B., POSTL, W., SABOR, M. & WALTER, F. (2006): *Neue Mineralfunde aus Österreich LV*. 1438. Vesuvian von Annenheim am Ossiacher See und vom Wollanigberg NW Villach. 1439. Jamesonit vom Wollanig bei Villach, Carinthia II, 196./116., Klagenfurt, pp. 128–130.
- NIEDERMAYR, G., BERNHARD, F., BRANDSTÄTTER, F., ĆORIĆ, S., GRÖBNER, J., GRODIG, D., HAMMER, V., KNOBLOCH, G., KOLITSCH, U., LÖFFLER, E., LUFT, W., POEVERLEIN, R., POSTL, W., PRASNIK, H., PRISTACZ, H., ROETZEL, R., VAVRA, N. & WALTER, F. (2009): *Neue Mineralfunde aus Österreich LVIII*. 1573. Spodumen und Holmquistit in einem Pegmatit von Lug-ins-Land, Millstätter Seerücken, Kärnten, Carinthia II, 199./119., Klagenfurt, pp. 195–196.
- NIEDERMAYR, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., HAMMER, V., MOSER, B., POSTL, W. & TAUCHER, J. (1995): *Neue Mineralfunde aus Österreich XLIV*. 970. Montebrasit aus dem Pegmatit beim Lagerhof am Millstätter See, Kärnten, Carinthia II, 185./105., Klagenfurt, pp. 150–151.
- NIEDERMAYR, G., BOJAR, H.-P., BRANDSTÄTTER, F., HAMMER, V., MOSER, B., POSTL, W. & TAUCHER, J. (1996): *Neue Mineralfunde aus Österreich XLV*. 1012. Skapolith (Marialith) vom Rindernock. 1013. Brazilianit, Childrenit, Gormanit, Quarz, Wardit und Whiteit-(CaMnMg) von einem Pegmatit beim Lagerhof am Millstätter See, Kärnten, Carinthia II, 186./106., Klagenfurt, pp. 124–127.
- NIEDERMAYR, G., BRANDSTÄTTER, F., KIRCHNER, E., MOSER, B. & POSTL, W. (1989): *Neue Mineralfunde aus Österreich XXXVIII*. 740. Whiteit und Triphylin vom Lagerhof am Millstätter See, Kärnten, Carinthia II, 179./99., Klagenfurt, pp. 238–239.
- NIEDERMAYR, G., BRANDSTÄTTER, F., MOSER, B. & POSTL, W. (1987): *Neue Mineralfunde aus Österreich XXXVI*. 654. Orthit, Synchronit und Uraninit sowie weitere Mineralien aus dem Steinbruch Laas bei Fresach. 655. Verschiedene Mineralien aus dem Steinbruch Modre im Kratal bei Treffen, Carinthia II, 177./97., Klagenfurt, pp. 288–292.
- NIEDERMAYR, G., POSTL, W. & WALTER, F. (1983): *Neue Mineralfunde aus Österreich XXXII*. 529. Montebrasit-xx aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau. 530. Childrenit vom

- Hahnenkofel NW Rothenthurn, Millstätter Seenrücken, Kärnten, Carinthia II, 173./93., Klagenfurt, pp. 345–346.*
- NIEDERMAYR, G., POSTL, W. & WALTER, F. (1985): *Neue Mineralfunde aus Österreich XXXIV. 592. Analcim, Brasilianit, Disthen, Staurolith und Wardit sowie andere Mineralien vom Autobahntunnel-Ost durch den Wolfsberg bei Spittal an der Drau. 593. Augelith, Childrenit, Heterosit, Wardit und andere Mineralien vom Lagerhof am Millstätter See, Kärnten (Vorbericht). 594. Beryll, Metatorbernit und andere Mineralien aus dem Steinbruch Laas bei Fresach im Drautal, Carinthia II, 175./95., Klagenfurt, pp. 238–240.*
- PAAR, W. (1974): *Childrenit aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Kärnten, Der Karinthin, 70, Klagenfurt, pp. 91–94.*
- PESTAL, G., RATAJ, W., REITER, J. & SCHUSTER, R. (2006): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 - 182 Spittal an der Drau, Geol. B.-A., Wien.*
- PICHLER, A. (2003): *Bergbau in Ostkärnten. Eine Bestandsaufnahme der noch sichtbaren Merkmale der historischen Bergbaue in Ostkärnten, Carinthia II, Sonderheft: 60, Klagenfurt, 304p.*
- PICHLER, A. (2009): *Bergbau in Westkärnten. Eine Bestandsaufnahme der noch sichtbaren Merkmale der historischen Bergbaue in Westkärnten, Carinthia II, Sonderheft: 63, Klagenfurt, 416p.*
- PISTOTNIK, J. (1996): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 - 183 Radenthein, Geol. B.-A., Wien.*
- POHL, W. (2005): *Mineralische und Energie-Rohstoffe, W. und W.E. Petrascheck's Lagerstättenlehre, 5. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.*
- SCHIMANA, R. (1986): *Neue Ergebnisse zur Entwicklungsgeschichte des Kristallins um Radenthein, Mitt. Geol. Bergbaustud. Österreich, 33, Wien, pp. 221–232.*
- SCHMID, S., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E. & SCHUSTER, R. (2004): *Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen, Eclogae Geologicae Helvetiae, 97/1, pp. 93–117.*
- SCHOKLITSCH, K. (1934): *Über den Schachbrettalbit eines Pegmatits aus der Lieserschlucht (Kärnten), Zeitschrift für Kristallographie, Mineralogie und Petrographie, 45/4, Springer-Verlag, pp. 349–354.*
- SCHROLL, E. & HAUKE, P. (1967): *Zinnstein aus dem Pegmatit vom Lieserrain bei Spittal an der Drau, Kärnten, Mitteilungen Abt. f. Mineral. am Landesmuseum Joanneum, 1-2, pp. 99–103.*
- SCHULZ, B., BOMBACH, K., PAWLIK, S. & BRÄTZ, H. (2004): *Neoproterozoic to Early-Paläozoic magmatic evolution in the Gondwana-derived Austroalpine basement to the south of the Tauern Window (Eastern Alps), Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundschau), 93, pp. 824–843.*
- SCHULZ, B., FINGER, F. & KRENN, E. (2005): *Auflösung variszischer, permischer und alpidischer Ereignisse im polymetamorphen ostalpinen Kristallin südlich der Tauern mit EMSDatierung von Monazit, In: Schuster, R. (Hrsg.): Tagungsband zur Arbeitstagung 2005, 182 Spittal an der Drau und umliegende Blätter, 12.–16.09.2005 Gmünd, Kärnten, Geol. B.-A., Wien, pp. 141–153.*
- SCHUSTER, R. (2003): *Das eo-Alpine Ereignis in den Ostalpen: Plattentektonische Situation und interne Struktur des Ostalpinen Kristallins, Arbeitstagung 2003: Blatt 148 Brenner, Geolog. B.-A., pp. 141–159.*

- SCHUSTER, R. & FRANK, W. (2000): *Metamorphic evolution of the Austroalpine units east of the Tauern Window: indications for Jurassic strike slip tectonics*, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreich, 42, Wien, pp. 37–58.
- SCHUSTER, R., KURZ, W., KRENN, K. & FRITZ, H. (2013): *Introduction to the Geology of the Eastern Alps*, Berichte Geol. B.-A. 99. 11th Workshop on Alpine Geological Studies 7th IFAA, Geol. B.-A., Wien, pp. 121–133.
- SCHUSTER, R., MOSHAMMER, B. & ABART, R. (2005): *Tectonic and stratigraphic information on greenschist to eclogite facies metamorphic Austroalpine units by a Sr-C-O isotope study on marbles*, Abstract Volume 7th Workshop on Alpine Geological Studies (Opatija/Croatia), pp. 87–88.
- SCHUSTER, R., PESTAL, G. & REITER, J. (2006): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 - Erläuterungen zu Blatt 182 Spittal an der Drau*, Geol. B.-A., Wien.
- SCHUSTER, R., SCHARBERT, S., ABART, R. & FRANK, W. (2001): *Permo-Triassic extension and related HT/LP metamorphism in the Austroalpine-Southalpine realm*, Mitt. Geol. Bergbaustud. Österreich, 44, Wien, pp. 111–141.
- SCHUSTER, R. & STÜWE, K. (2008): *Permian metamorphic event in the Alps*, Geol. Soc. of America, 36/8, pp. 603–606.
- SCHUSTER, R., TROPPEL, P., KRENN, E., FINGER, F., FRANK, W. & PHILIPPITSCH, R. (2015): *Prograde Permo-Triassic metamorphic HT/LP assemblages from the Austroalpine Jenig Complex (Carinthia, Austria)*, Austrian Journal of Earth Science, 108/1, Wien, pp. 73–90.
- SEDLACEK, M. (1949): *Ein neues Beryllvorkommen in Spittal an der Drau, Kärnten*, Der Karinthin, 7, Klagenfurt, pp. 142–143.
- SENZENBERGER, D. (2001): *Zonarbau und geochemische Charakteristik von Pegmatiten des Hohenwart (Wölzer Tauern, Steiermark)*, Montanuniv. Leoben, unpub. Dipl.-Arbeit, 176p.
- SIMMONS, W. & WEBBER, K. (2008): *Pegmatite genesis: state of the art*, Eur. J. Mineral. 2008, 20, pp. 421–438.
- SWEDA, M. (2016): *Spurenelementchemie der Muskovite aus Pegmatiten des Falkenbergzugs bei Judenburg (Niedere Tauern, Steiermark)*, Montanuniv. Leoben, unpub. B.Sc.-Arbeit, 46p.
- TEIML, X. (1996): *Die Gesteine der Millstätter Serie - petrologische und geothermobarometrische Untersuchungen*, Diplomarbeit Universität Graz, pp. 1–199.
- THÖNI, M. & MILLER, C. (2000): *Permo-Triassic pegmatites in the eo-Alpine eclogite-facies Koralpe complex, Austria: Age and magma source constraints from mineral chemical, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic data*, Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 80, pp. 169–186.
- UCIK, F. (1995): *Pegmatite und junge Gänge*, In: Grubenhunt und Ofensau, Landes-Ausstellung Hüttenberg/Kärnten. Bd. II: Beiträge, 65–70, Die Feldspatgewinnung in Kärnten, pp. 65–66.
- VOSHAGE, H., HOFMANN, A., MAZZUCHELLI, M., RIVALENTI, G., SINIGOI, S., RACZEK, I. & DEMARCHI, G. (1990): *Isotopic evidence from the Ivrea Zone for a hybrid lower crust formed by magmatic underplating*, Nature, 347, pp. 731–736.

- WALTER, F. (1998): *Exkursion E4 am 27.9.1998 MINPET 98 (Pörtschach am Wörthersee/Kärnten) - Die Pegmatite des Millstätter See-Rückens*, Mitt. Österr. Miner. Ges., 143, Wien.
- WALTER, F. & POSTL, W. (1982): *Über Montebrasit aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a.d. Drau, Kärnten*, Mitt. Österr. Miner. Ges., 128, pp. 47–50.
- WALTER, F. & TAUCHER, J. (1995): *Brasilianit vom Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a.d. Drau, Kärnten, Österreich*, Matrixx, 4, pp. 69–73.
- WALTER, F. & TAUCHER, J. (1996): *Morphologie der Brasilianitkristalle vom Hahnenkofel, Millstätter Seerücken, Kärnten, Österreich*, Matrixx, 5, pp. 20–25.
- WALTER, F., TRENNER, S., ETTINGER, K. & TAUCHER, J. (1996): *Zanazziit, Whitlockit, Crandallit, Millisit, Zirkon, Galenit, Goethit und Lepidokrokot vom Pegmatit beim Lagerhof, Millstätter Seerücken, Kärnten, Österreich*, Matrixx, 5, pp. 42–49.
- WESTENBERGER, H. (1954): *Untersuchungen am Spodumenpegmatit von Edling bei Spittal a. d. Drau, Kärnten*, Der Karinthin, 28, Klagenfurt, pp. 48–49.
- WHALEN, J., CURRIE, K. & CHAPPELL, B. (1987): *A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis*, Contrib. Mineral. Petrol., 95, pp. 407–419.
- WIPPEL, H. (2008a): *Die Spittaler Räuberhöhle - Bergbau am Fratres*, Die Kärntner Landsmannschaft, 12, Klagenfurt, pp. 6–7.
- WIPPEL, H. (2008b): *Spittaler Feldspat. Ein beinahe vergessener Bergbau in Spittal an der Drau*, Die Kärntner Landsmannschaft, 6-7, Klagenfurt, pp. 18–20.

B Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1	Karte des Arbeitsgebietes (Abfrage: maps.google.at am 24.11.15); rot: Fratresberg, grün: Millstätter Berg, blau: Millstätter See-Rücken, gelb: südwestlicher Teil der Nockberge zwischen unterem Drautal und Gegendtal.	1
2	Tektonische Karte von Oberkärnten (HOINKES et al. 2010).	3
3	Geographische Verteilung der Oberostalpinen-Deckensysteme in Österreich (Vorlesungsunterlagen Schuster - Zitat).	4
4	Geographischer Überblick und Positionen der Mineralneufunde bzw. ehemaligen Bergbaue (http://www.austriamap.at ; Abfrage: 07.06.2016).	6
5	Übersichtskarte zur Permischen Metamorphose in den Alpen inkl. Markierung des Millstatt-Komplexes (SCHUSTER & STÜWE 2008).	12
6	Übersichtskarte der eo-alpidischen Metamorphose in den Ostalpen (SCHUSTER 2003).	13
7	Aufbau und Profil der eo-alpidischen Metamorphose vom Millstatt-Komplex in Richtung Nockberge (SCHUSTER 2003).	13
8	Position und geodynamische Entwicklung des Eo-alpidischen Hochdruckgürtels (KRENN et al. 2011).	14
9	Ursprüngliche Anordnung (KURZ & FRITZ 2003) und eo-alpidische Entwicklung der austroalpinen Decken (KRENN et al. 2011); SSN: Silvretta-Seckau-Deckensystem, ÖBN: Ötztal-Bundschuh-Deckensystem, DGN: Drauzug-Gurktal-Deckensystem, TC: Texel-Komplex, MC: Millstatt-Komplex, SC: Schneeberg-Komplex, RC: Radenthein-Komplex, PMC: Permo-Mesozoische Coversequenzen, BN: Bundschuh Decke, GN: Gurktal Decke, DZ: Drauzug, SM: Stangalm Mesozoikum, RW: Rammingstein Fenster, WC: Wölz-Komplex, TW: Tauern Fenster, MF: Mölltalstörung, PFS: Periadriatisches Lineament, SAM: Südgrenze der alpinen Metamorphose.	15
10	Verteilung der Pegmatite und Spodumenpegmatite im Ostalpinen Kristallin (modifiziert nach MALI (2004); AHRER (2014)).	16
11	Phasendiagramm der wasserfreien Li-reichen Alumosilikate in Pegmatiten (LONDON 2008).	23
12	Fraktionierungstrend von K/Rb gegen Cs in Kalifeldspäten, logarithmischer Maßstab (LONDON 2008).	28
13	Spodumenpegmatit westlich vom Edlinger Friedhof, MRP-35 (N: 46,79483°; E: 13,51144° (WGS84)).	34
14	Spodumenpegmatit südlich des Kreuzsteins, MRP-85 (N: 46,78710°; E: 13,54011° (WGS84)).	35
15	Aufschlusskizze des Spodumenpegmatits südlich vom Kreuzstein; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.	36
16	Handstück des Spodumenpegmatits vom Kreuzstein mit Spodumenkristallen.	36
17	Spodumenpegmatit bei Lug ins Land; links: MRP-1 (N: 46,78143°; E: 13,56033°); rechts: MRP-3 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).	37
18	Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-1); Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.	38

19	Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-3; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.	38
20	Zonierung des Spodumenpegmatits bei Probepunkt MRP-4; Wellenlinien = Hangschutt und Bewuchs.	39
21	Verteilung der Spodumenpegmatite im Bereich Egelsee.	40
22	Pegmatit südlich der Straße in Richtung St. Wolfgang, MRP-43 (N: 46,80063°; E: 13,50784° (WGS84)).	41
23	Pegmatit südöstlich des Wolfsbergs, Matioliit-Fundstelle (NIEDERMAYR et al. 2014), MRP-83 (N: 46,79386°; E: 13,53157° (WGS84)).	42
24	Pegmatit am Hahnenkofel, Brasilianitfundstelle, MRP-48 (N: 46,78198°; E: 13,58150° (WGS-84)).	43
25	Überreste des Lagerhof-Rollblocks, MRP-66 (N: 46,78386°; E: 13,59239° (WGS84)).	44
26	Aufschlusspunkt MRP-145; E von Fresach (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).	45
27	Glimmerschieferschlieren im Pegmatit bei Aufschluss MRP-145.	46
28	Pegmatitlagen konkordant in Glimmerschiefer eingelagert; Straße von Lammersdorf Richtung Lammersdorfer Hütte, Aufschlusspunkt MRP-115 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).	47
29	Störung am Kontakt zwischen Pegmatit und Marmor östlich von Weißenstein, nordwestlich von Uggowitz, Aufschlusspunkt MRP-132 (N: 46,78179°; E: 13,56005° (WGS84)).	48
30	Aufschlusspunkt MRP-164 südlich des Ochsenbergs mit anstehendem Pegmatit, mit z.T. schriftgranitischen Verwachsungen; (N: 46,68704°; E: 13,75995° (WGS84)).	49
31	Schriftgranit südlich des Ochsenbergs bei Weißenstein.	50
32	Kalifeldspat mit Mikroklingitter und Quarzeinschlüssen, umgeben von Quarz-Feldspatpflastergefüge; gekreuzter Polarisator.	52
33	Polysynthetische Verzwilligung von Plagioklas (Albit); gekreuzter Polarisator.	52
34	Kalifeldspat mit deformierten polysynthetischen Zwillingslamellen, Serizit- und Quarzeinschlüssen, umgeben von Quarz, Muskovit und Plagioklas; gekreuzter Polarisator.	53
35	Kalifeldspat mit perthitischer Entmischung; sekundärer Muskovit umgeben von Quarz und Feldspat; gekreuzter Polarisator.	53
36	Spodumen mit Quarz verfüllten Spaltrissen und Seriziteinschlüssen, umgeben von einem Quarz-Feldspatpflastergefüge.	55
37	Spodumen mit Quarz verfüllten Spaltrissen und Seriziteinschlüssen, umgeben von einem Quarz-Feldspatpflastergefüge; gekreuzter Polarisator	55
38	Zerbrochener Spodumenkristall mit schriftgranitischen Verwachsungen, sowie myrmekitischen Verwachsungen als Verdrängung des Feldspats.	56
39	Spodumen, teils mit myrmekitischen Verwachsungen und grobkörnigem Muskovit; gekreuzter Polarisator.	56
40	Limonitische Einschlüsse.	59
41	Zerbrochener Turmalin mit Quarz verheilt.	59
42	Columbit aus einem Spodumenpegmatit umgeben von Feldspat; REM-Aufnahme.	60
43	Gediegenes Wismut (weiß) und Muskovit aus einer Probe von Laas; REM-Aufnahme.	60
44	Apatiteinschluss im Muskovit; REM-Aufnahme.	61
45	Mg+Fe vs. Si, der untersuchten Muskovite; FU: formula unit.	67

46	K/Rb vs. Rb, der untersuchten Muskovite; inkl. Einteilung in niedrig-, mittel-, und hochgradig differenzierte Bereiche; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	67
47	Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Tl; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	68
48	K/Rb vs. Tl, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); SAY: Sayan Mountains; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	68
49	Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Li; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	69
50	K/Rb vs. Li, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	69
51	Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Cs; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	70
52	K/Rb vs. Cs, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	70
53	Korrelation zwischen den beiden Elementen Rb und Be; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	71
54	Korrelation zwischen den beiden Elementen Be und Li; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	71
55	K/Rb vs. Be, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	72
56	K/Rb vs. Sn, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	72
57	K/Rb vs. Ba, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	73
58	K/Rb vs. Ga, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	73
59	K/Rb vs. Sr, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	74
60	K/Rb vs. Zn, der untersuchten Pegmatite, inkl. Unterteilung basierend auf ČERNÝ & BURT (1984) und Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	74
61	Korrelation zwischen den beiden Elementen Nb und Ta; doppelt-logarithmische Skalenteilung.	75
62	K/Rb vs. Ta, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	75
63	K/Rb vs. Nb, der untersuchten Pegmatite, inkl. Markierung der Spodumenpegmatite des Millstätter See-Rückens (MS); doppelt-logarithmische Skalenteilung.	76

64	Robuste log-transformierte Faktorenanalyse der Elemente: Na, Mg, Al, Si, K, Fe, Li, Be, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Nb, Sn, Cs, Ba, Ta, und Tl.	78
65	Zr vs. Hf, erstellt aus REM-EDS Daten, an den Probenpunkten MRP-91 und MRP-130. .	81
66	Ta/(Ta+Nb) vs. Mn/(Mn+Fe) Diagramm der Columbite aus den Spodumenpegmatiten von den Probenpunkten MRP-85, MPR-91 und MRP-93; REM-EDS Messwerte Tabelle 6; auf die Unterteilung des Tantalit-(Fe) Feldes in Ferrotantalit, Ferrotapiolith und der dazwischenliegenden Mischungslücke wurde verzichtet.	82

Tabellenverzeichnis

1	Vorkommen der Phosphatminerale; modifiziert und ergänzt nach WALTER (1998). . .	10
2	Gerätetyp und Konfiguration des verwendeten LA-ICP-(QQQ)-MS Systems	31
3	Gerätetyp und Konfiguration des verwendeten REM	32
4	Messwerte (Gew.%) des Spodumens bei MRP-35 und des Biotit aus dem Steinbruch Gummern bei MRP-139, mit Angabe des Fe ₂ O ₃ und Li ₂ O Gehalts errechnet aus den LA-ICP-MS Daten.	80
5	REM-EDS Messwerte (Gew.%) der Zirkone und Berechnung der molaren Zusammensetzung (normiert auf 4 Sauerstoff).	81
6	REM-EDS Messwerte (Gew.%) der Columbite auf 100% normiert, sowie Berechnung der molaren Zusammensetzung (normiert auf 6 Sauerstoff) und der Elementverhältnisse. .	81
7	Mineralneufunde im Arbeitsgebiet	162
8	Beschreibung der Proben MRP-1 bis 172, inkl. Legende verwendeter Abkürzungen . . .	168
9	Messwerte (Gew.%) und Herkunft der Muskovite, Frat: Fratres, Fres: Fresach, Egel: Egelsee, Hahn: Hahnenkofel, Lipp: Lippnik-Edling, Mill.: Millstätter Alpe, Spod: Spodumenpegmatit, Weis: Weißenstein, Wolf: Wolfsberg, Woll: Wollanig; A: Muskovit-Rand, I: Muskovit-Innen	189

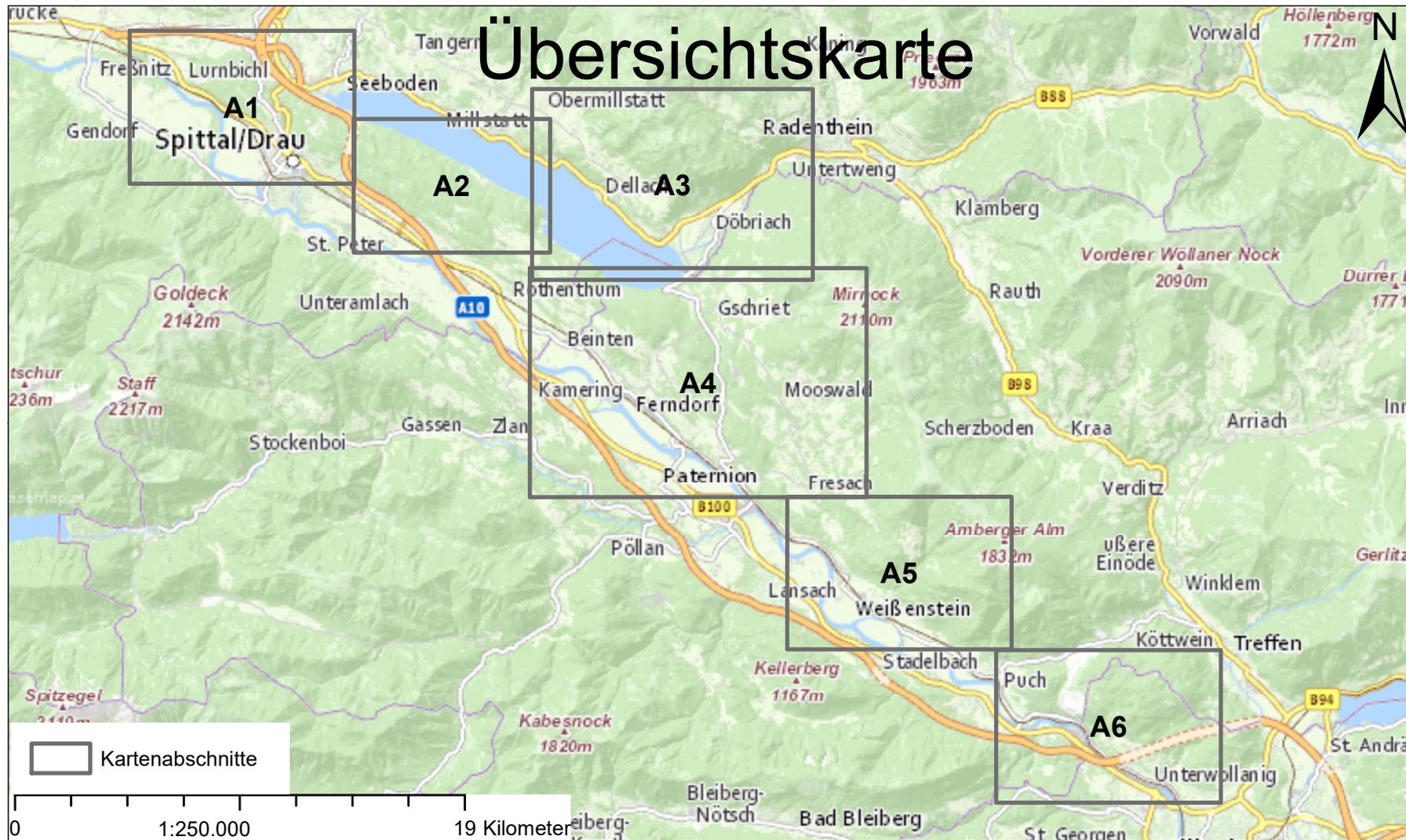
C Anhang

C.1 Abkürzungen

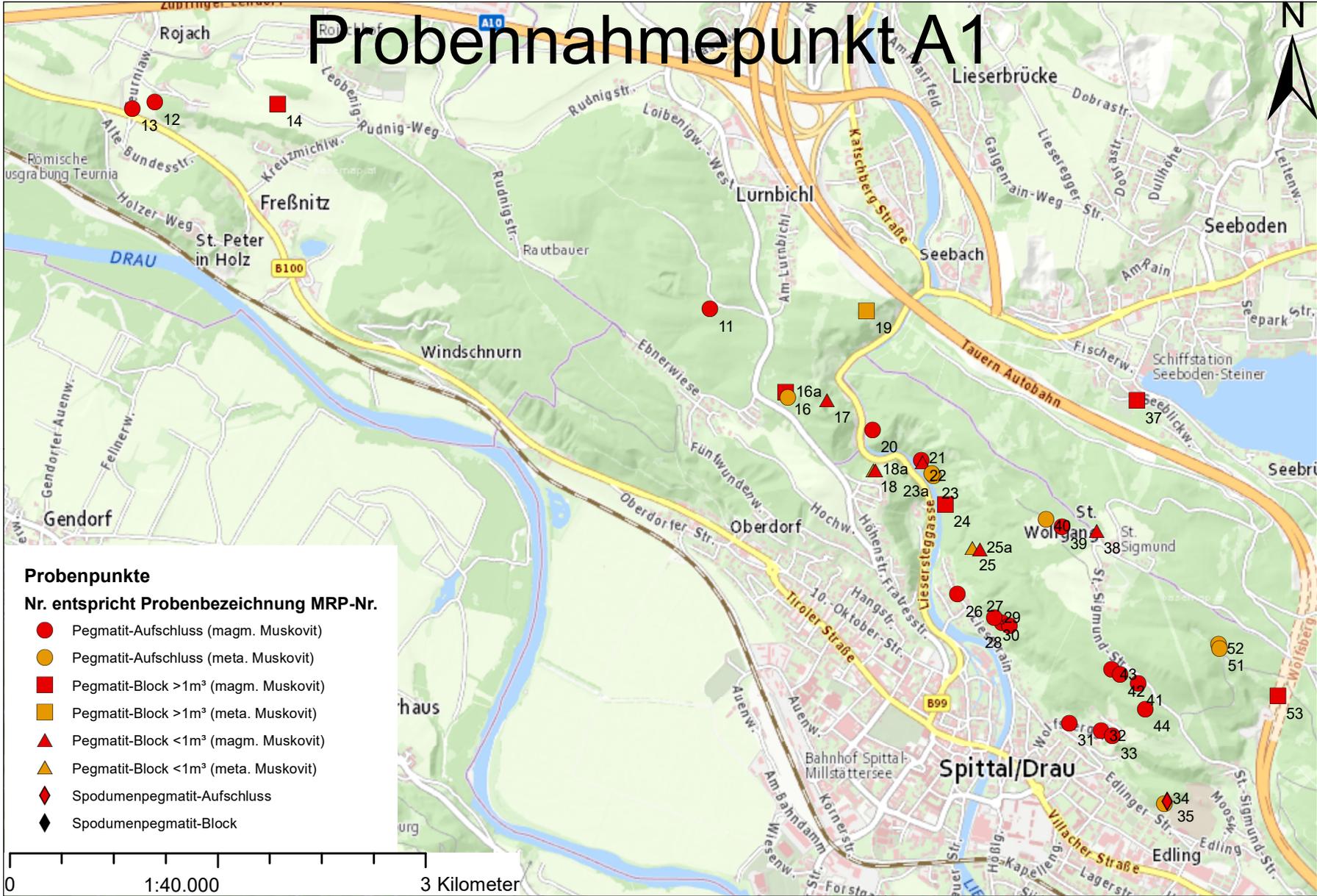
BSE	Backscattered Secondary Electrons
EDS	Energiedispersives System
EDX	Energy Dispersive X-ray spectroscopy
EMS	Elektronenstrahlmikrosonde
FU	formula unit
Kfs	Kalifeldspat
LA-ICP-MS	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
Ma.	Millionen Jahre
MRP	Millstätter See-Rücken Probe
MS	Millstätter See-Rücken
Mus	Muskovit
Pl	Plagioklas
Qrz	Quarz
REM	Rasterelektronenmikroskop
SE	Sekundärelektronen
SEM	Scanning Electron Microscope
Tur	Turmalin

C.2 Karten

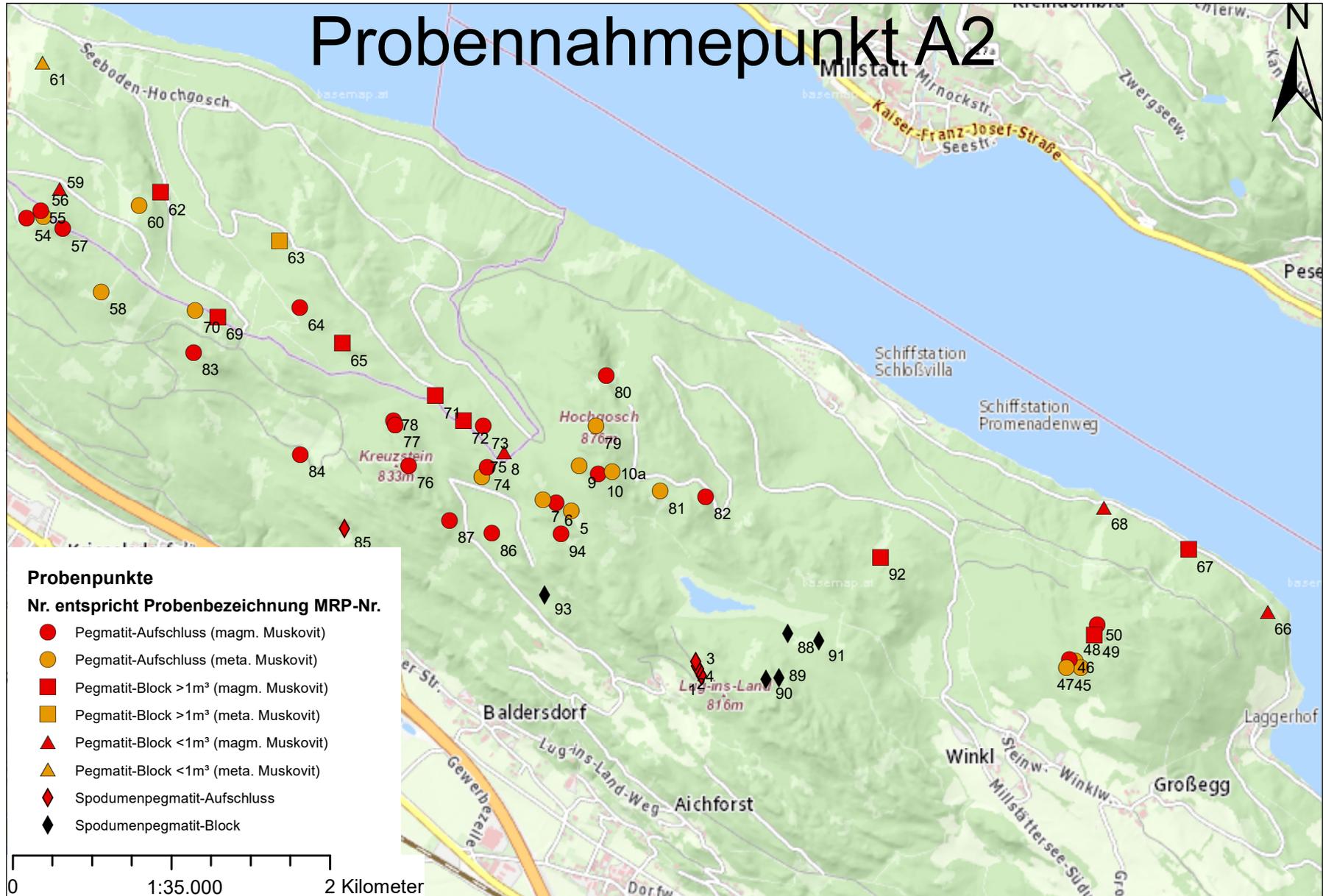
C.2.1 Probennahmepunkte



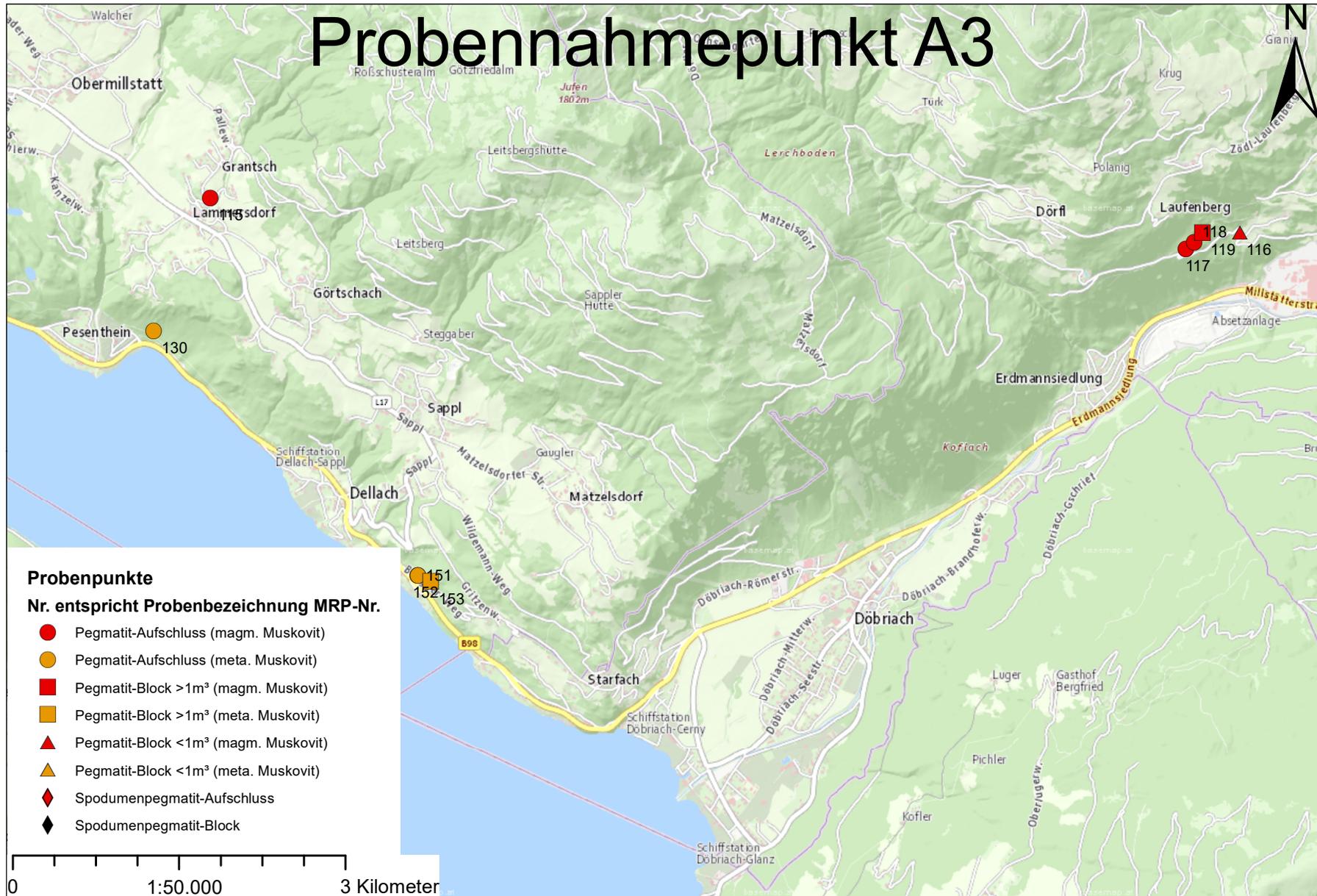
Probennahmepunkt A1



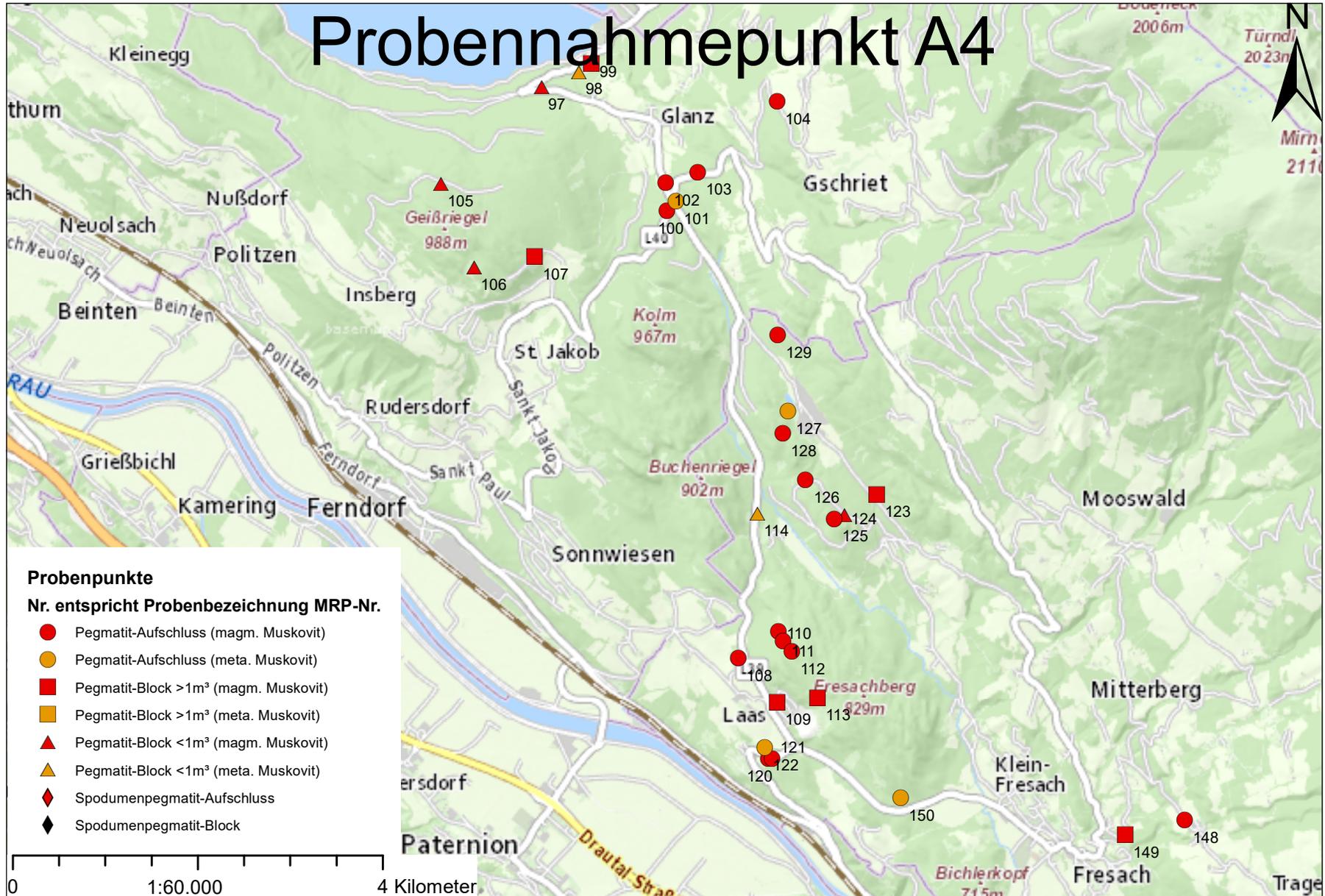
Probennahmepunkt A2



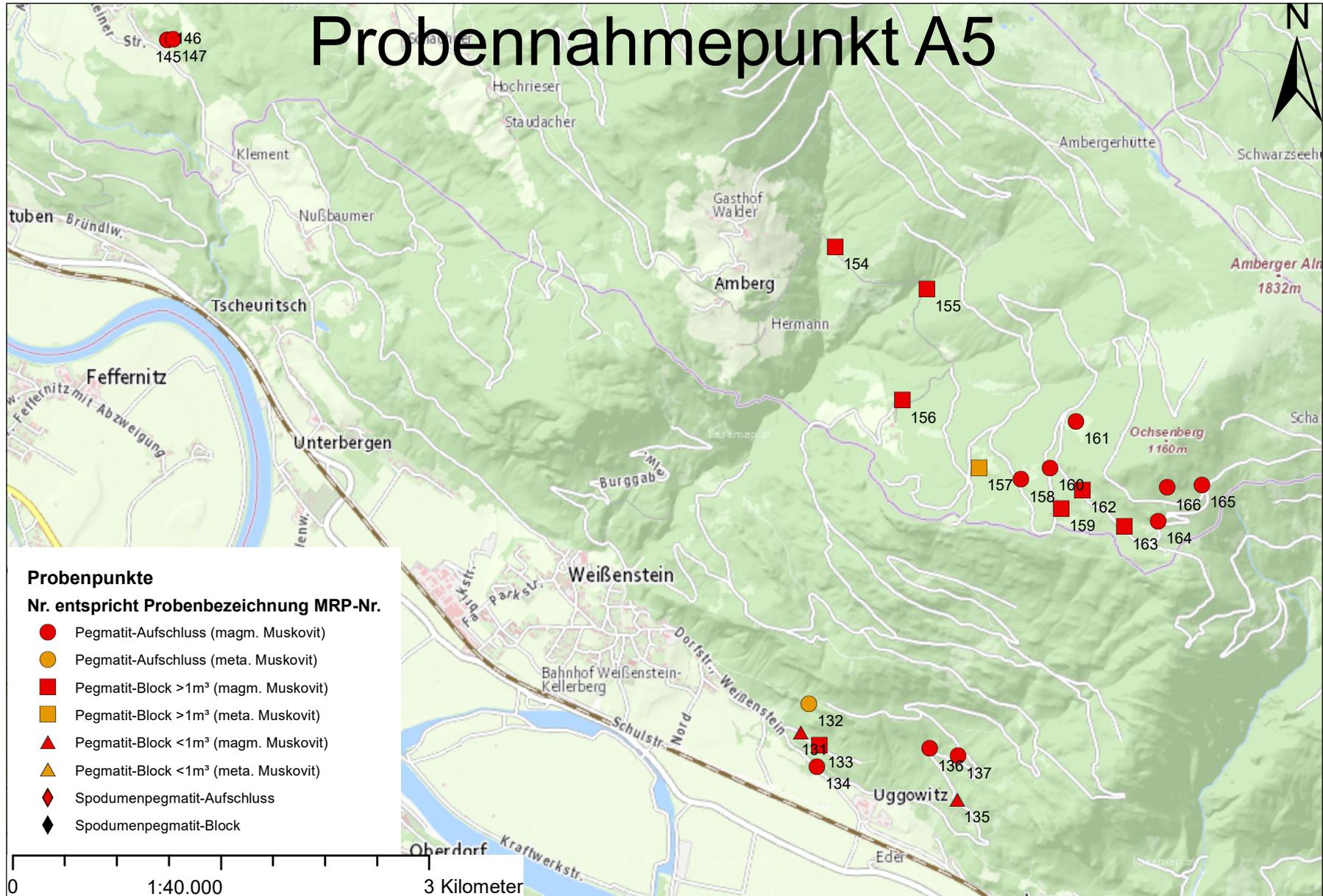
Probennahmepunkt A3



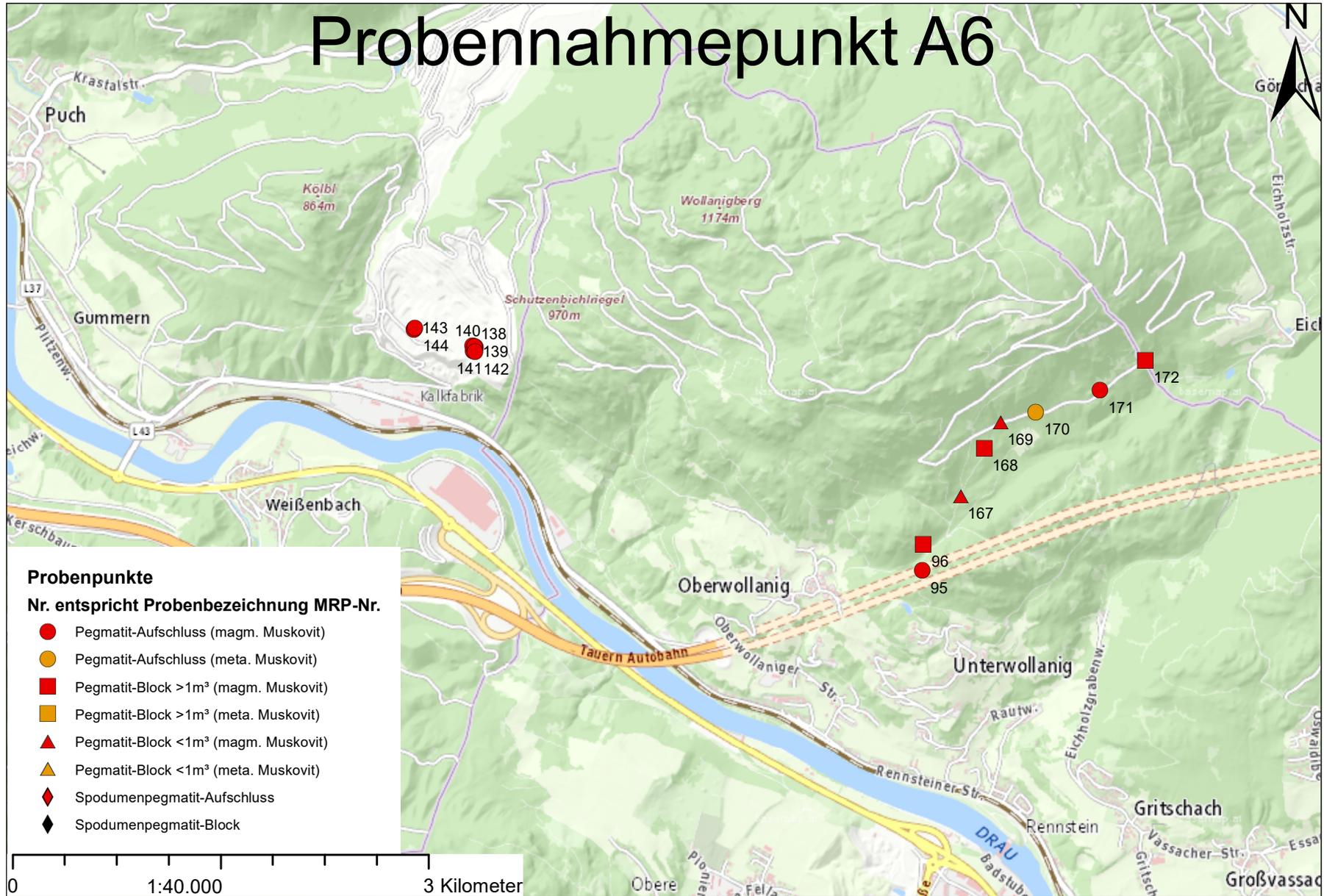
Probennahmepunkt A4



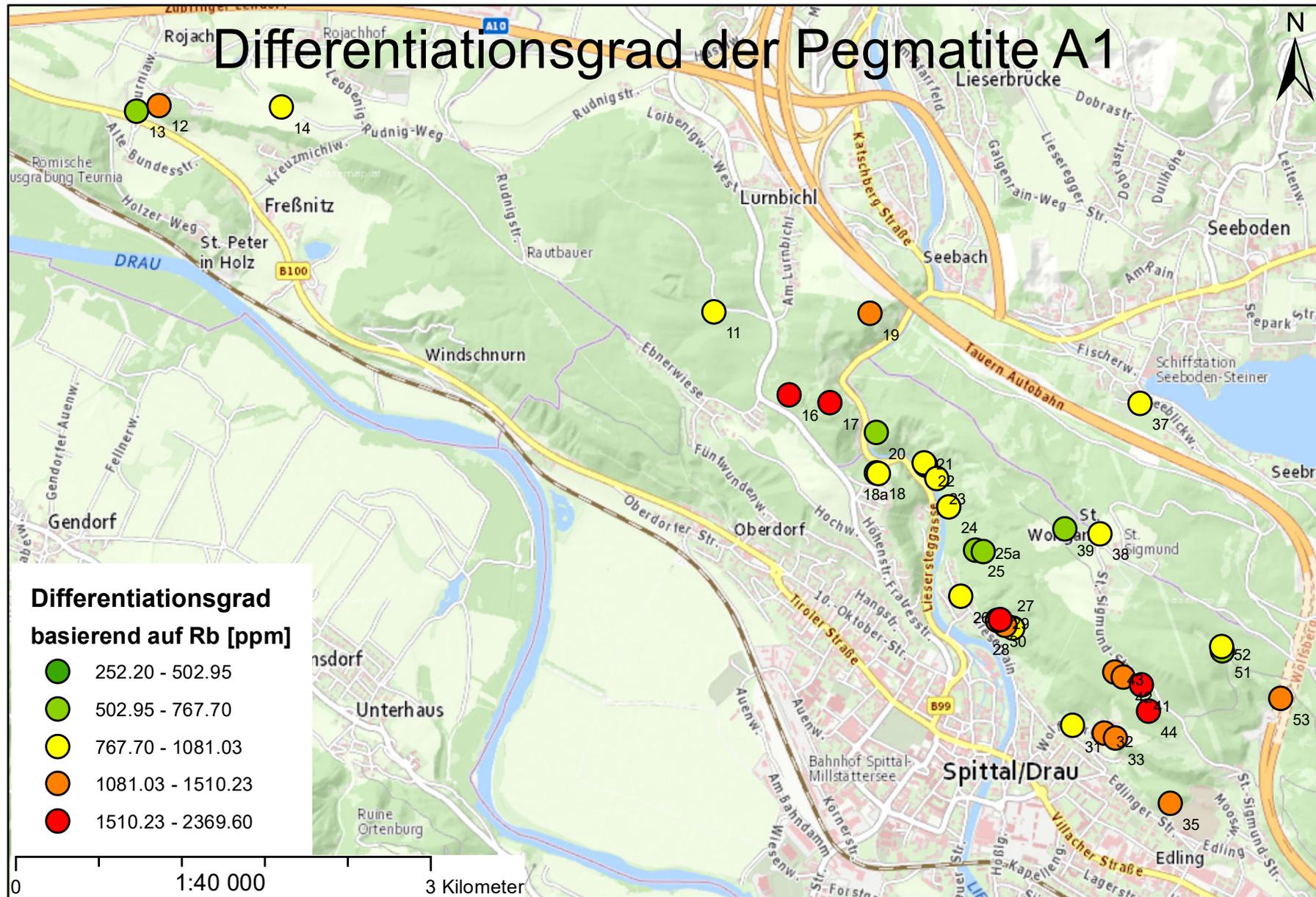
Probennahmepunkt A5



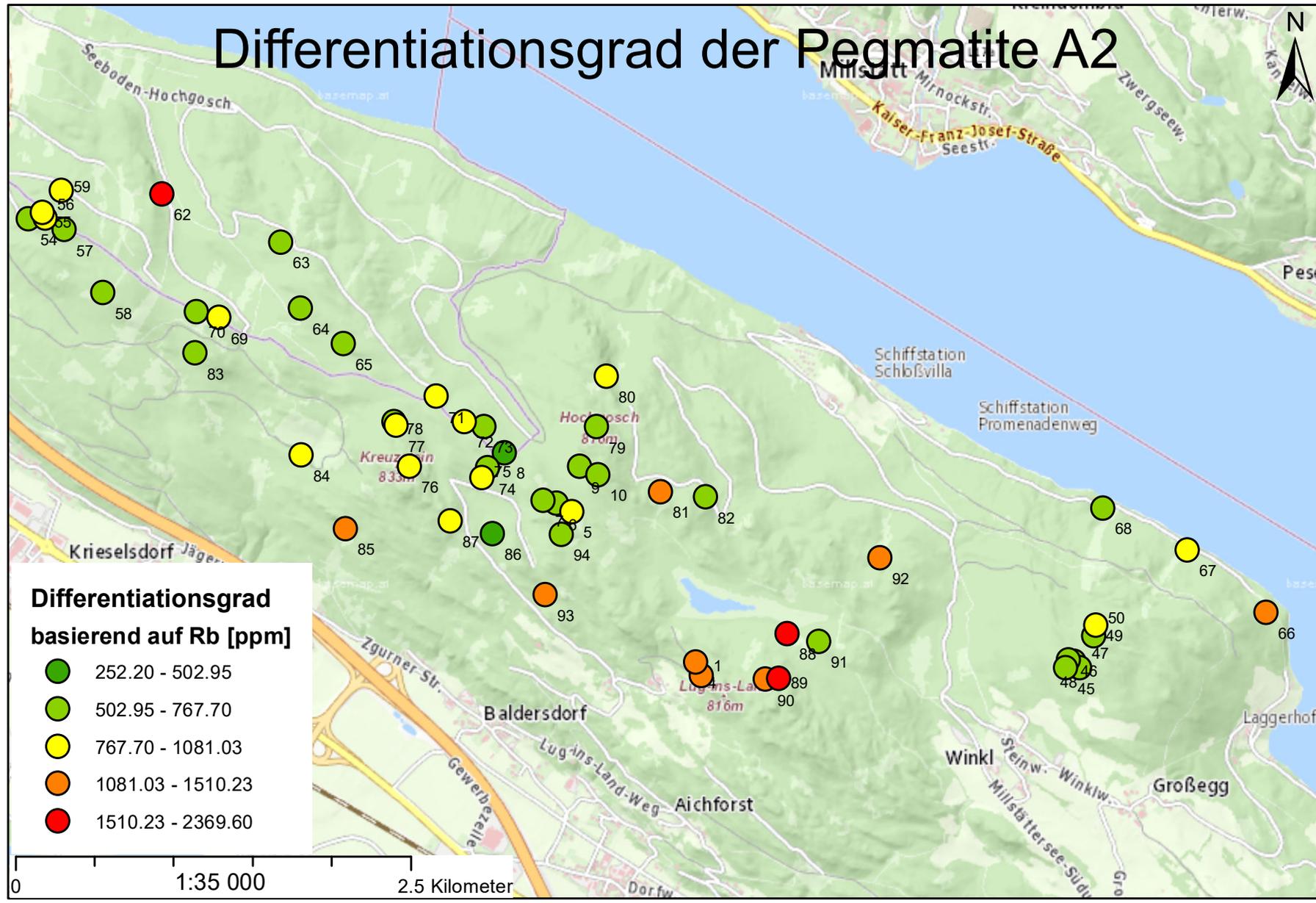
Probennahmepunkt A6



C.2.2 Differenzierungsgrade



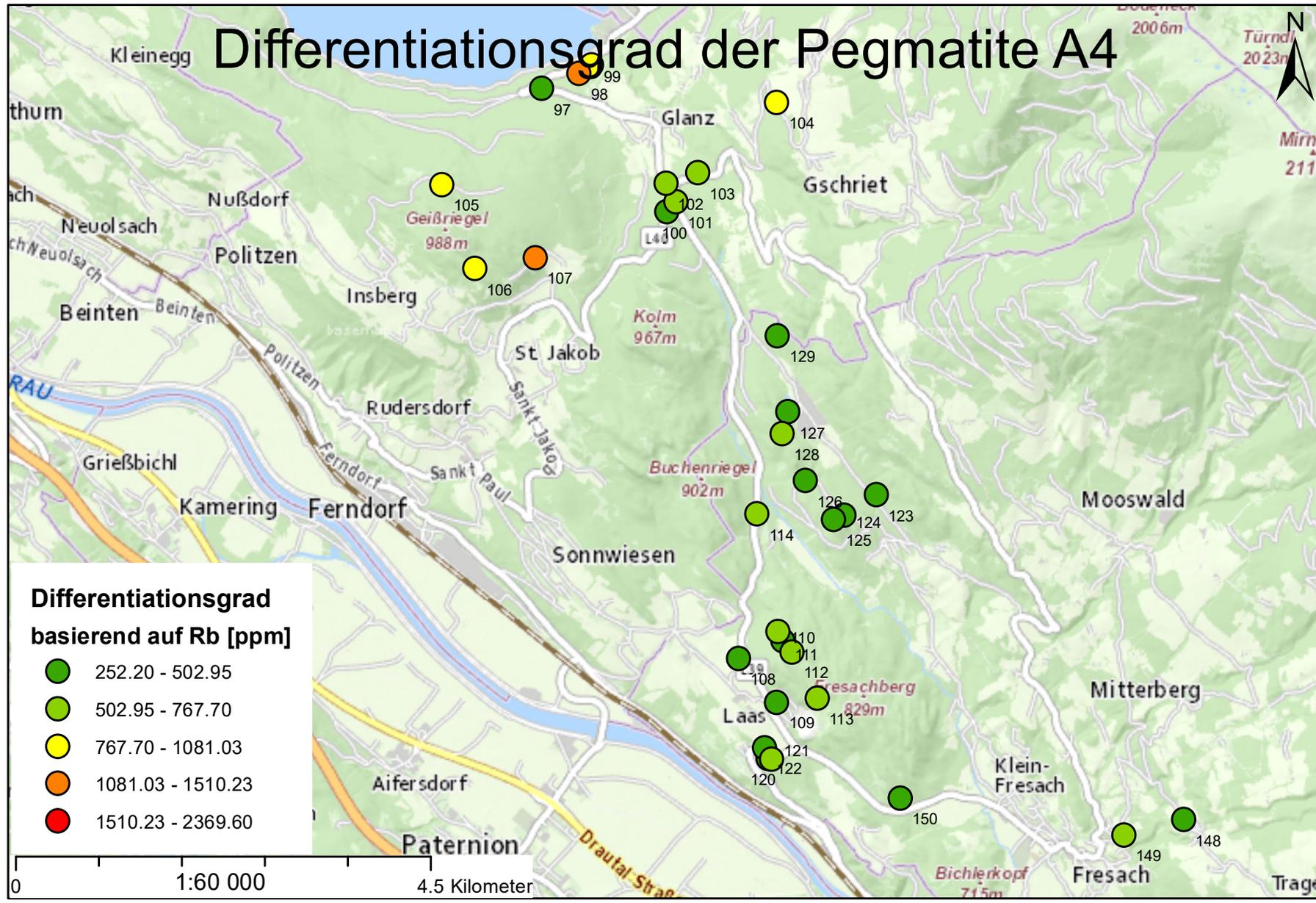
Differentiationsgrad der Pegmatite A2



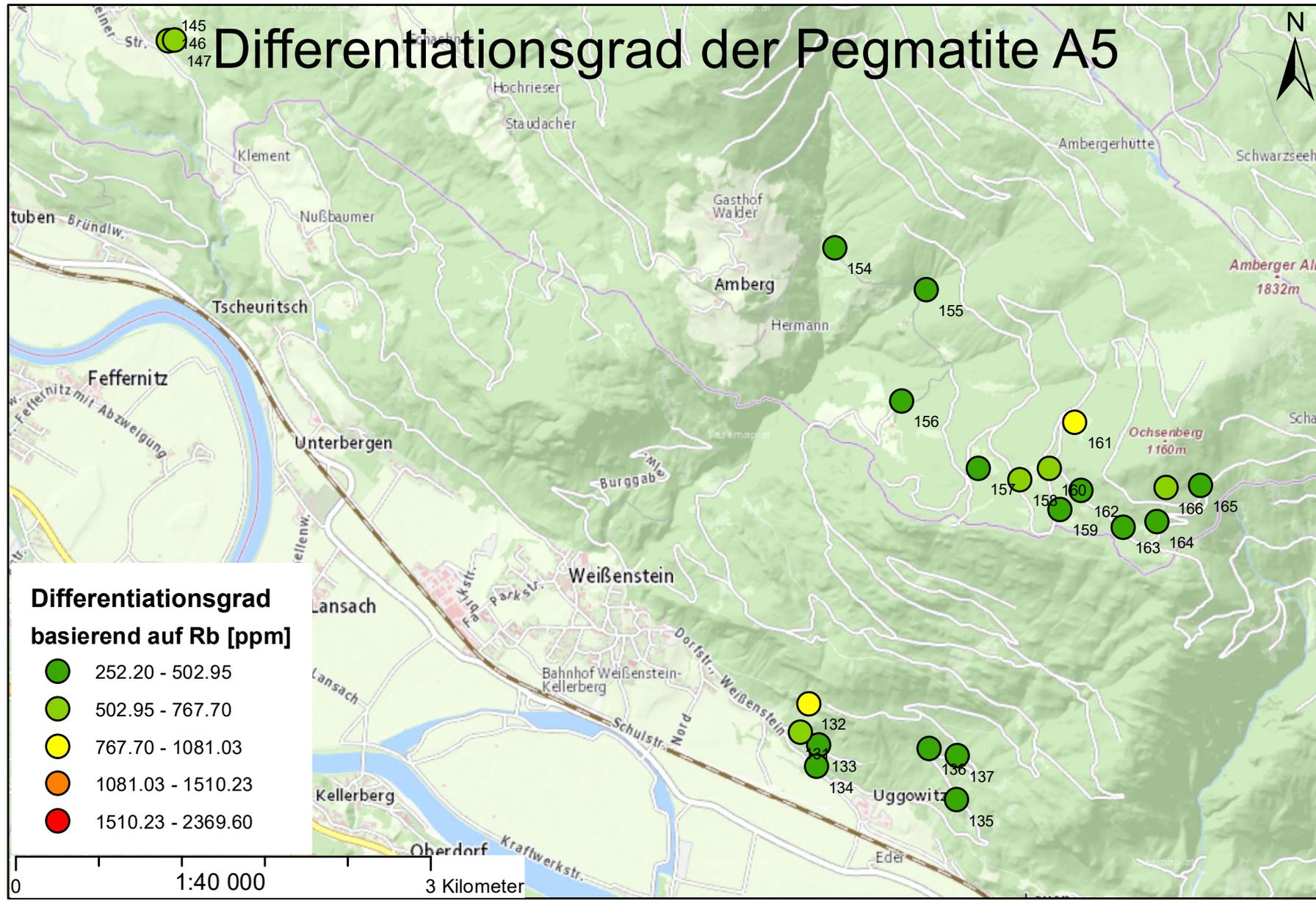
Differenzierungsgrad der Pegmatite A3



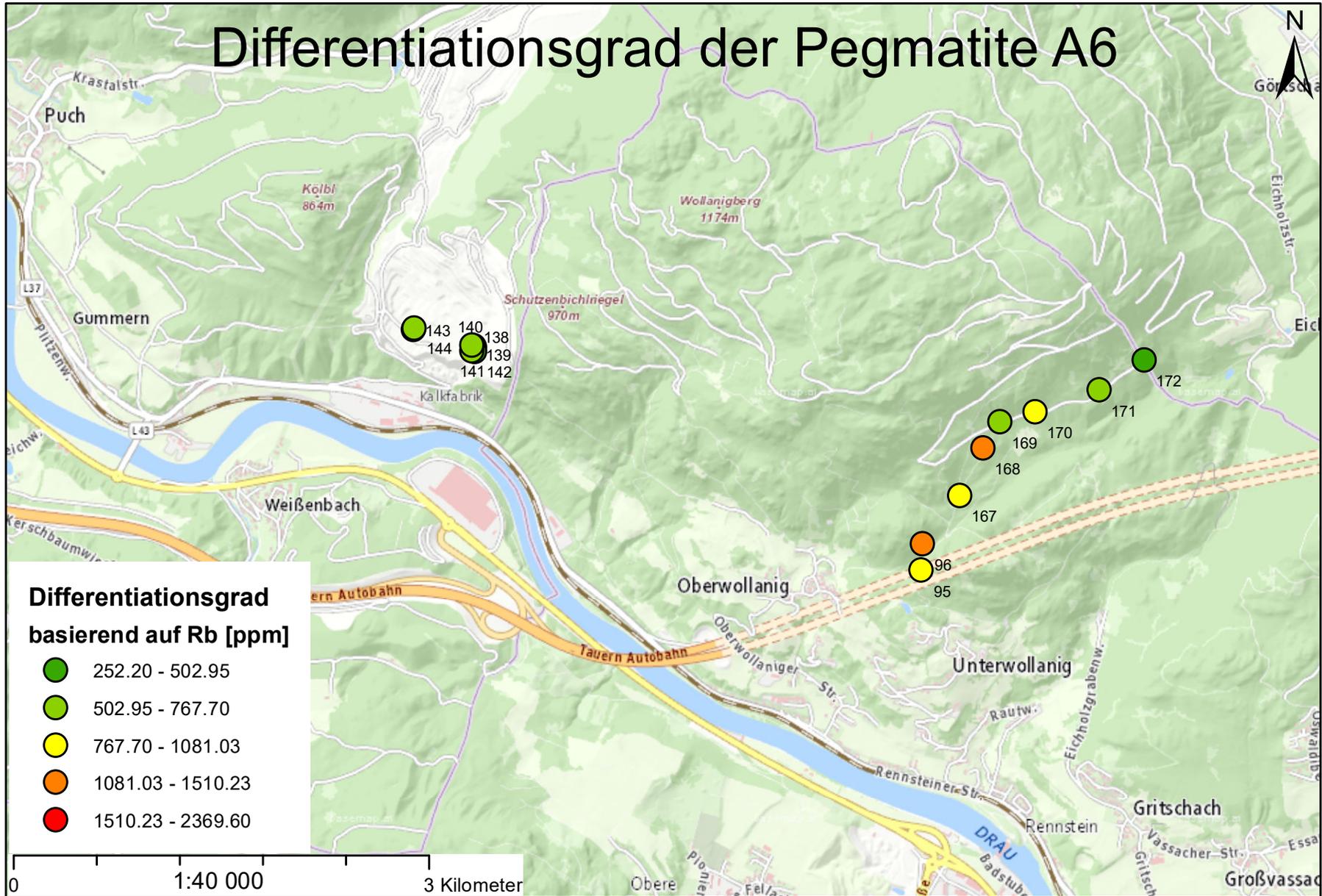
Differentiationsgrad der Pegmatite A4



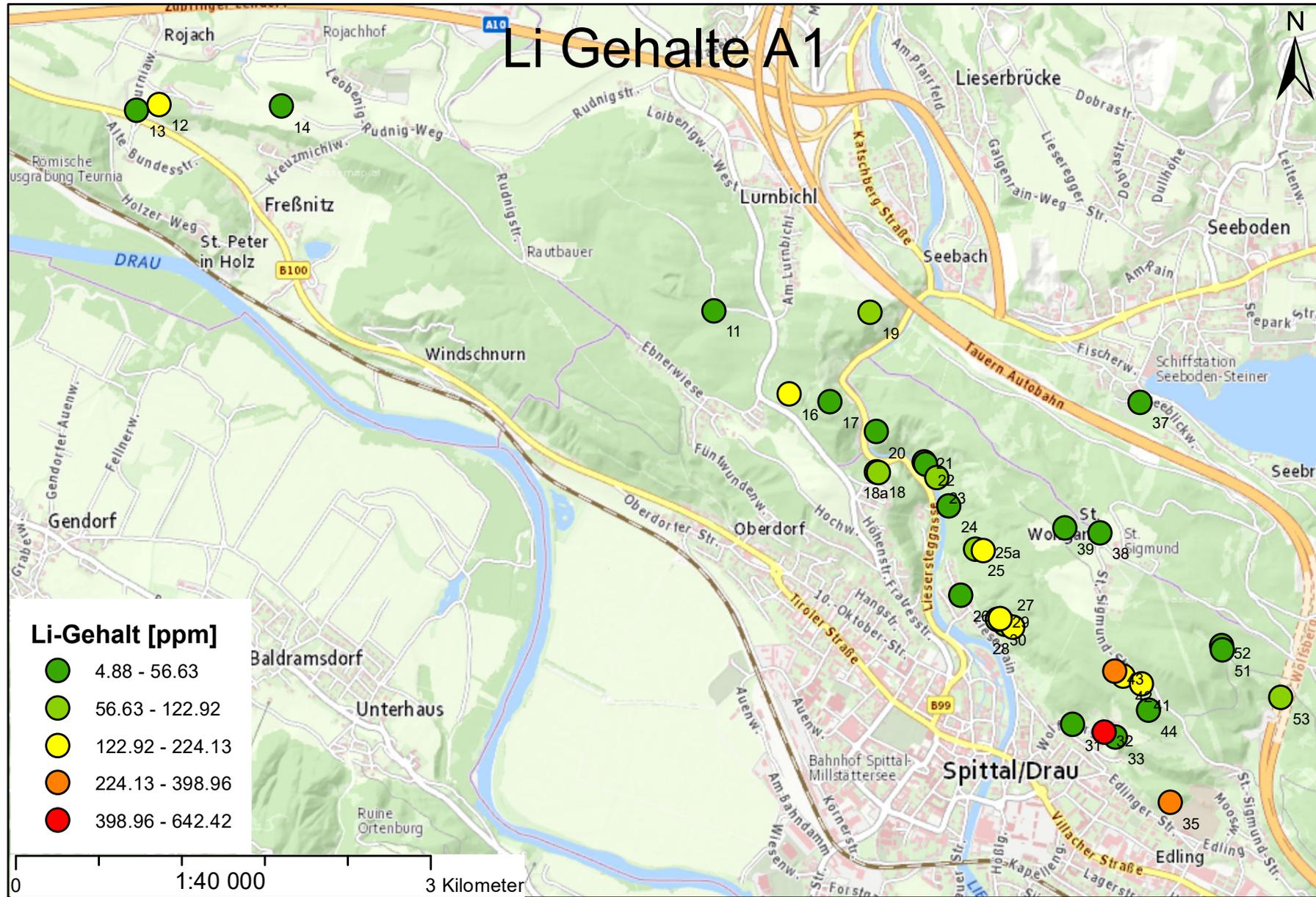
Differentiationsgrad der Pegmatite A5



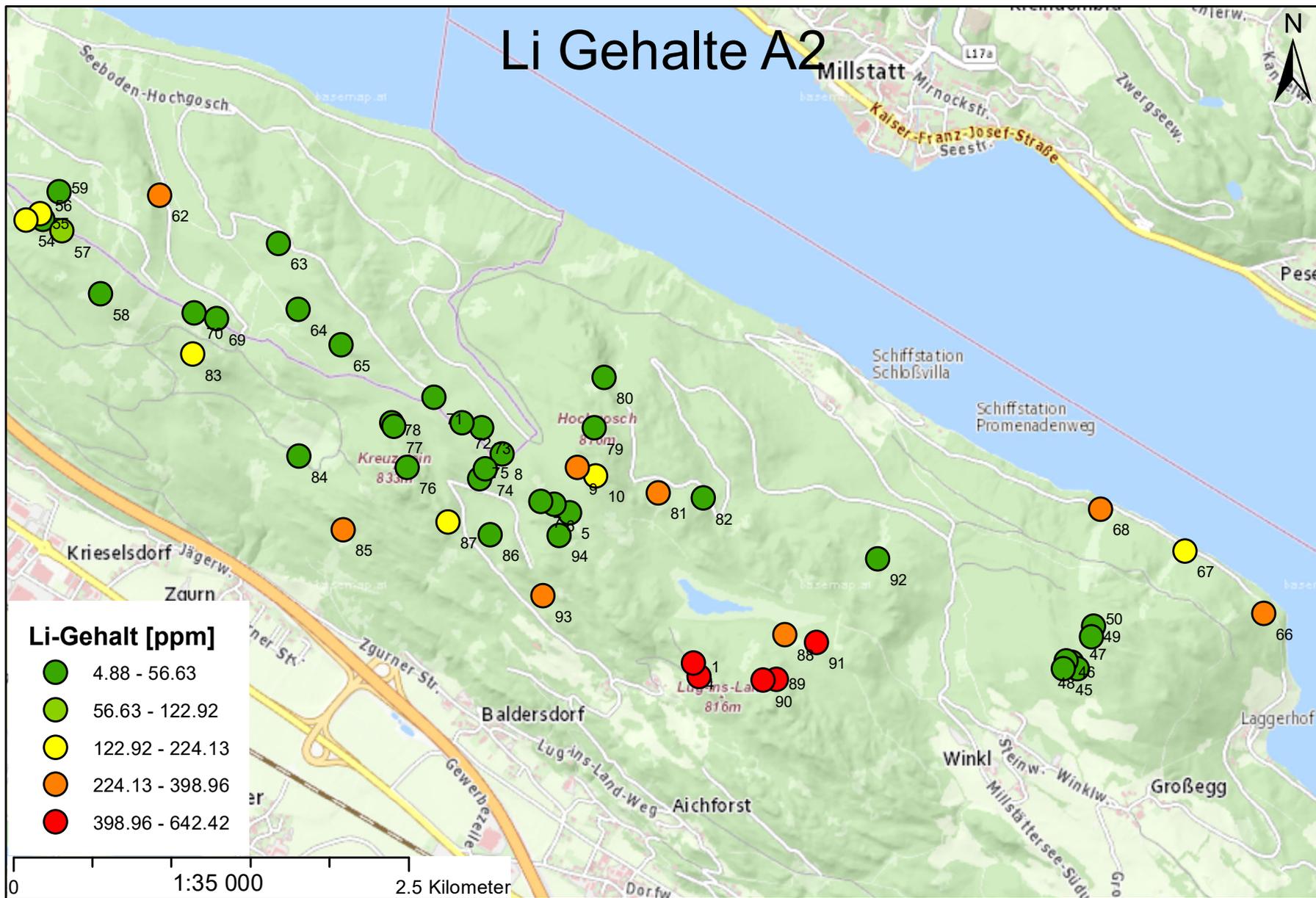
Differentiationsgrad der Pegmatite A6



C.2.3 Lithium



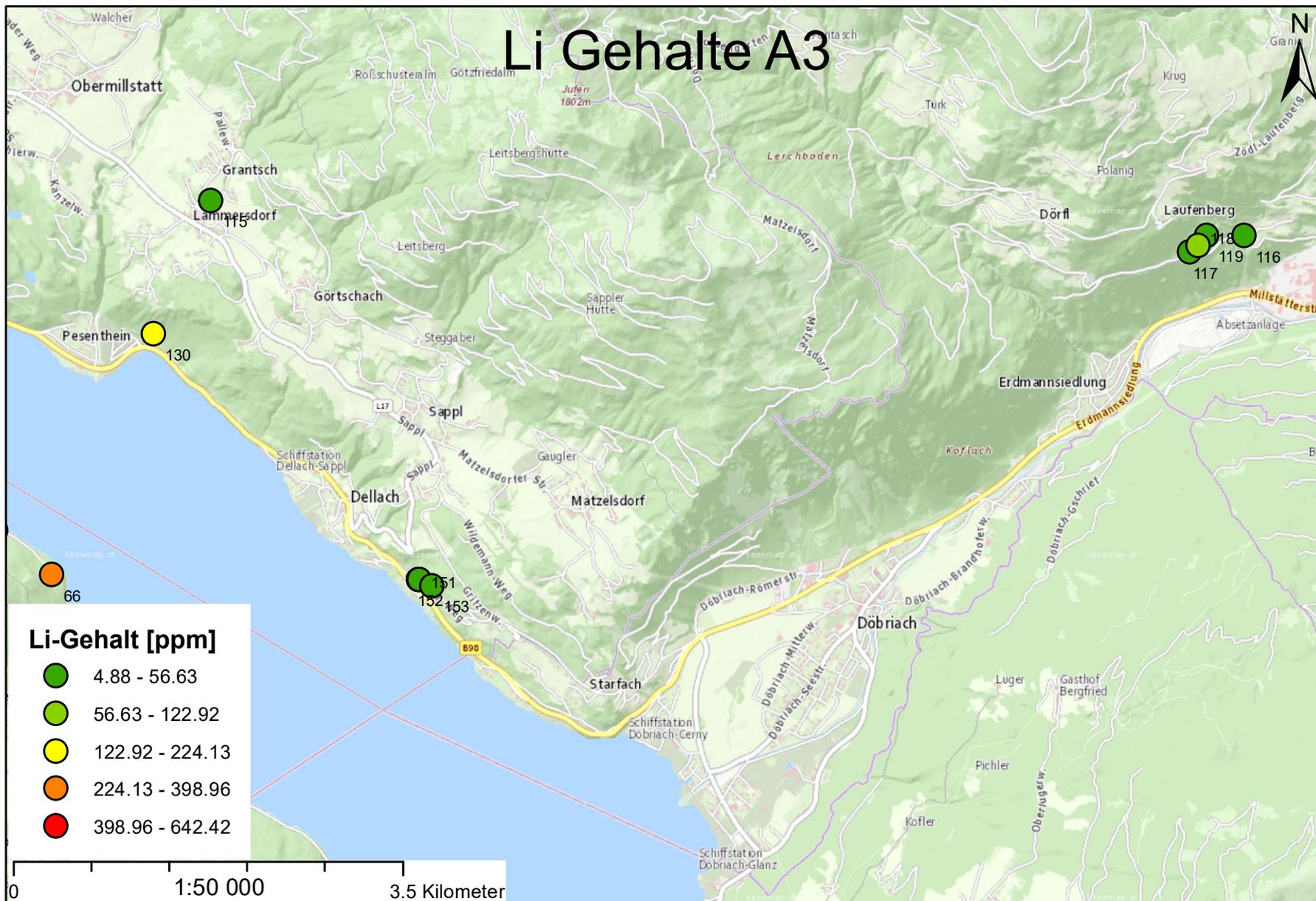
Li Gehalte A2



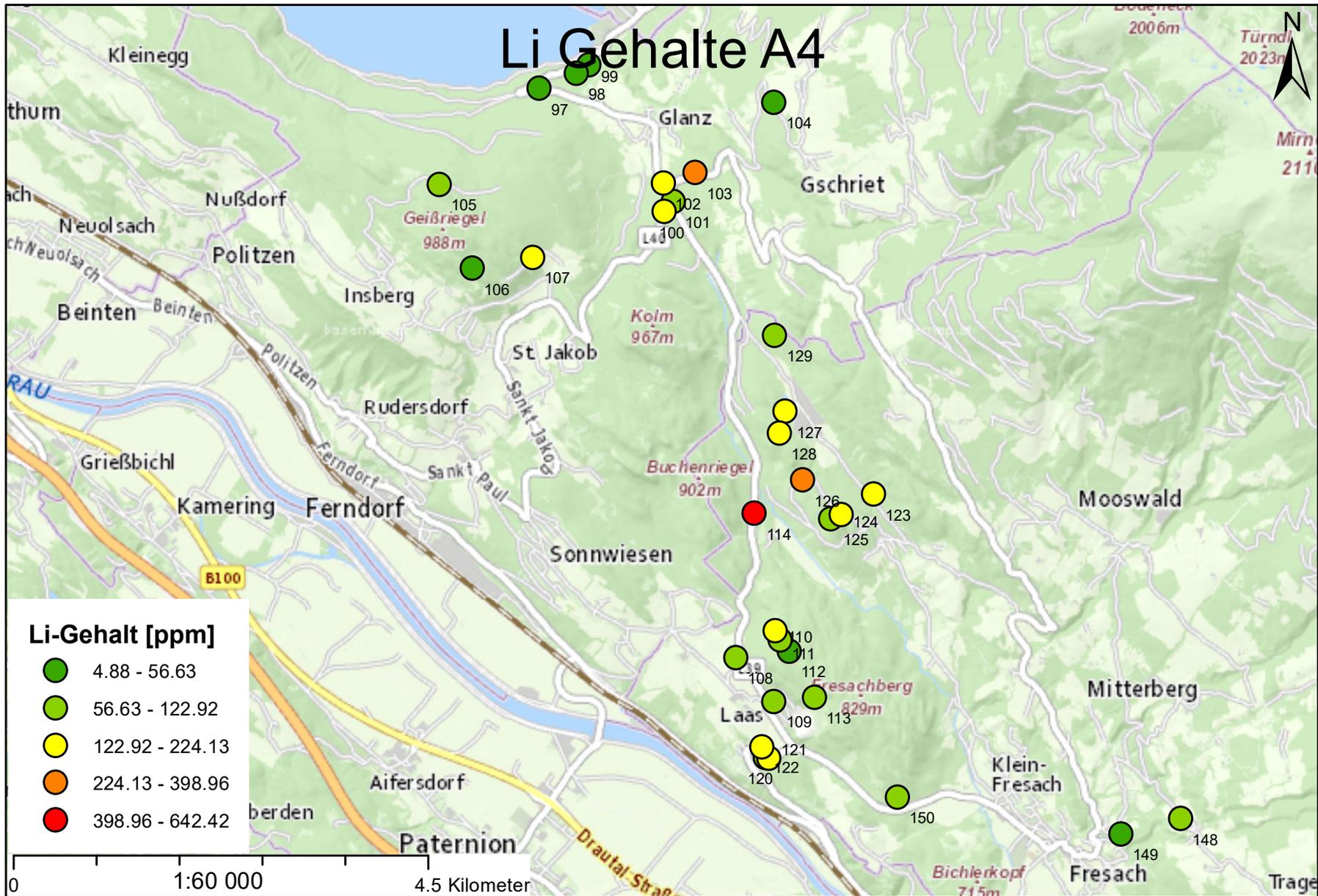
Li-Gehalt [ppm]	
●	4.88 - 56.63
●	56.63 - 122.92
●	122.92 - 224.13
●	224.13 - 398.96
●	398.96 - 642.42

0 1:35 000 2.5 Kilometer

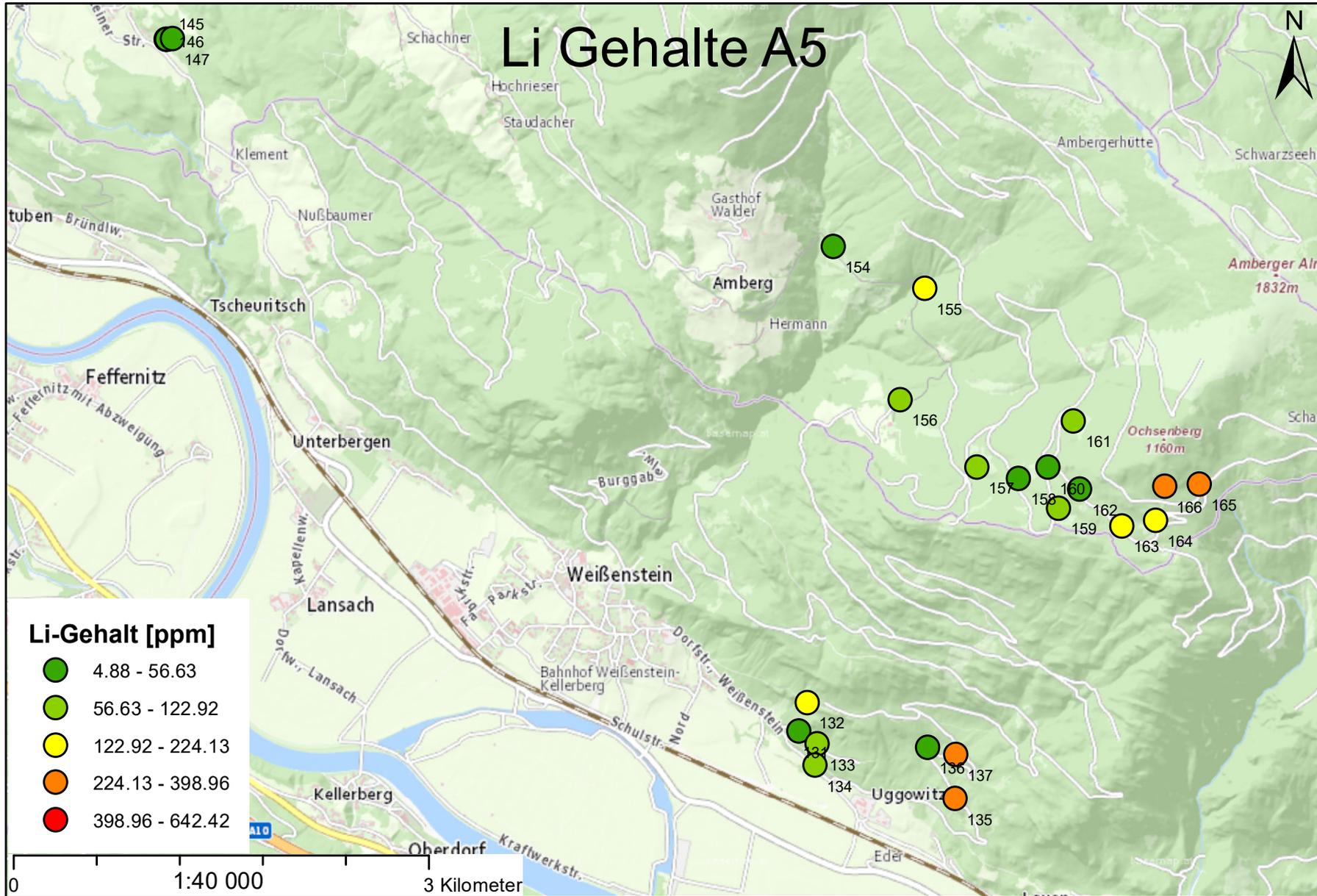
Li Gehalte A3



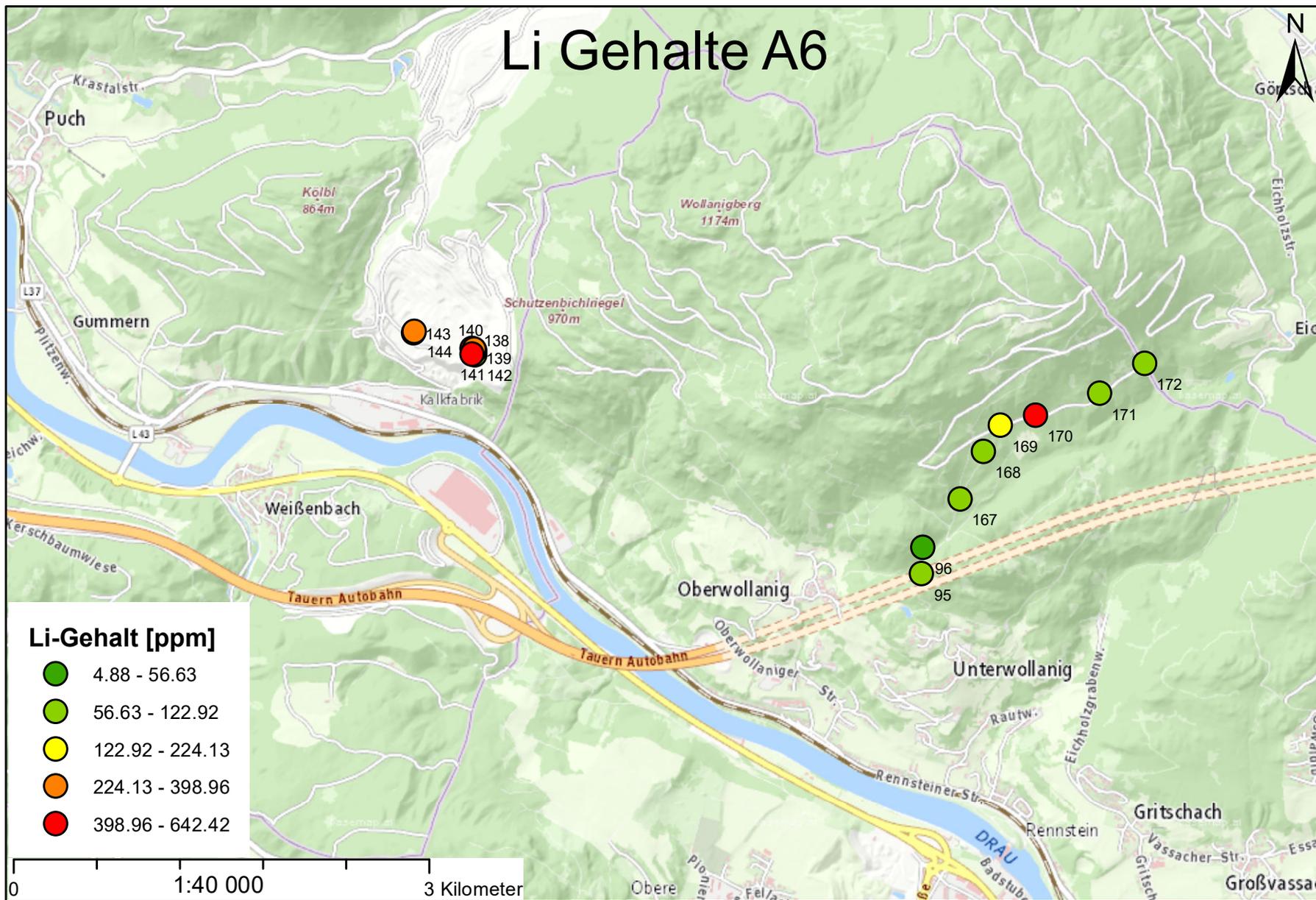
Li Gehalte A4



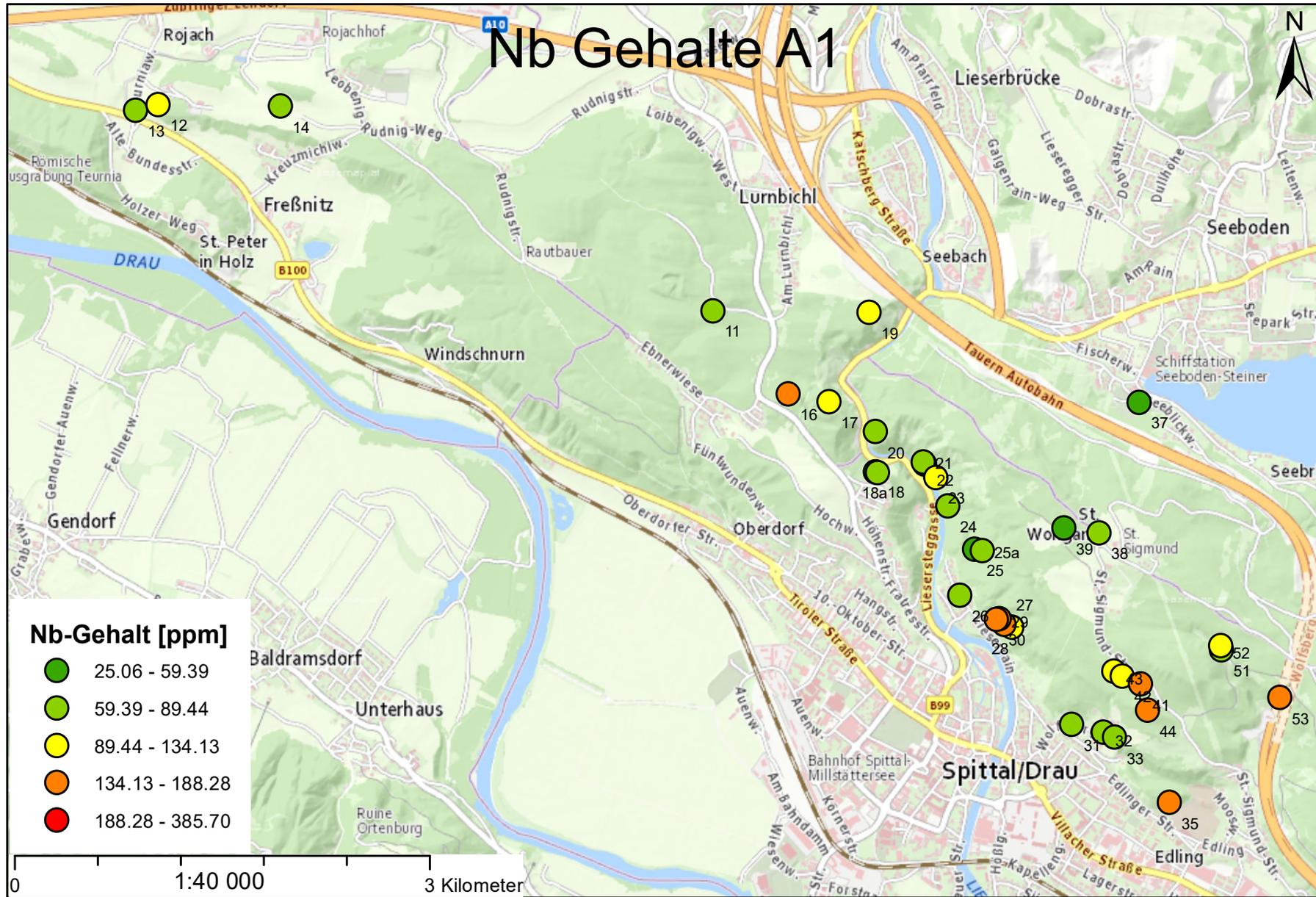
Li Gehalte A5



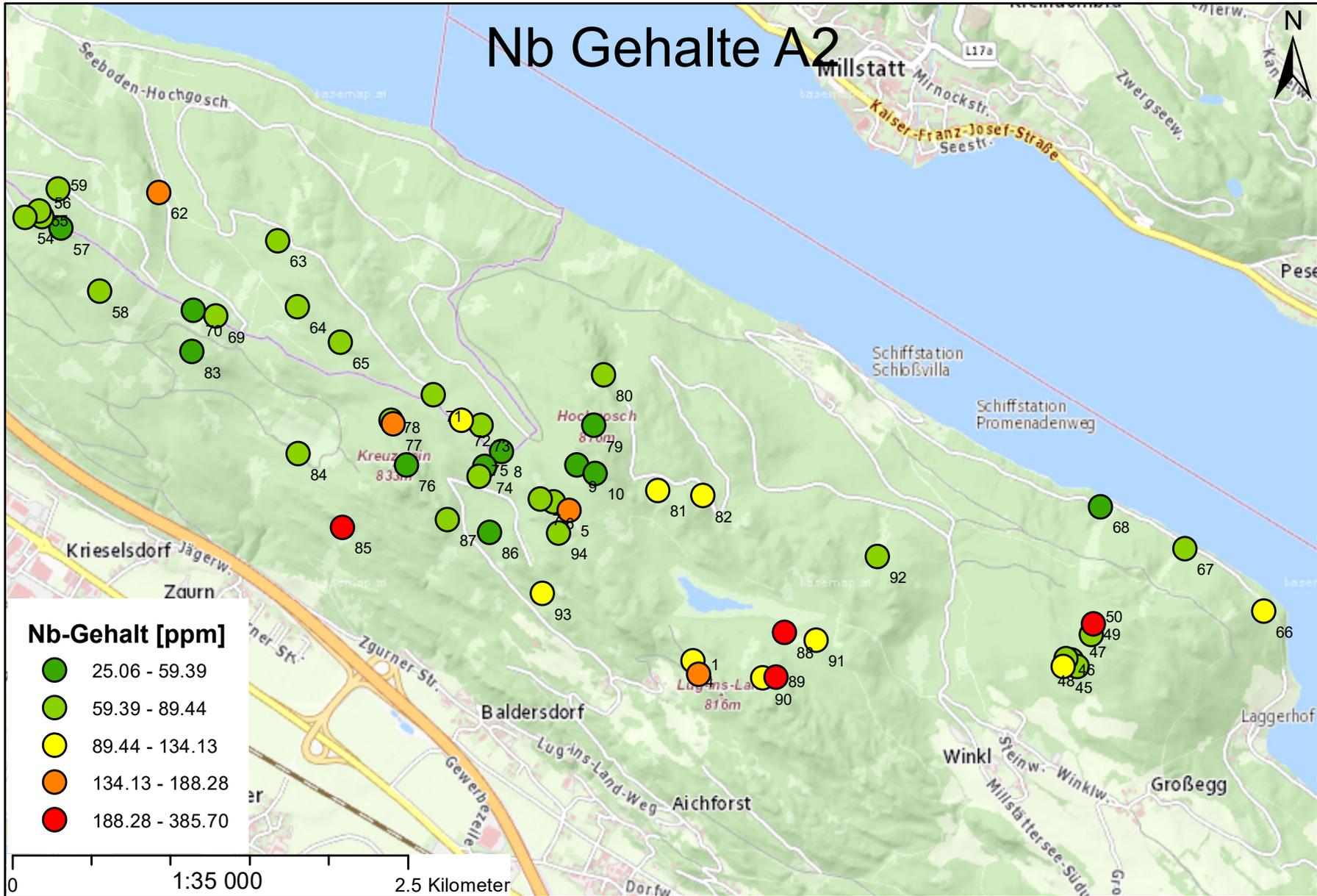
Li Gehalte A6



C.2.4 Niob



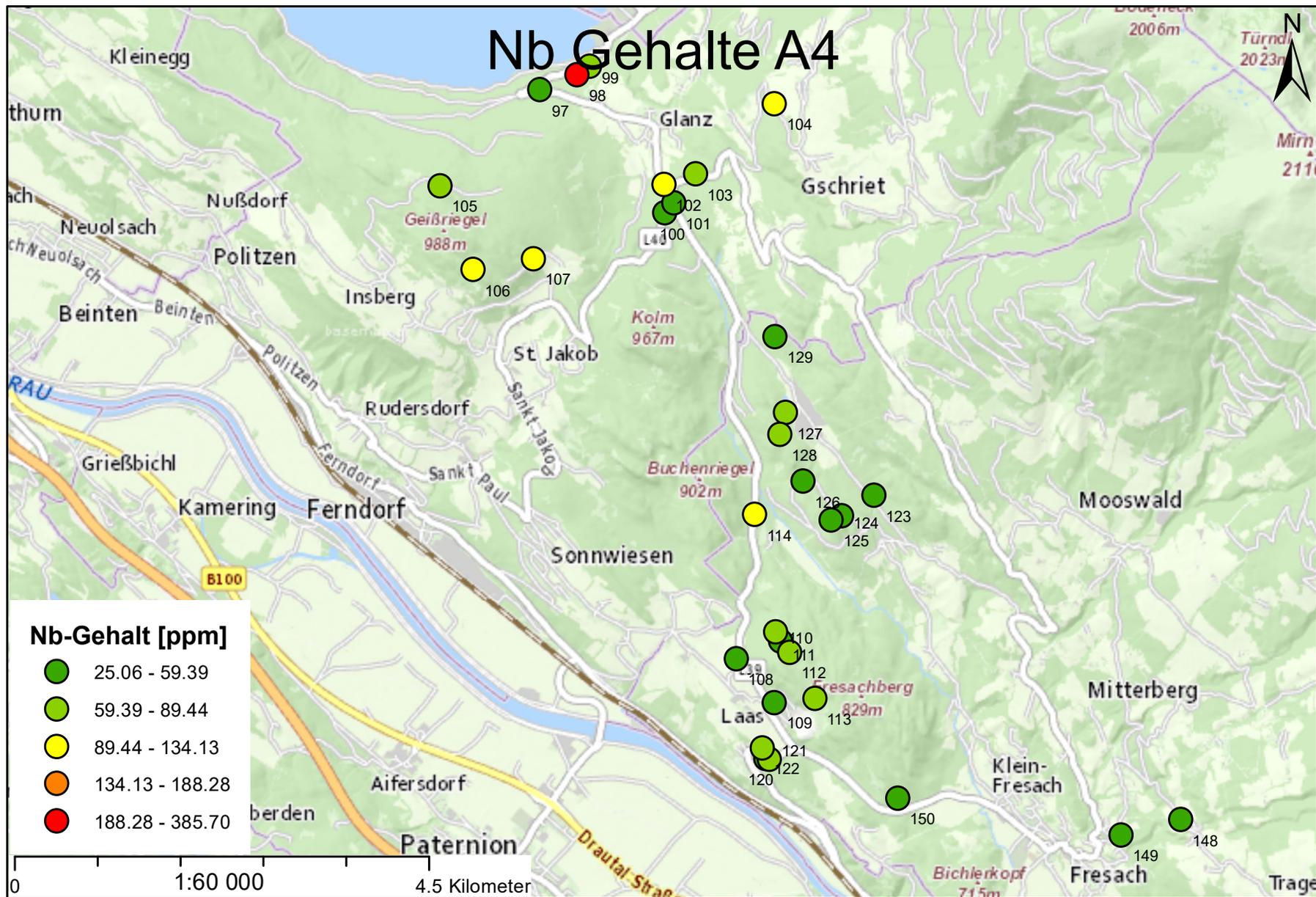
Nb Gehalte A2



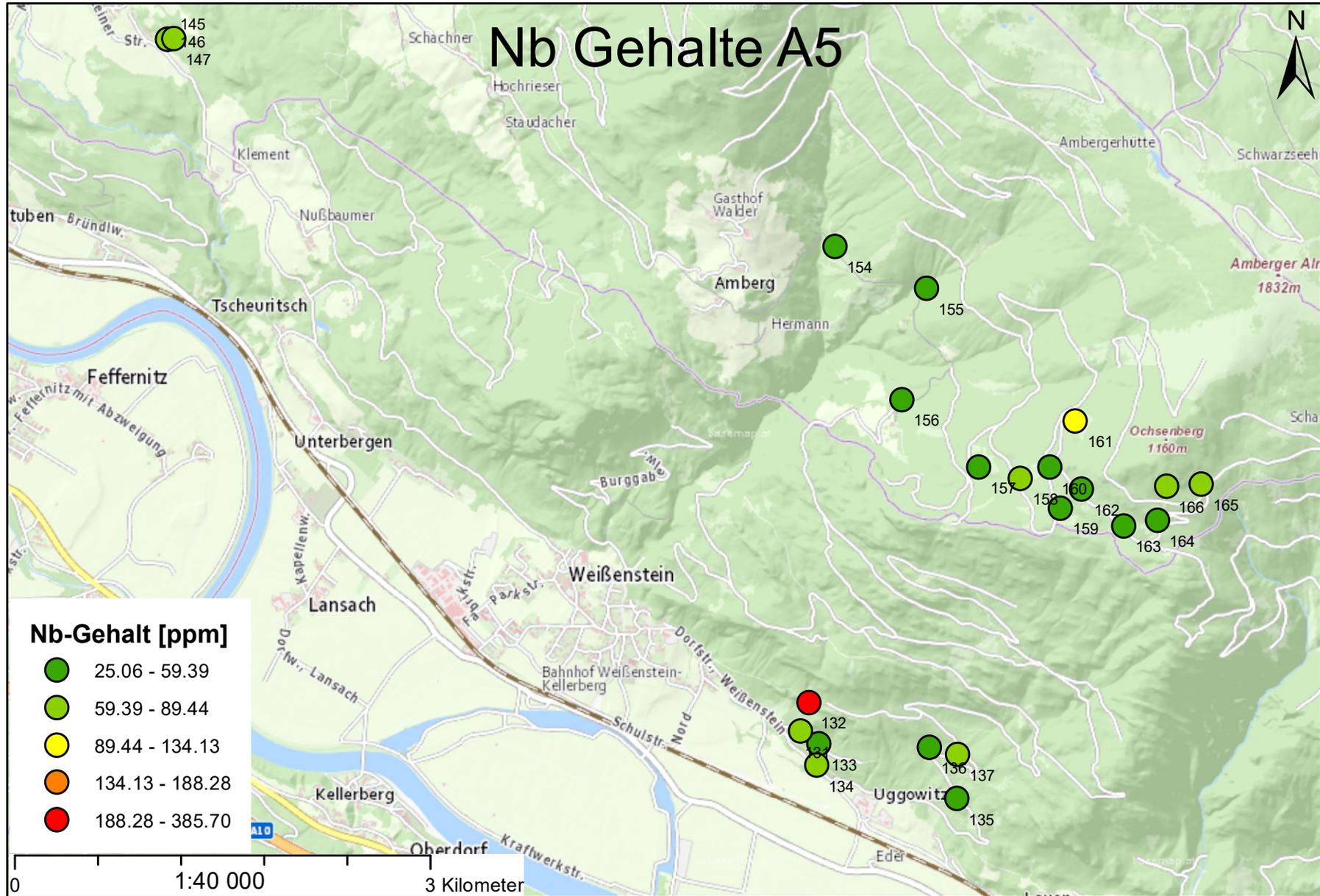
Nb Gehalte A3



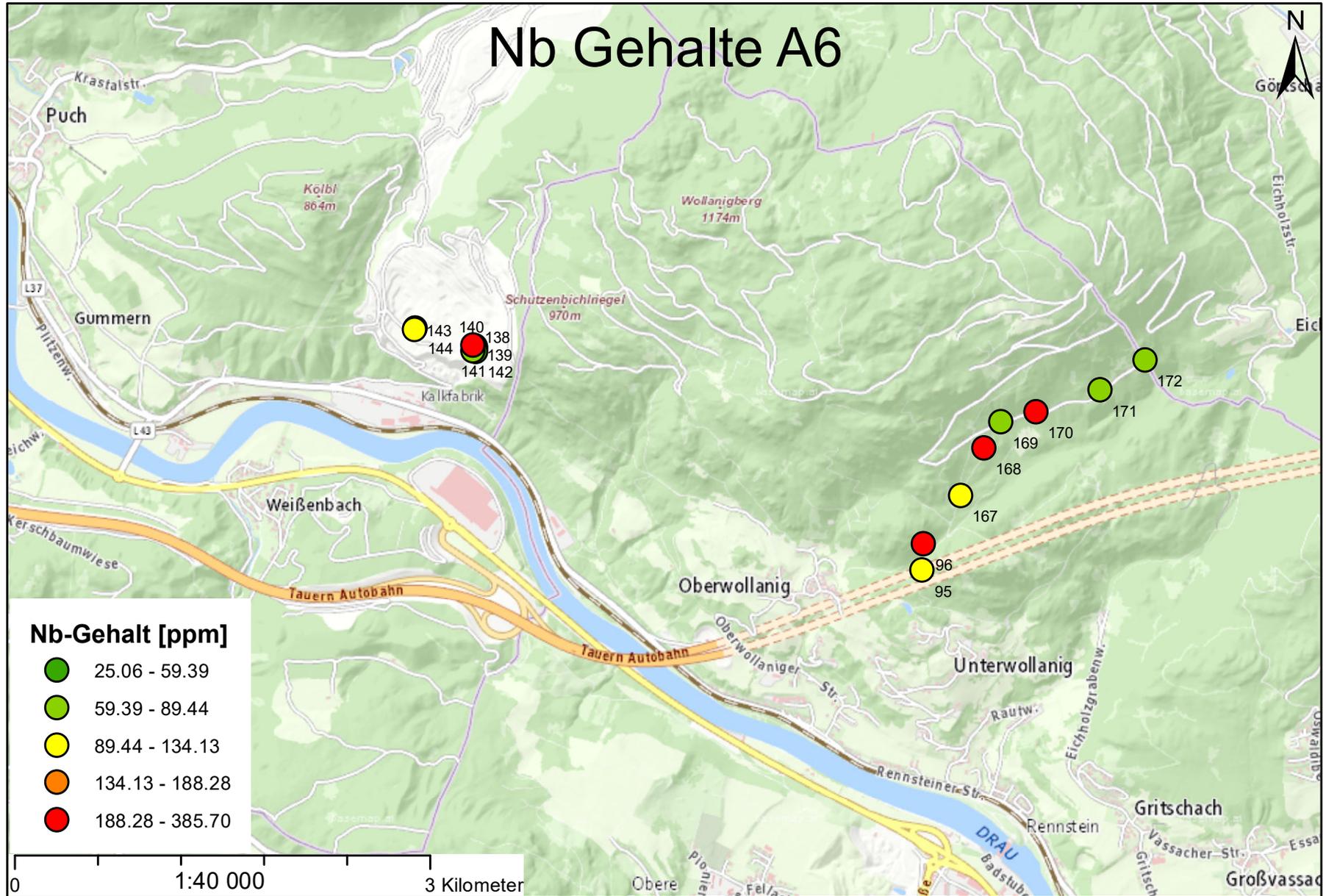
Nb Gehalte A4



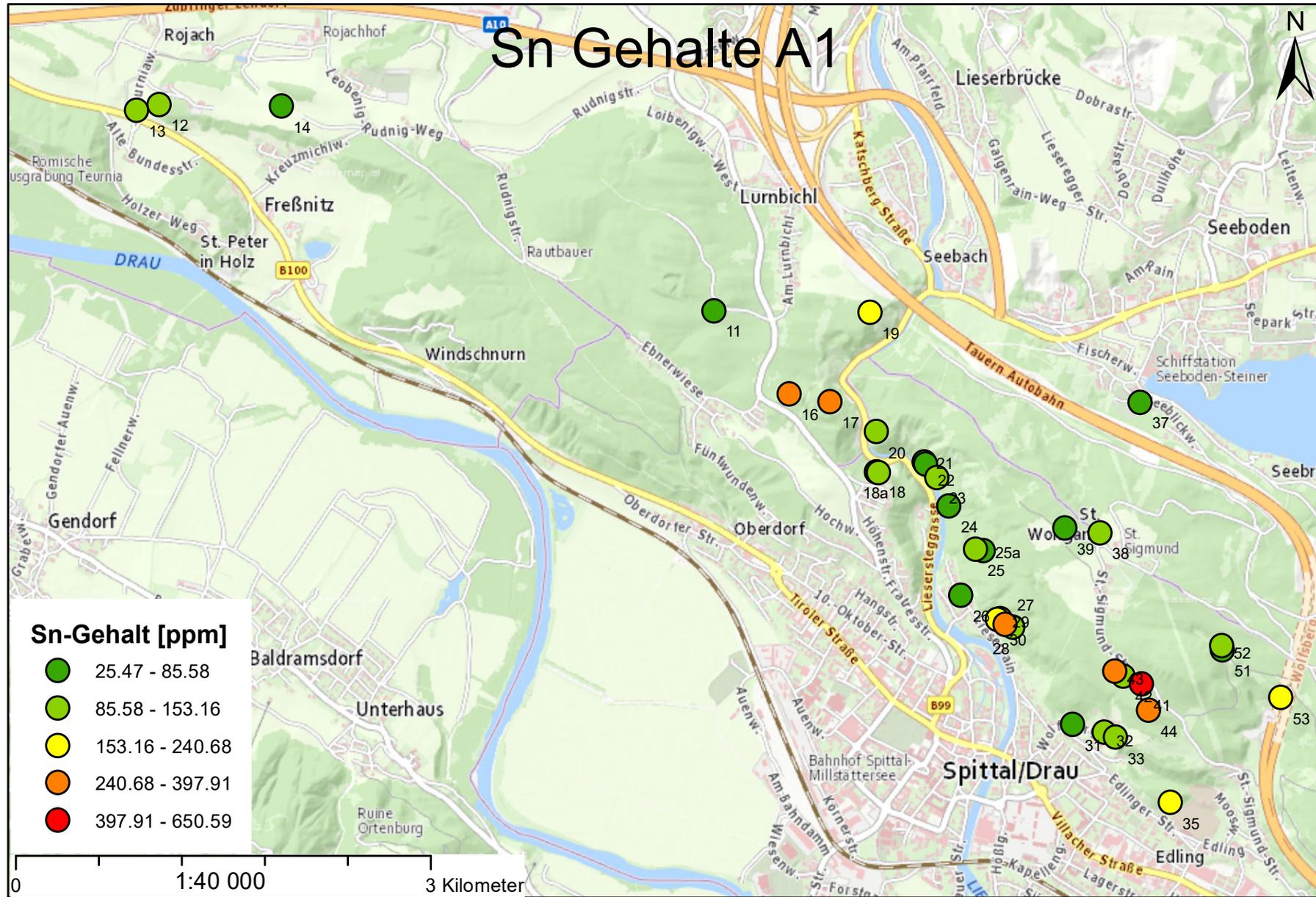
Nb Gehalte A5



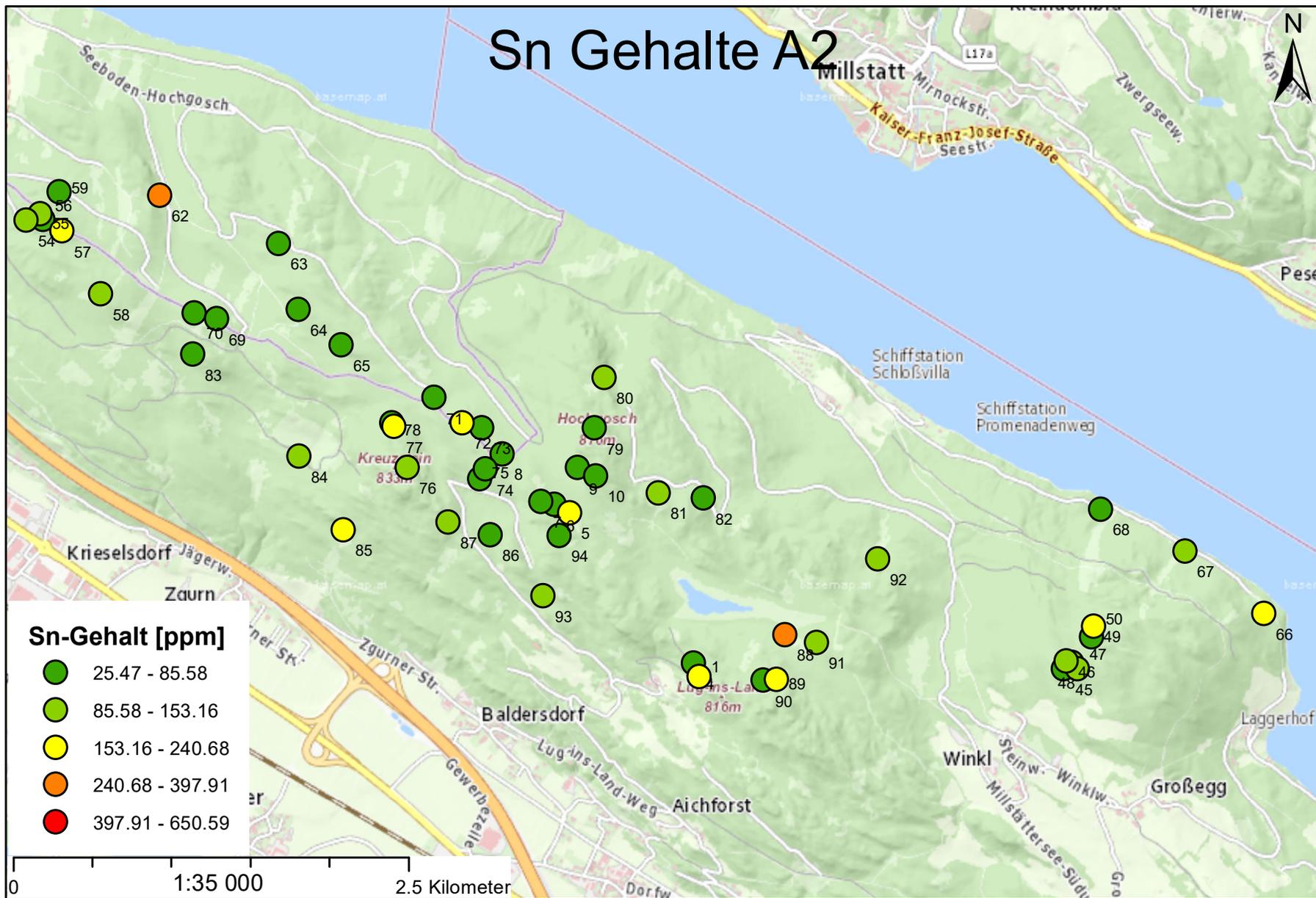
Nb Gehalte A6



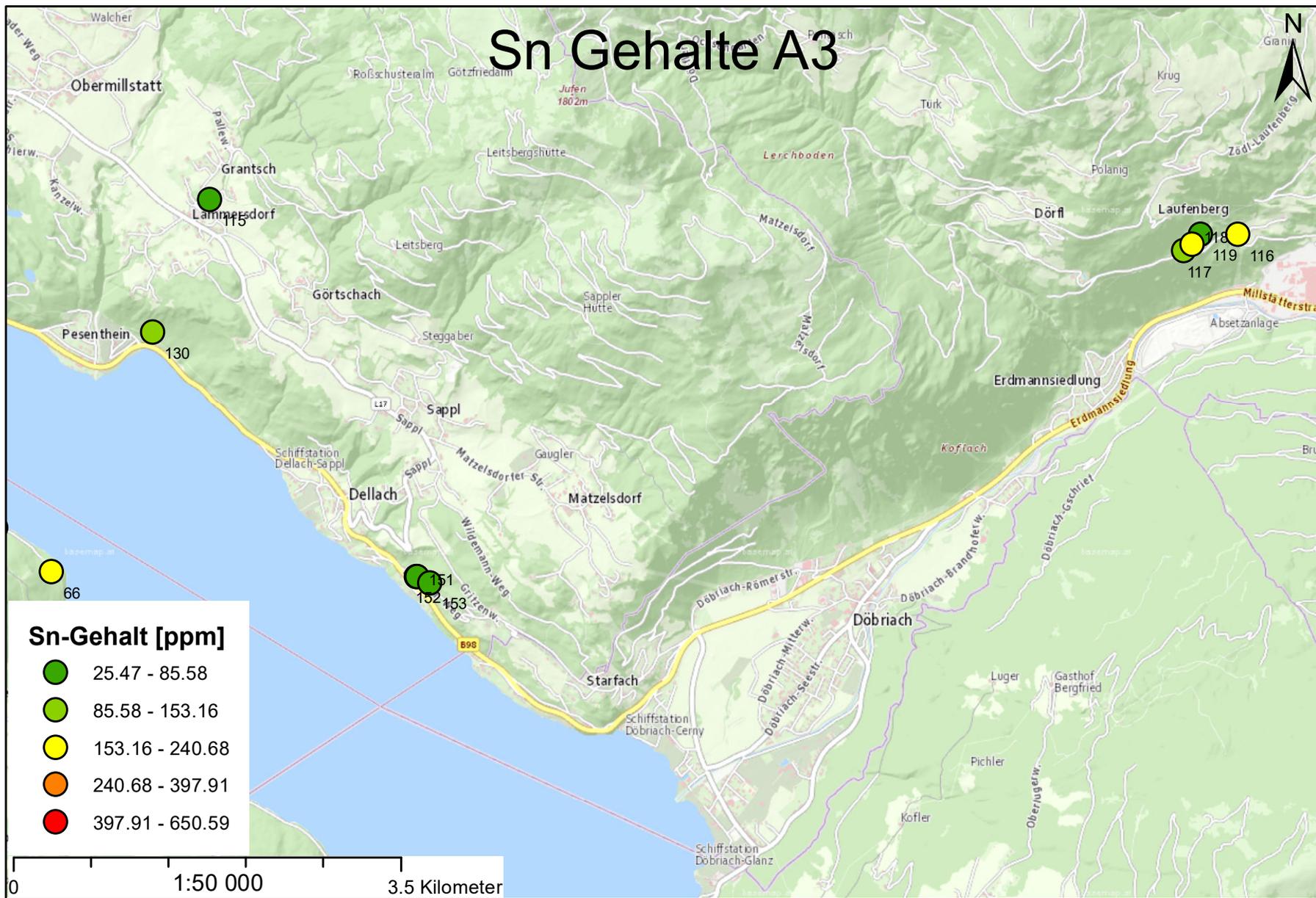
C.2.5 Zinn



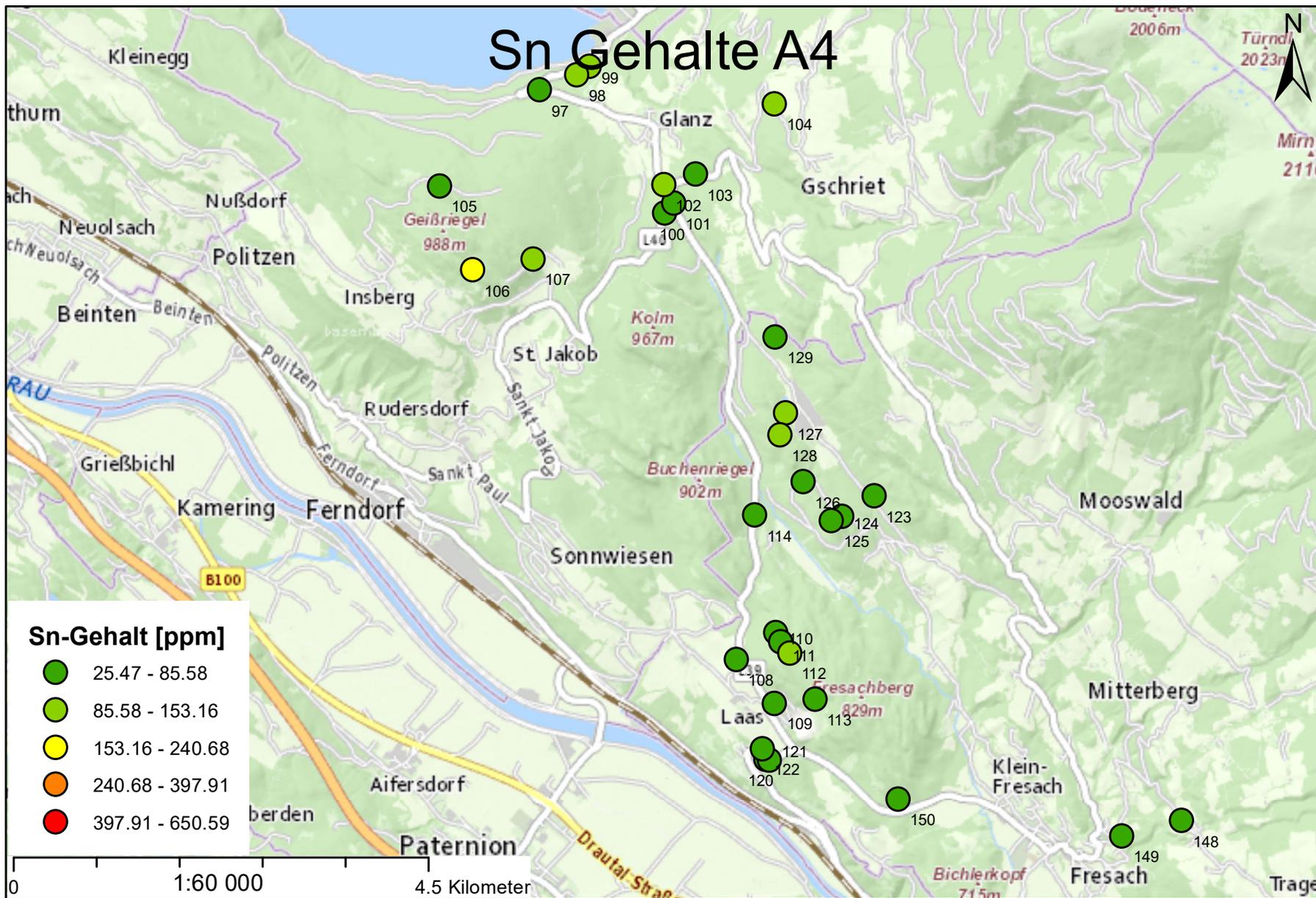
Sn Gehalte A2



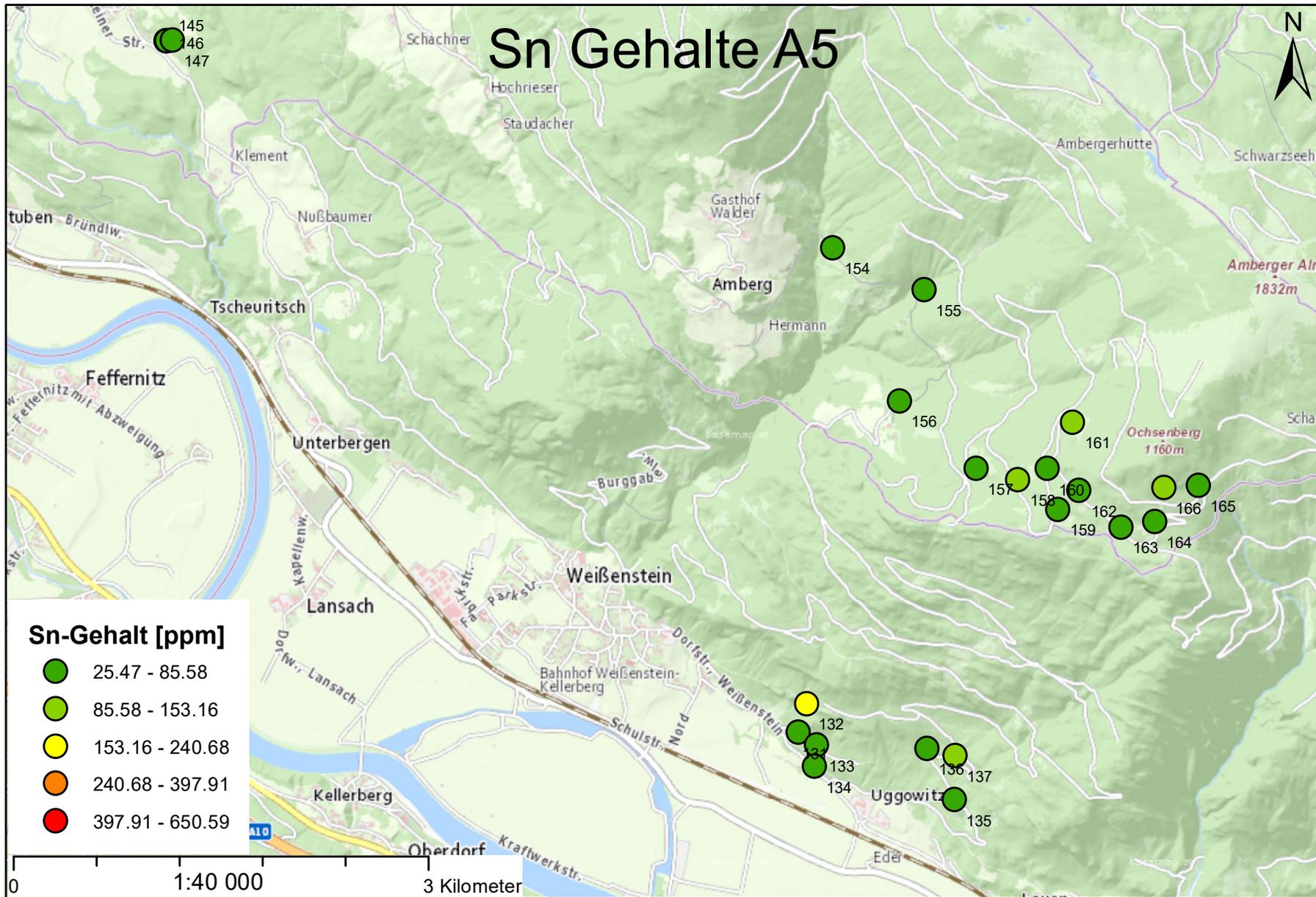
Sn Gehalte A3



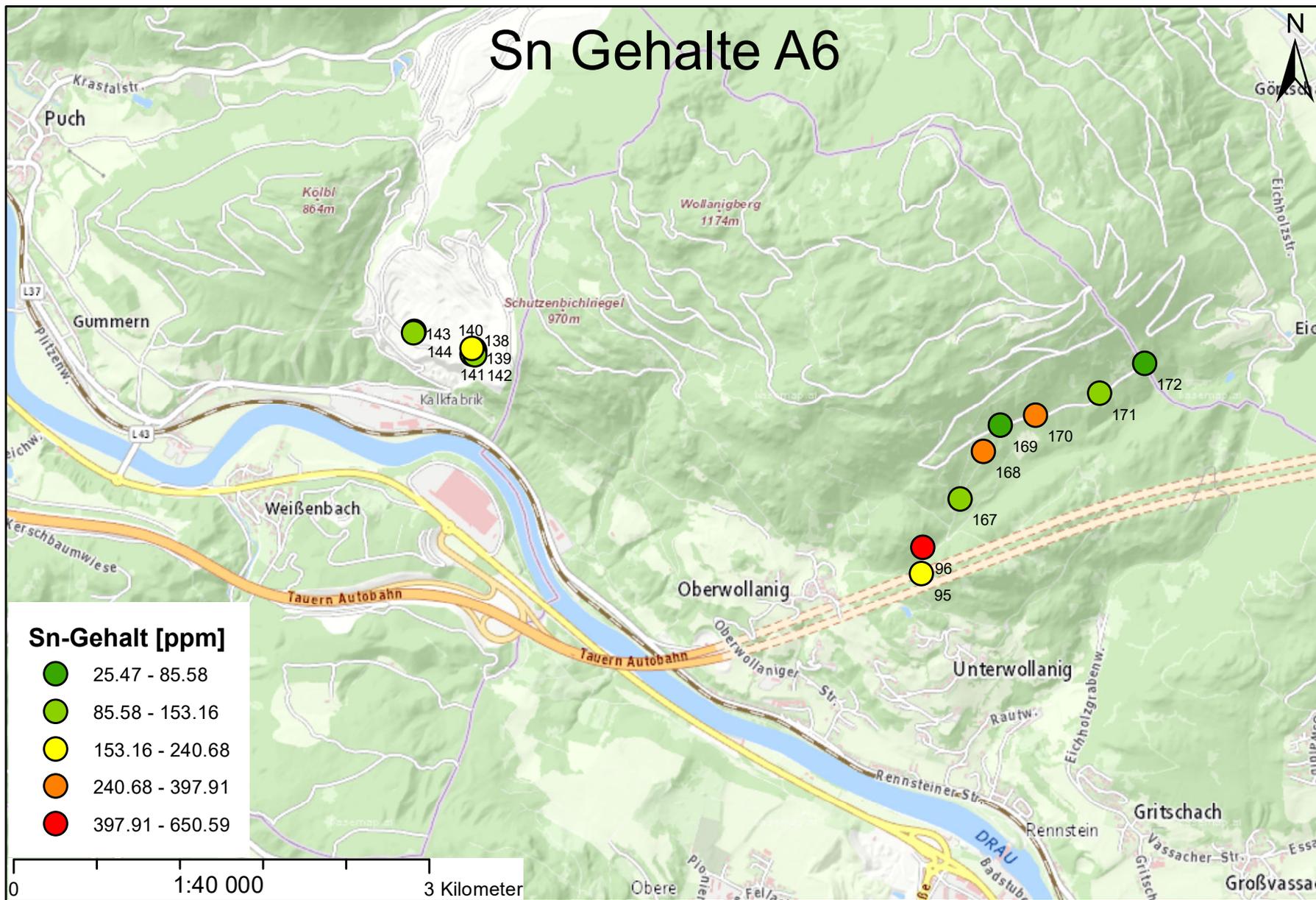
Sn Gehalte A4



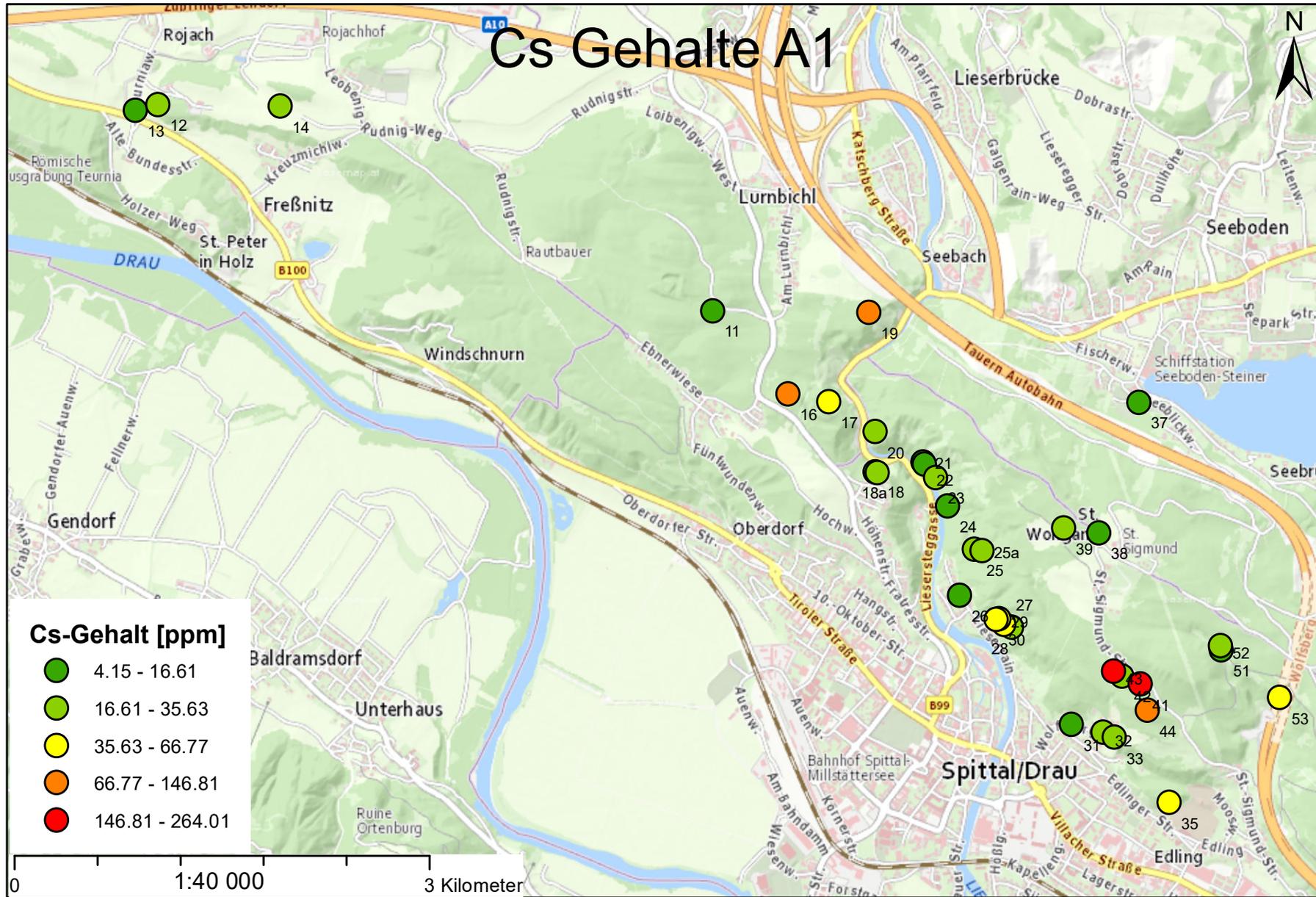
Sn Gehalte A5



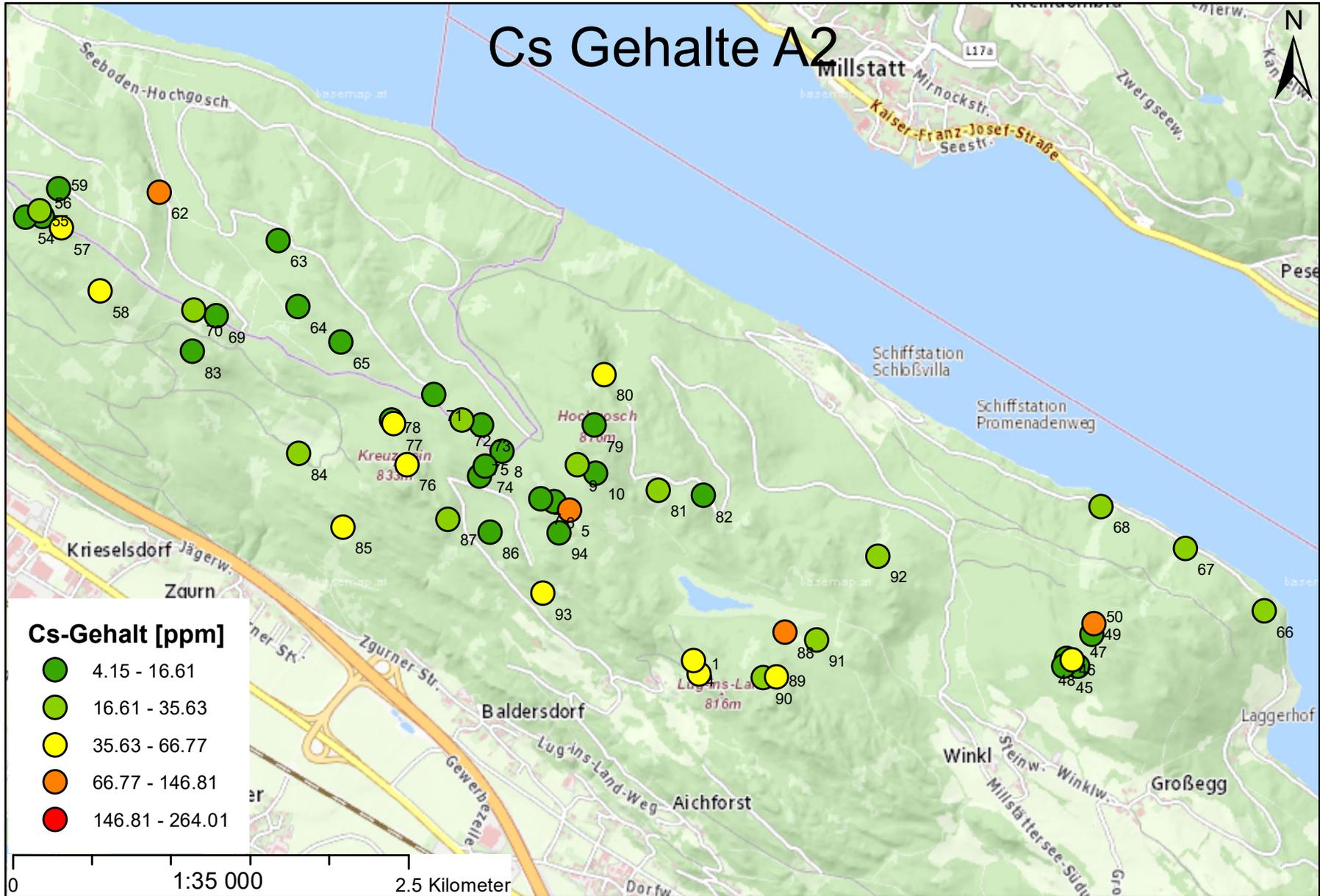
Sn Gehalte A6



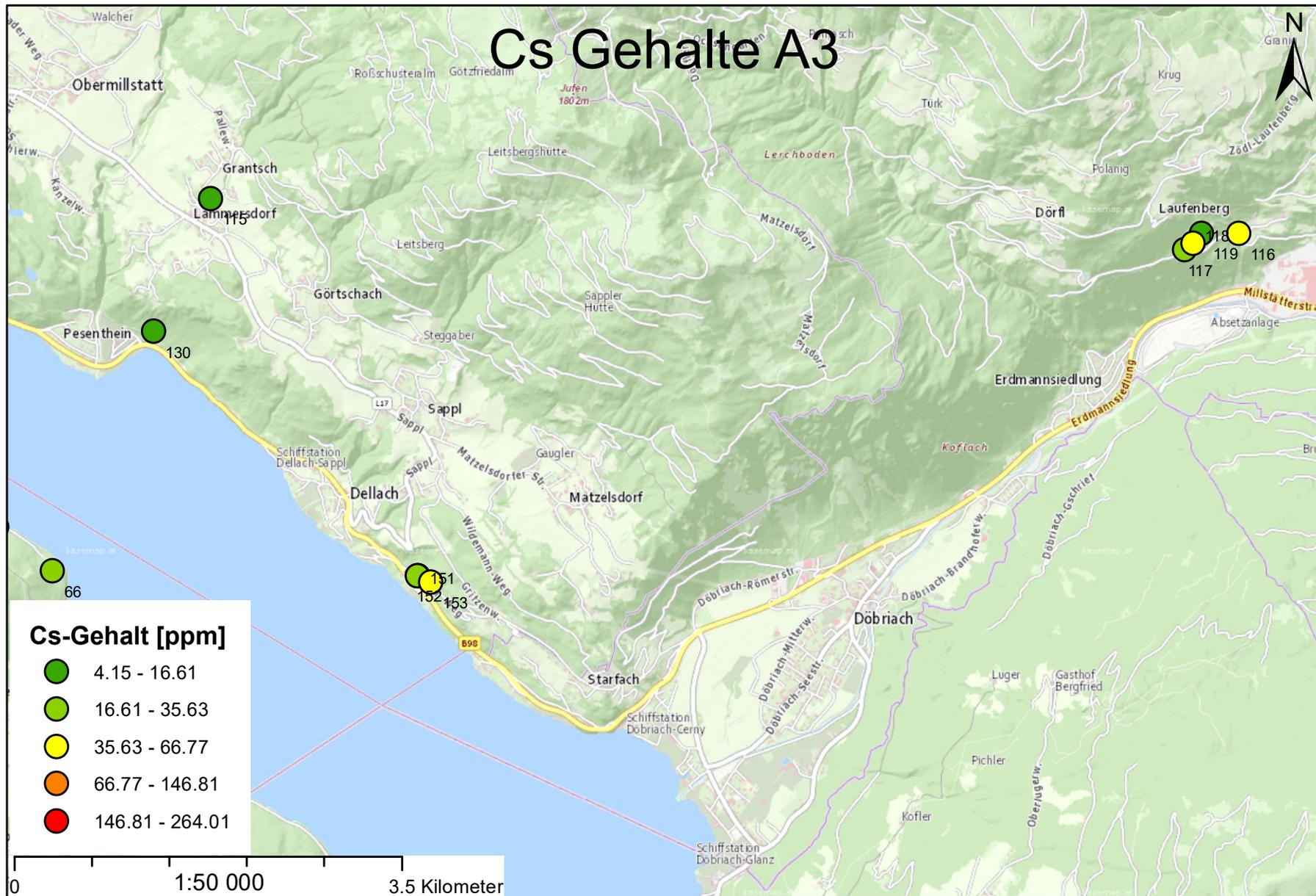
C.2.6 Cäsium



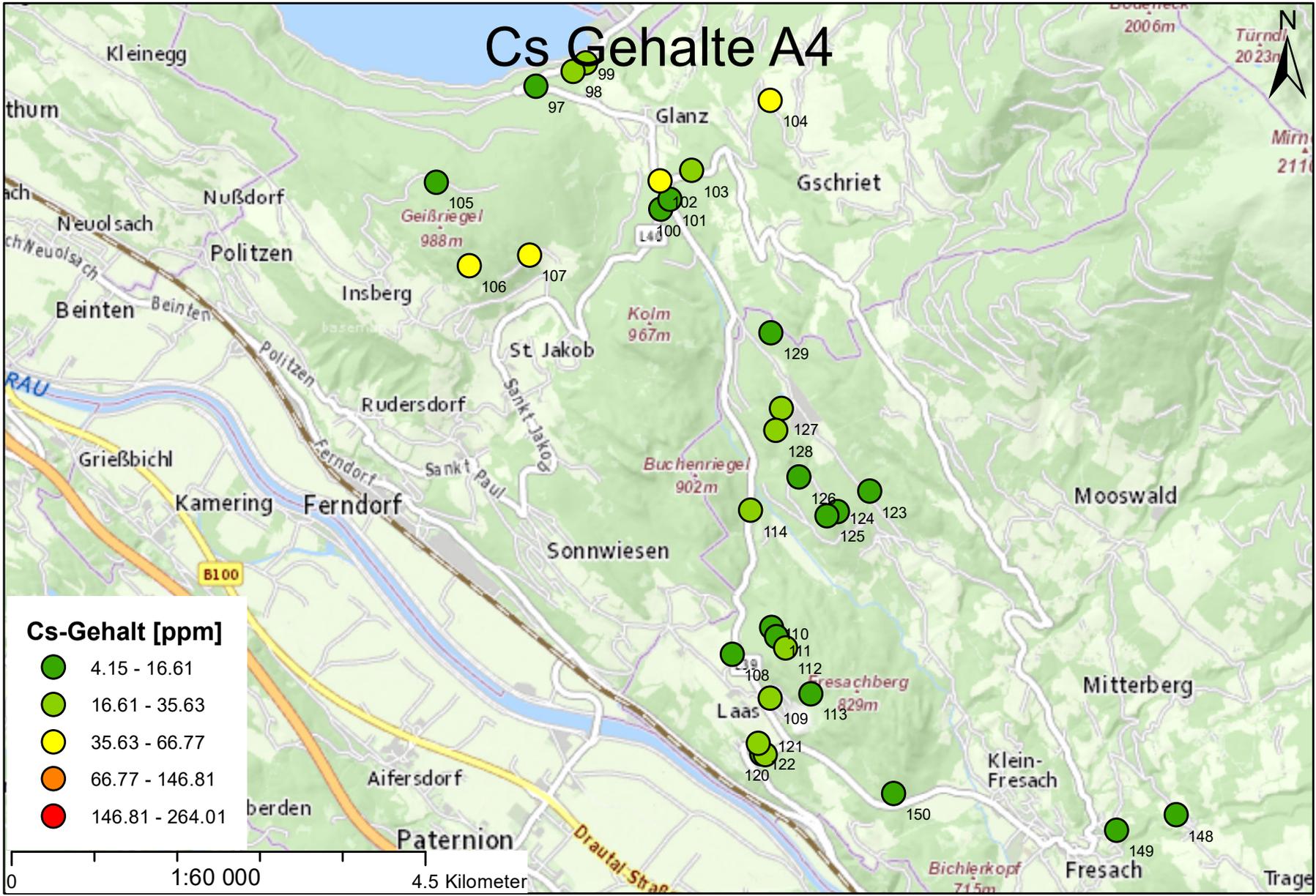
Cs Gehalte A2



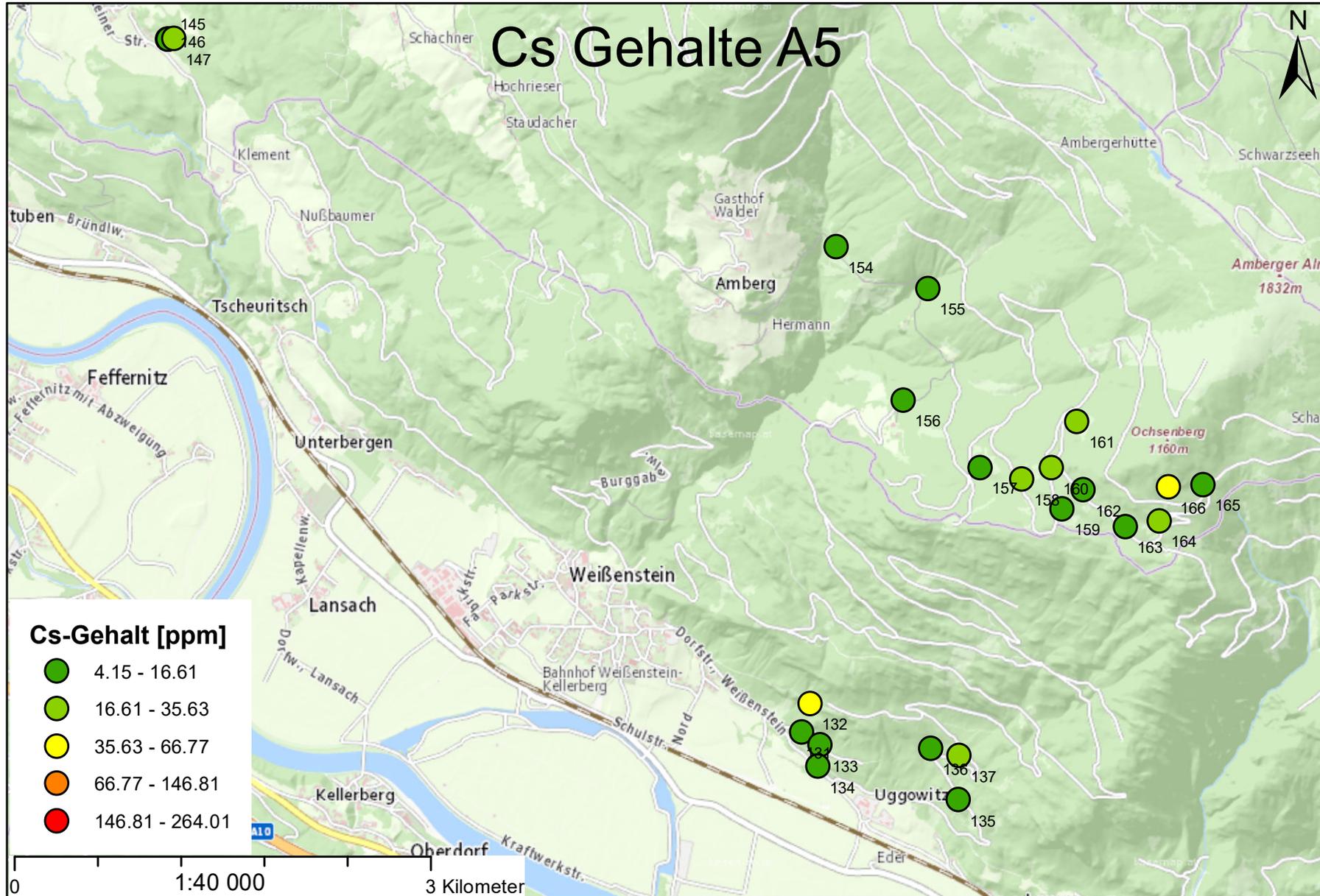
Cs Gehalte A3



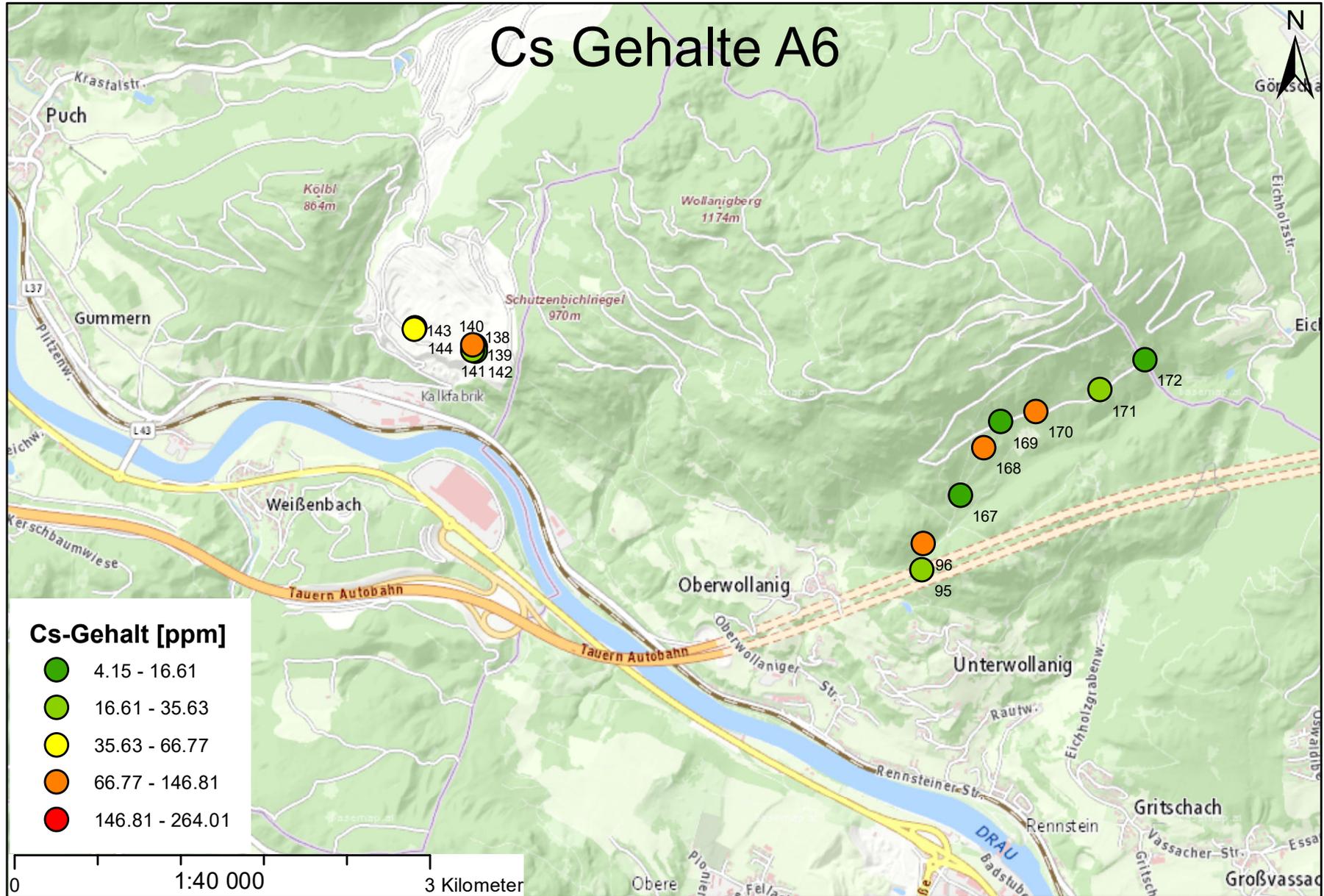
Cs Gehalte A4



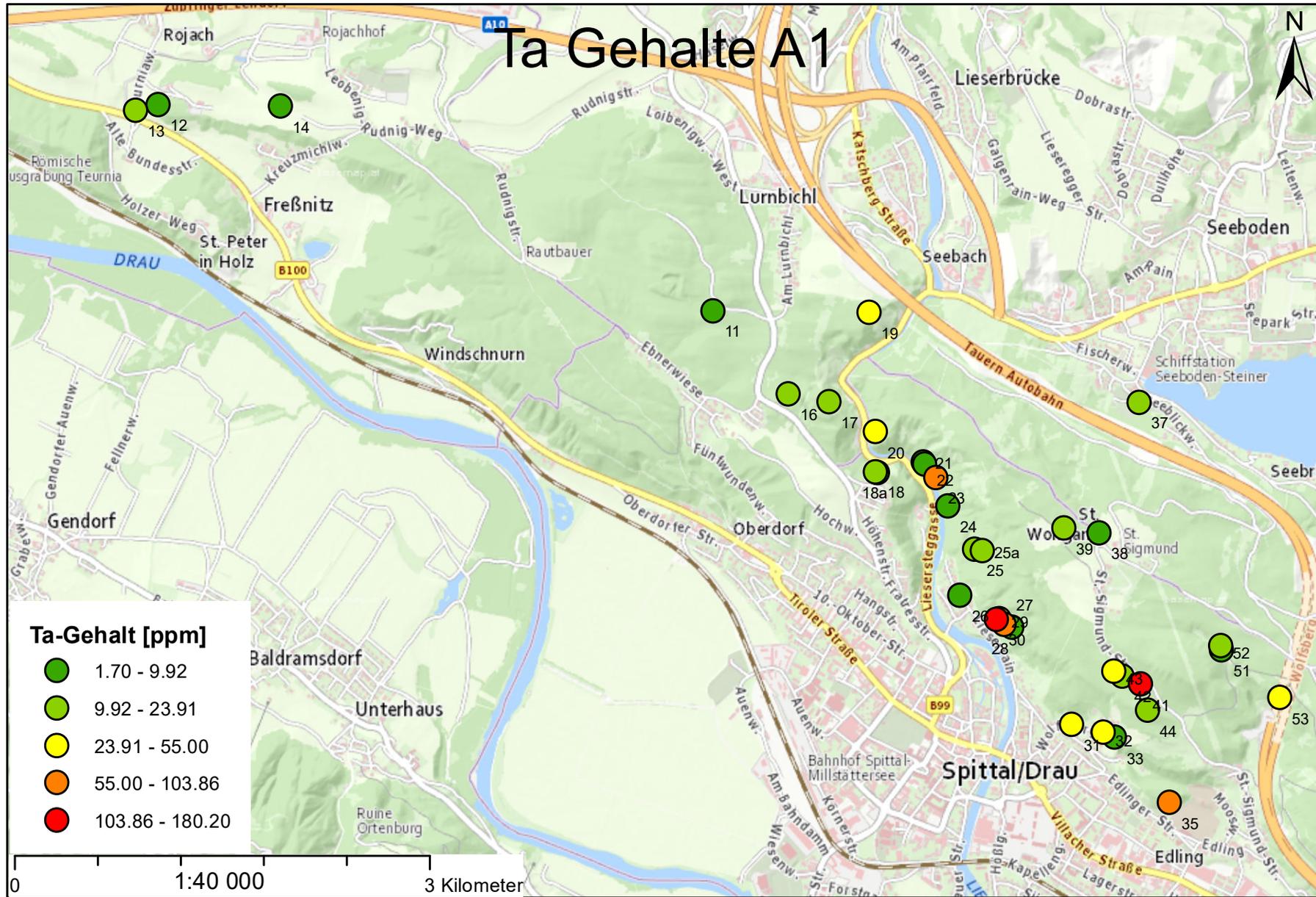
Cs Gehalte A5



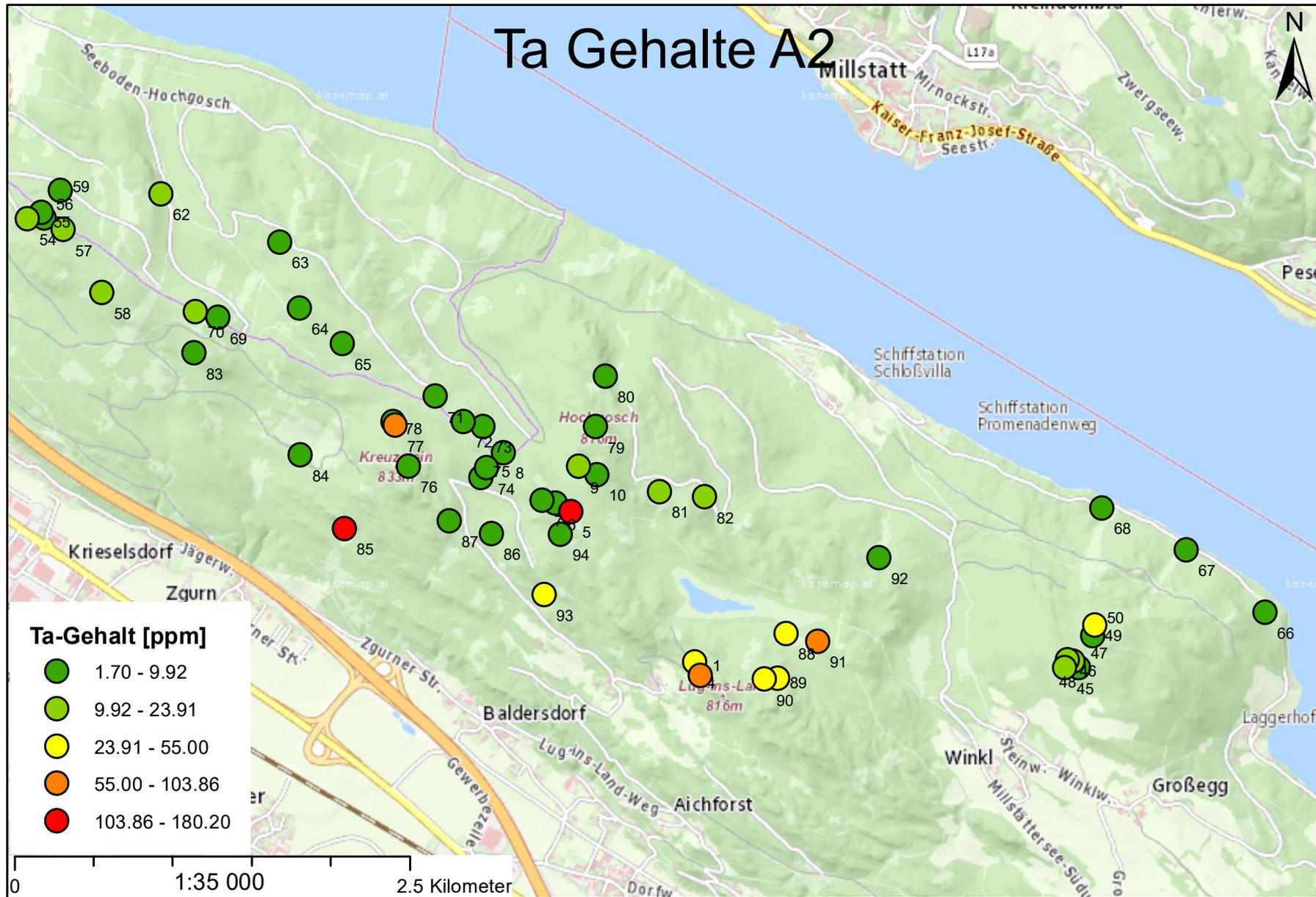
Cs Gehalte A6



C.2.7 Tantal



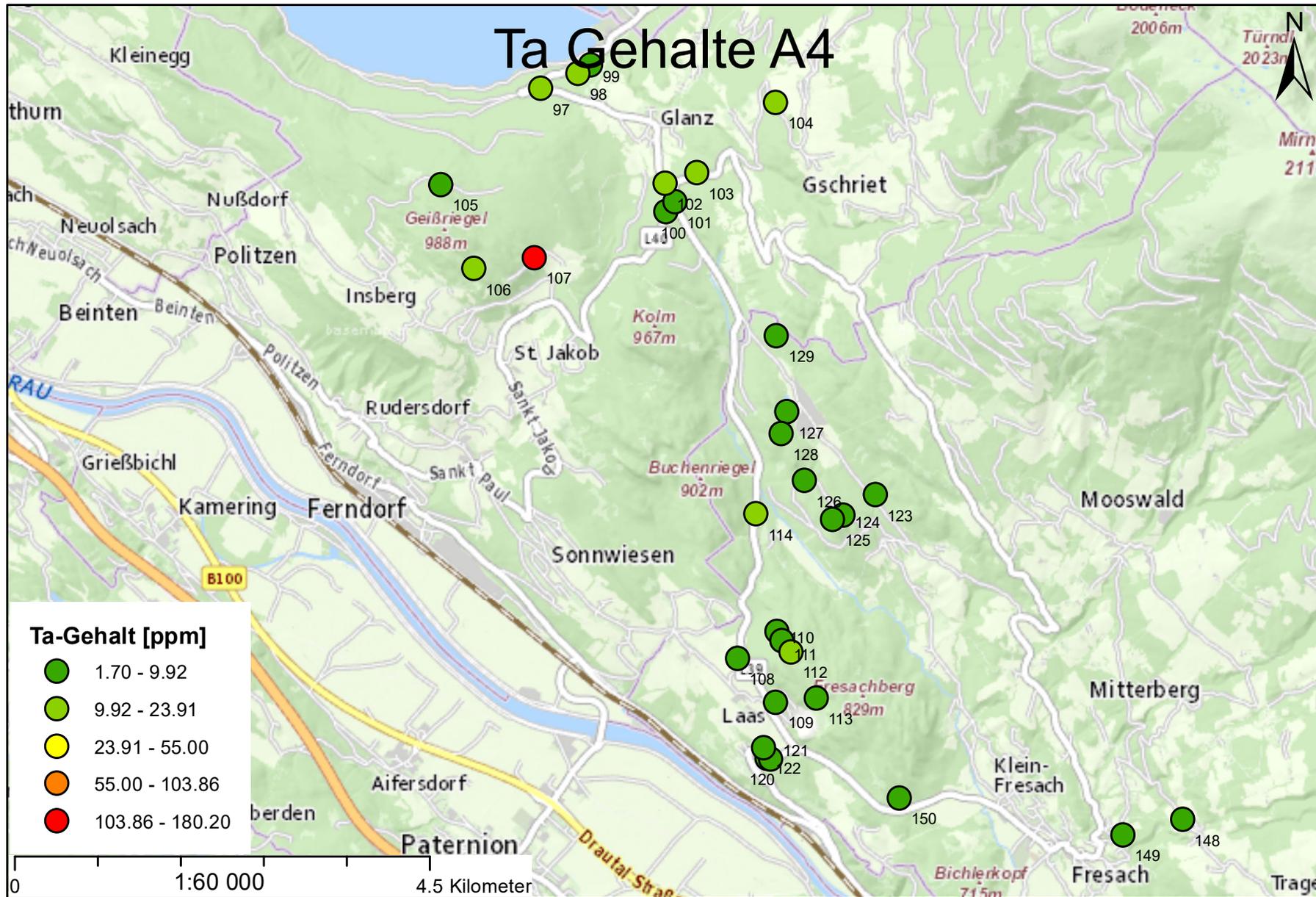
Ta Gehalte A2



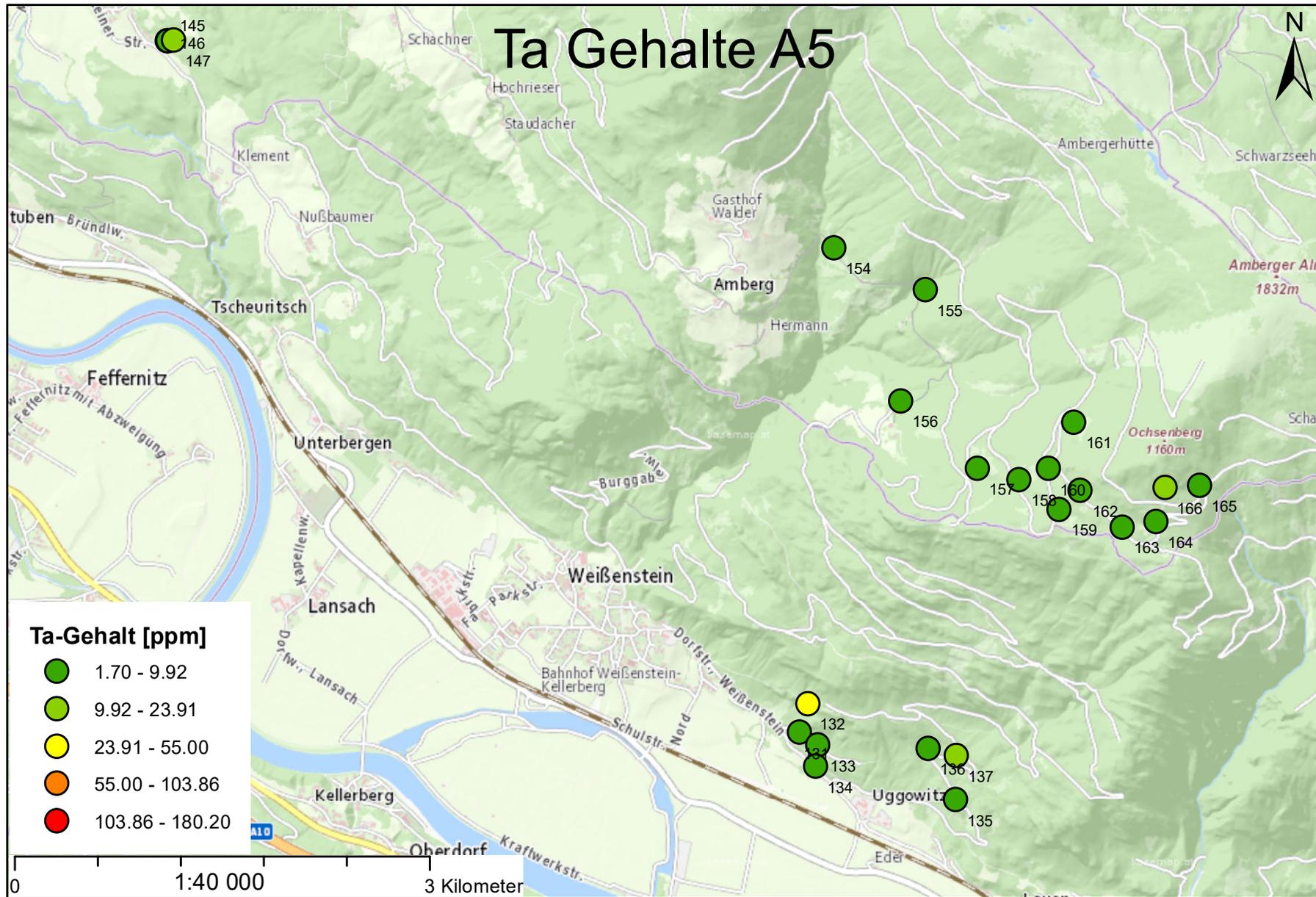
Ta Gehalte A3



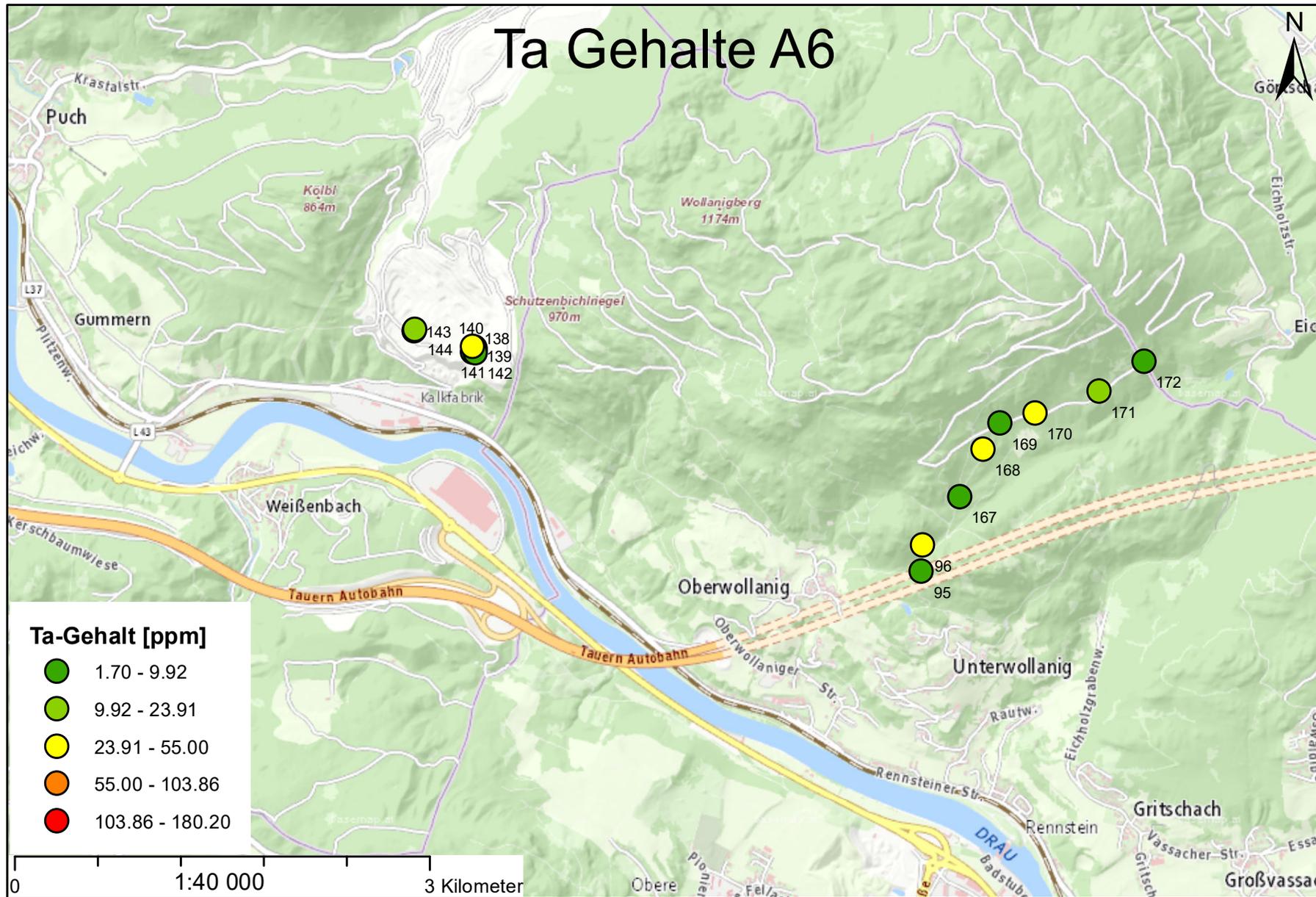
Ta Gehalte A4



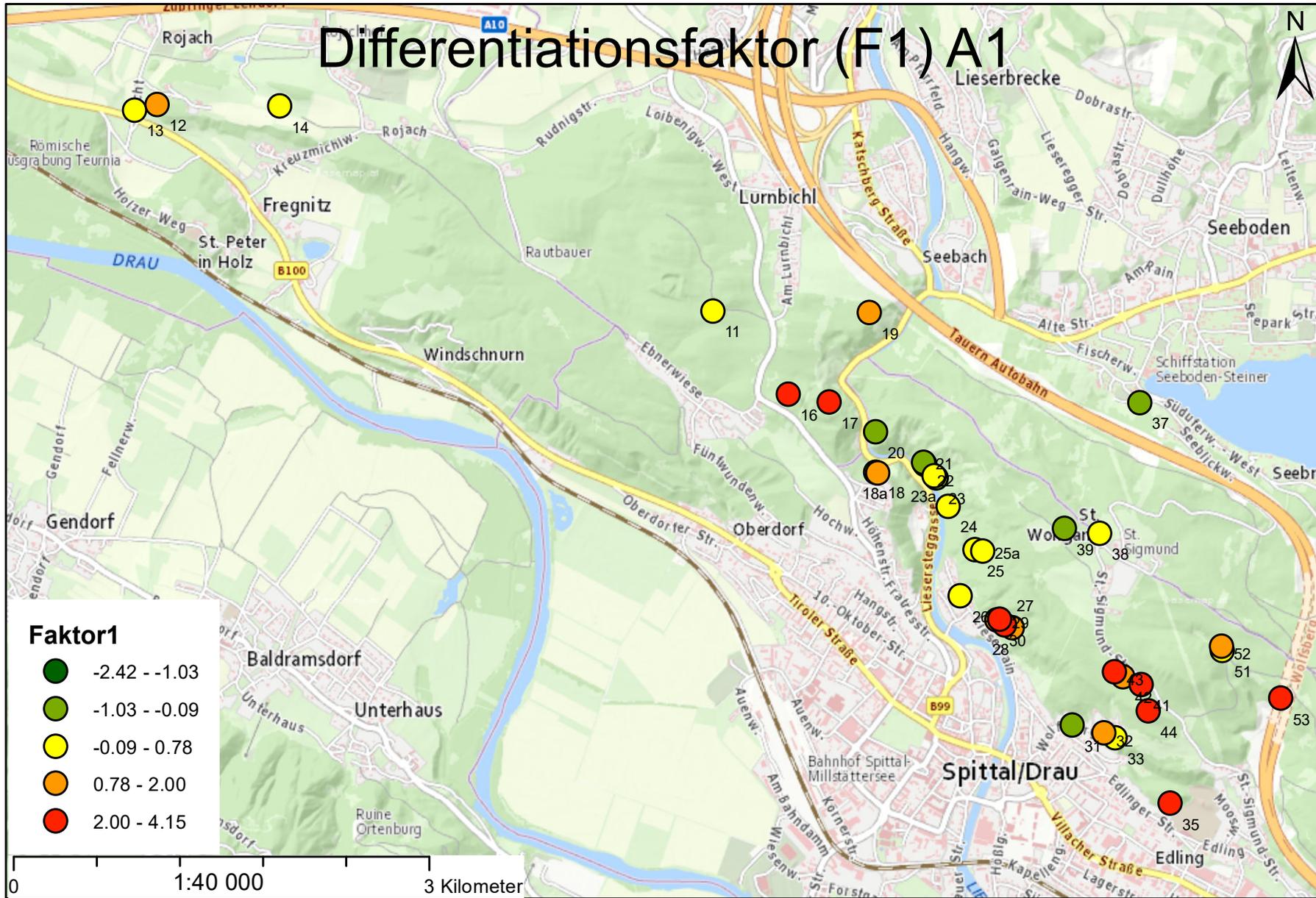
Ta Gehalte A5



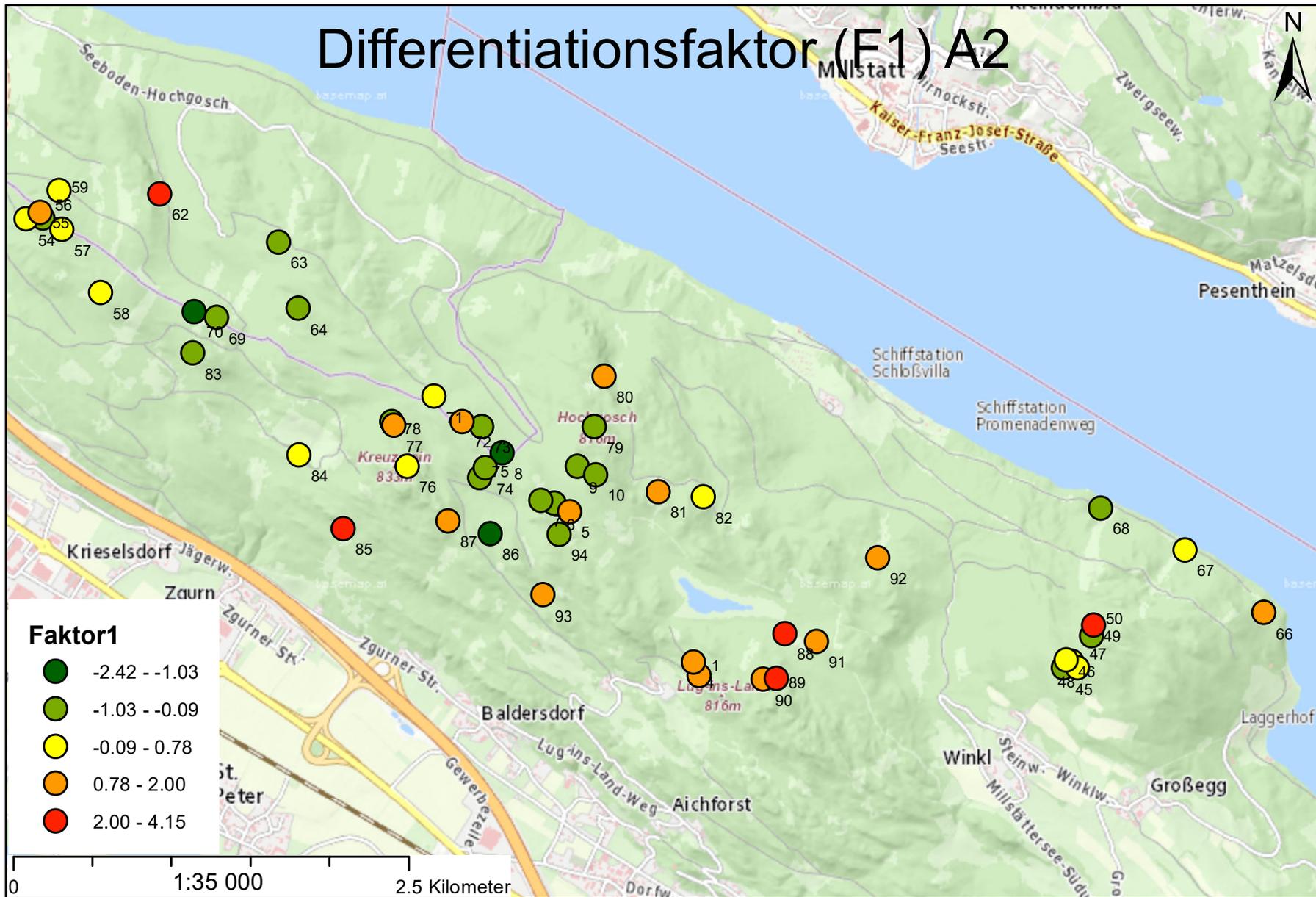
Ta Gehalte A6



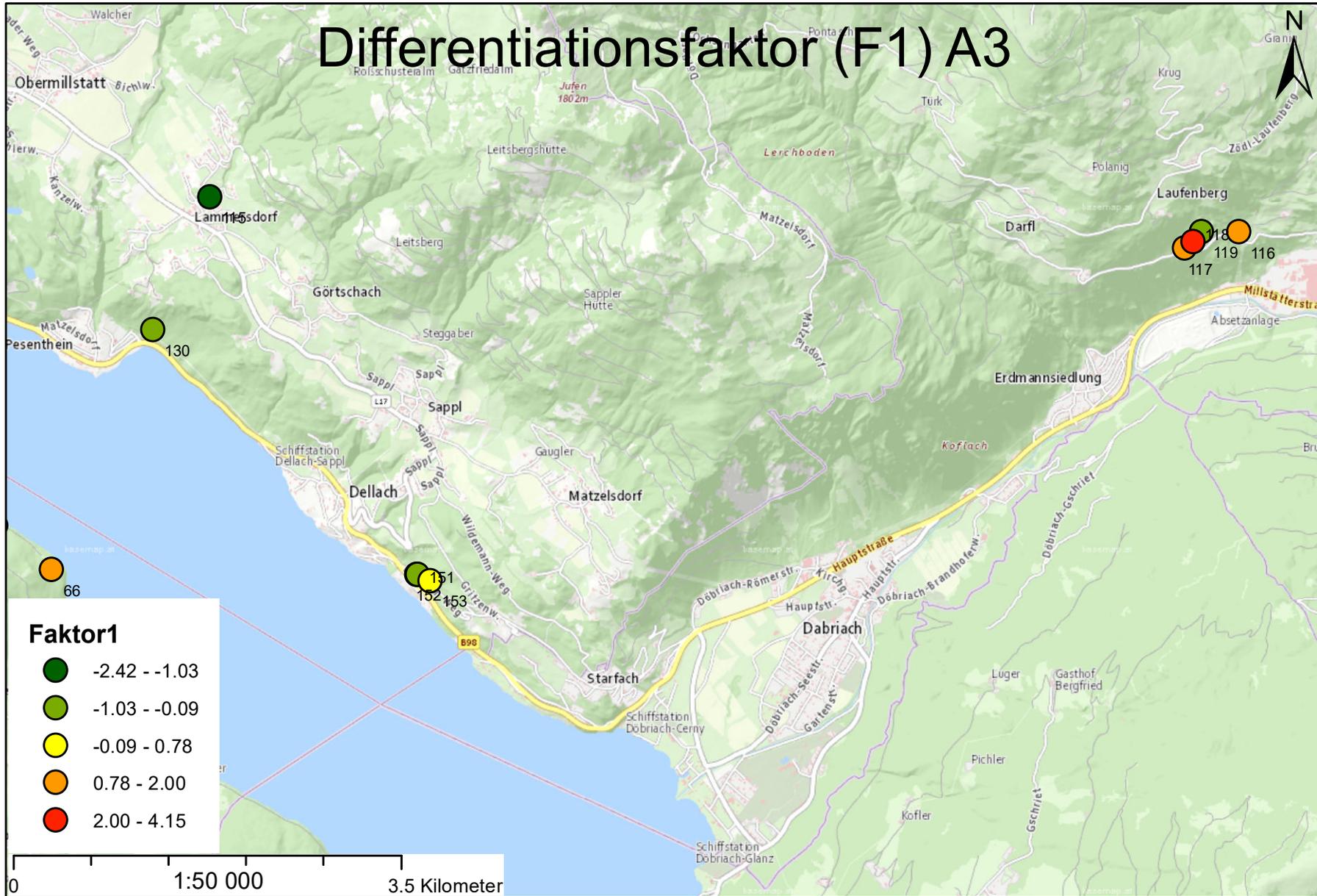
C.2.8 Differentiationsfaktor (F1)



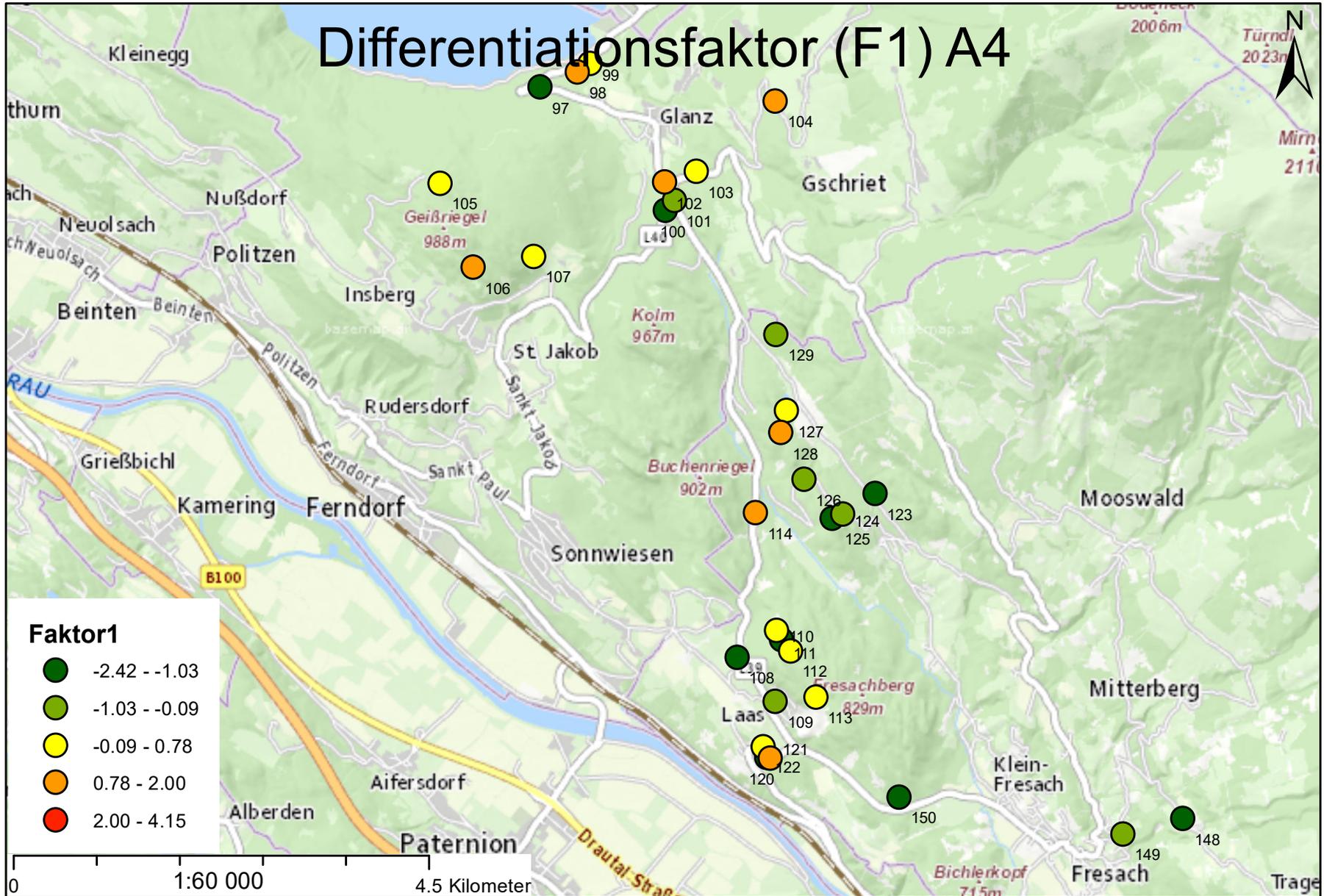
Differentiationsfaktor (F1) A2



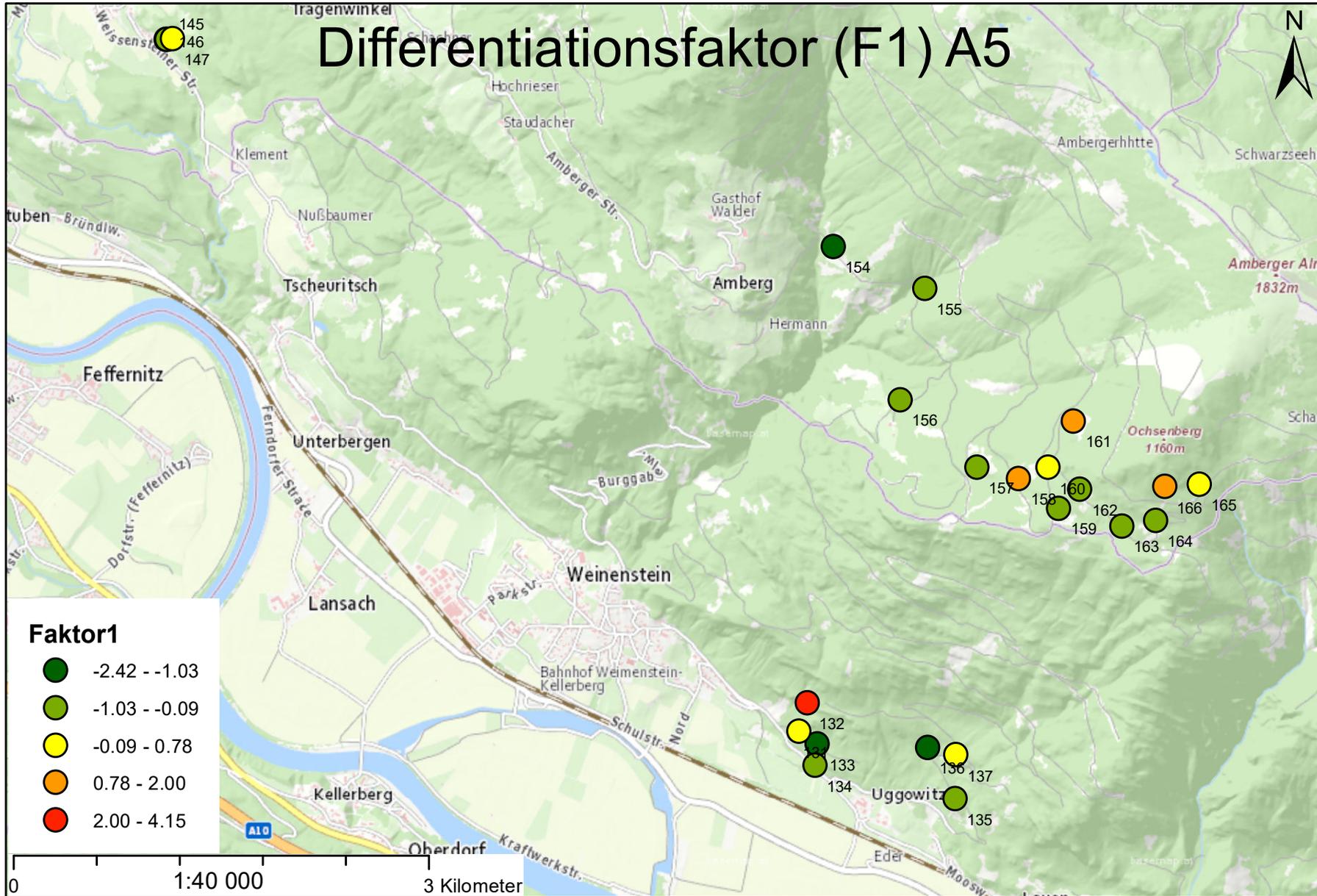
Differentiationsfaktor (F1) A3



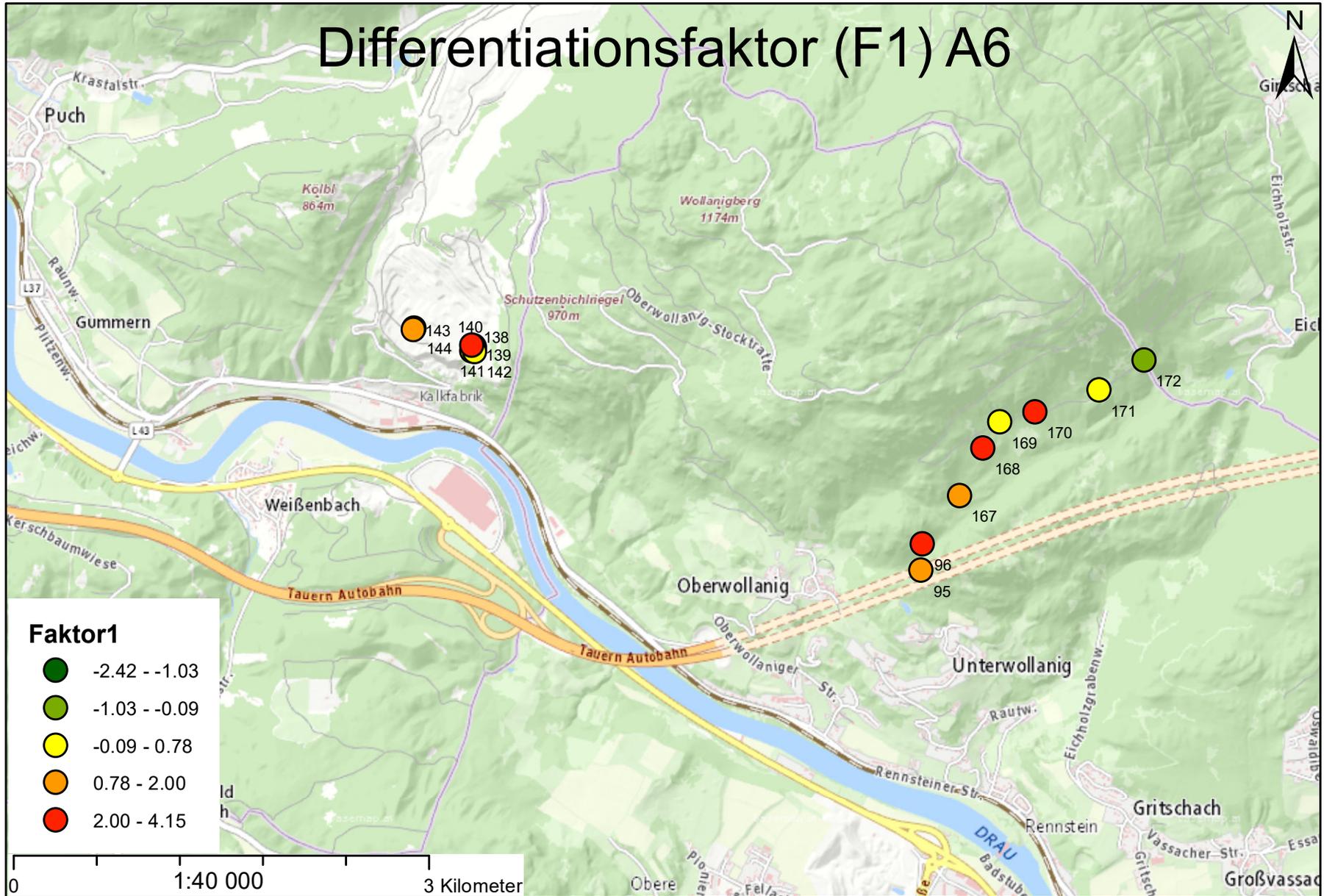
Differentiationsfaktor (F1) A4



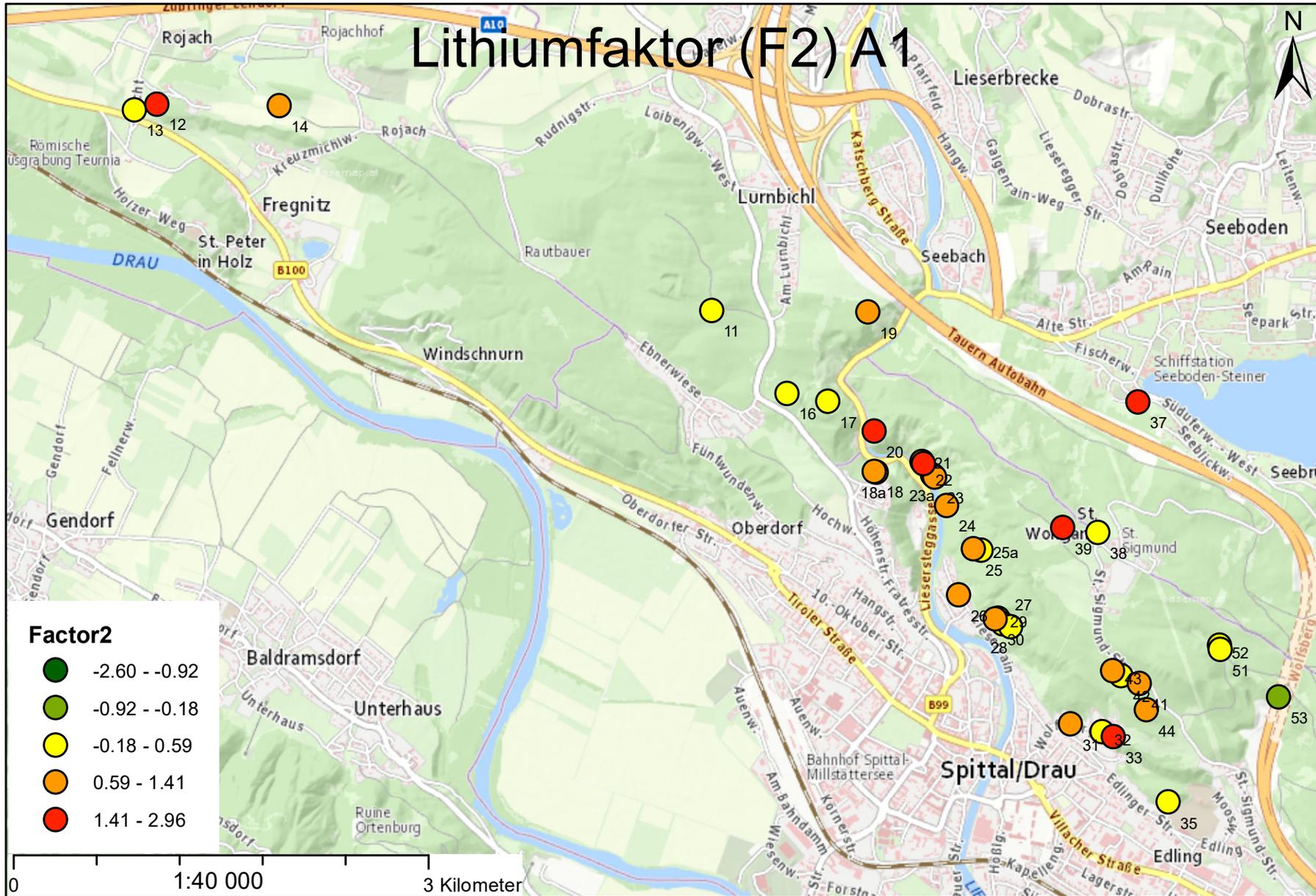
Differentiationsfaktor (F1) A5



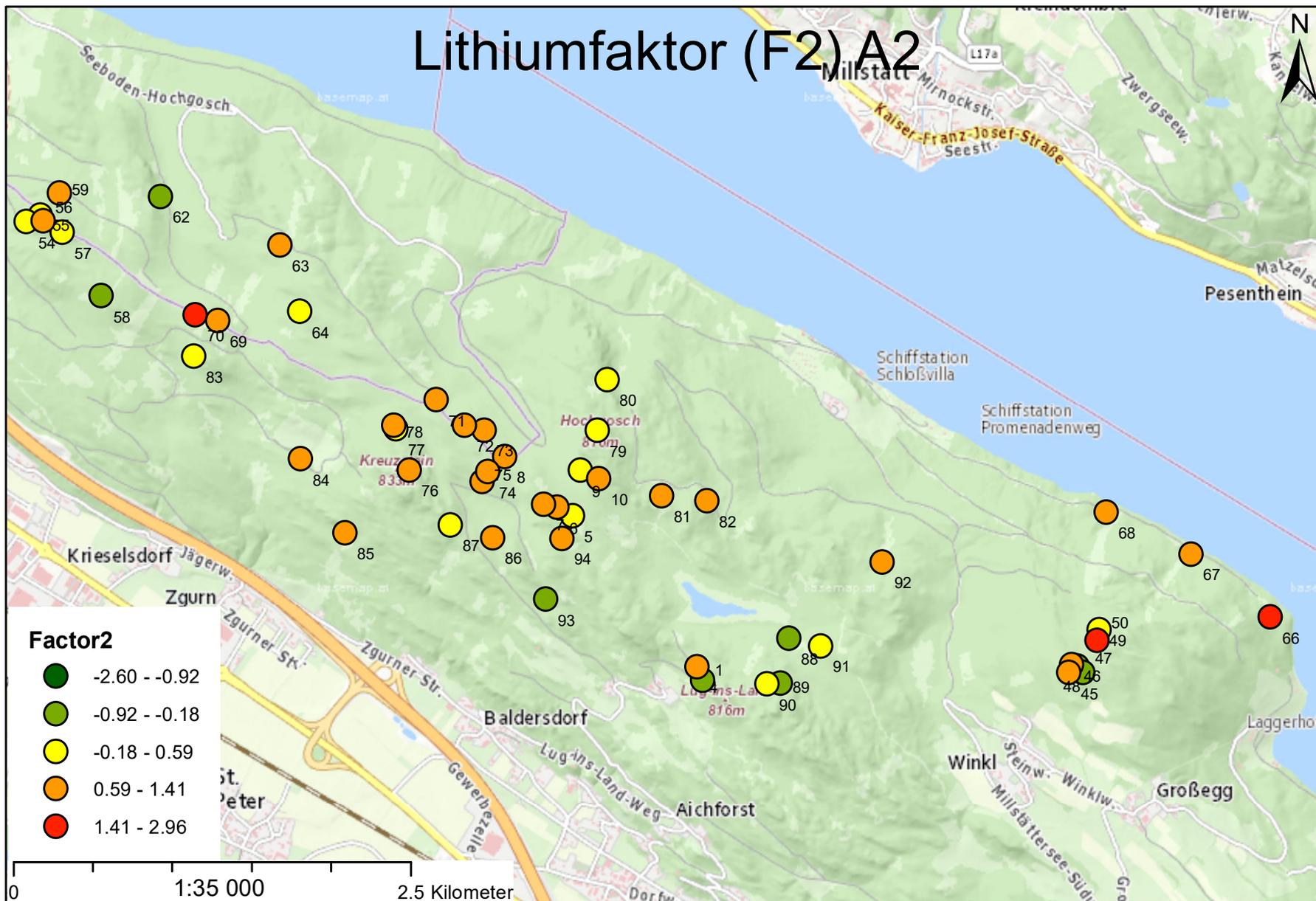
Differentiationsfaktor (F1) A6



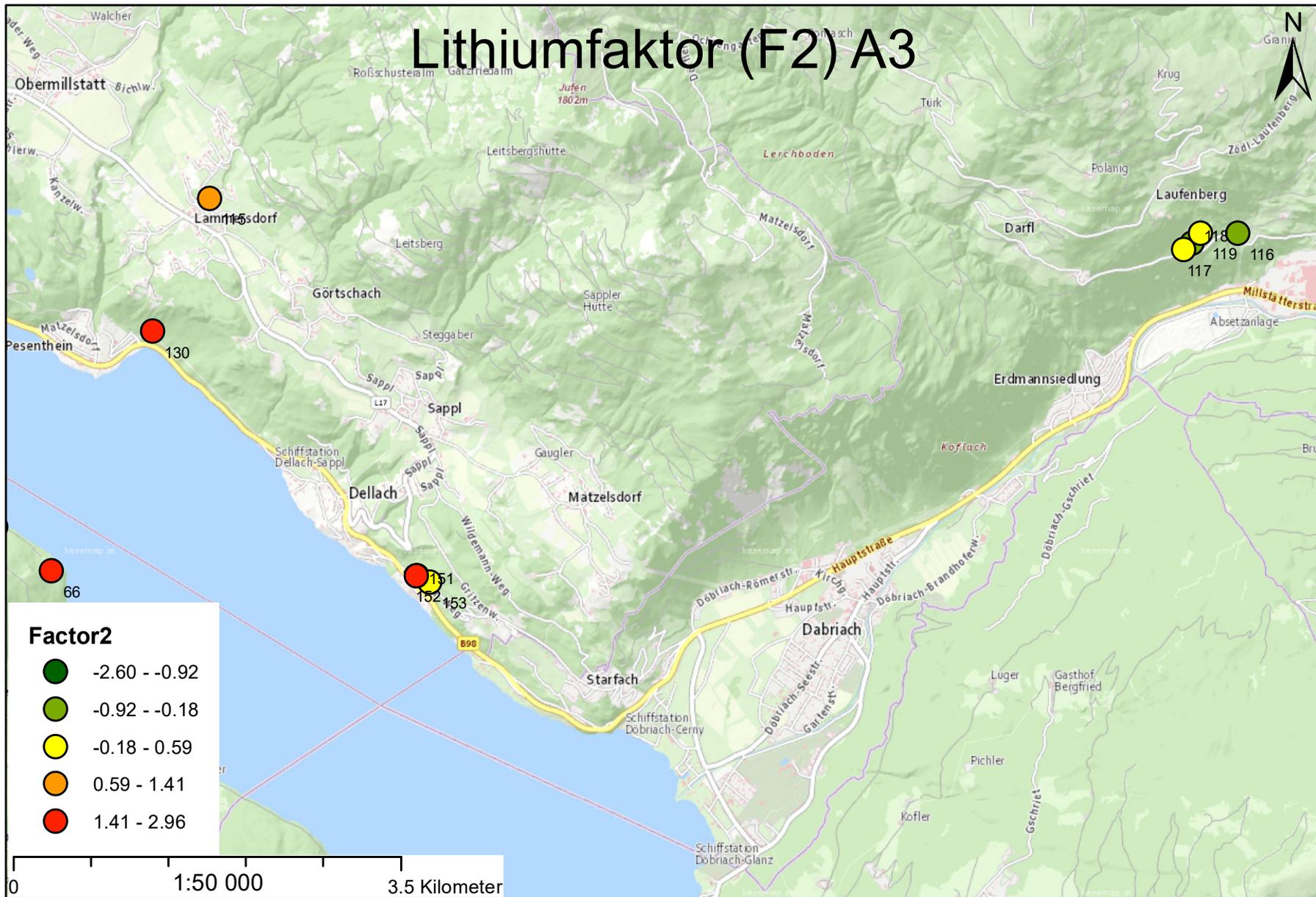
C.2.9 Lithiumfaktor (F2)



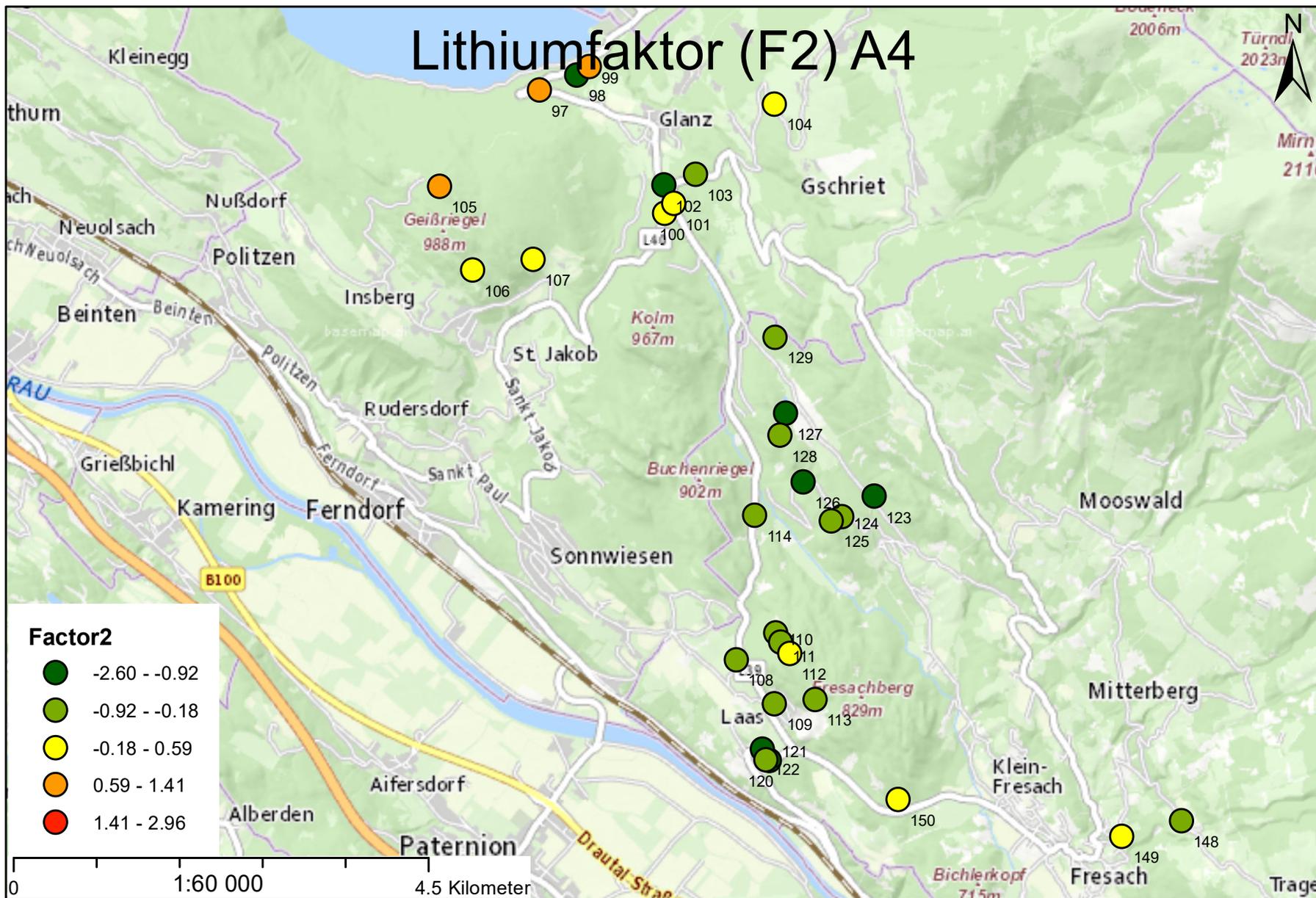
Lithiumfaktor (F2) A2



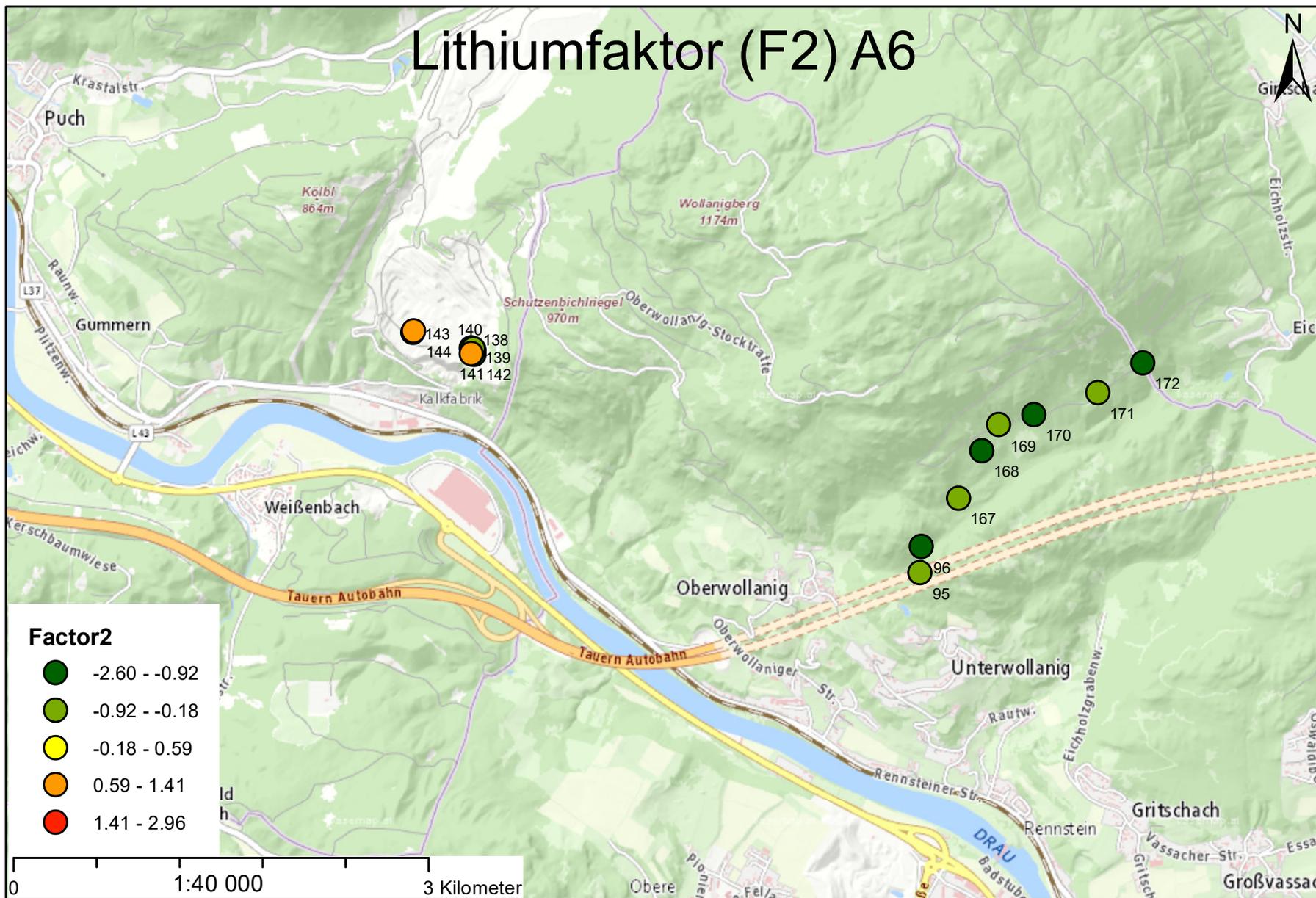
Lithiumfaktor (F2) A3



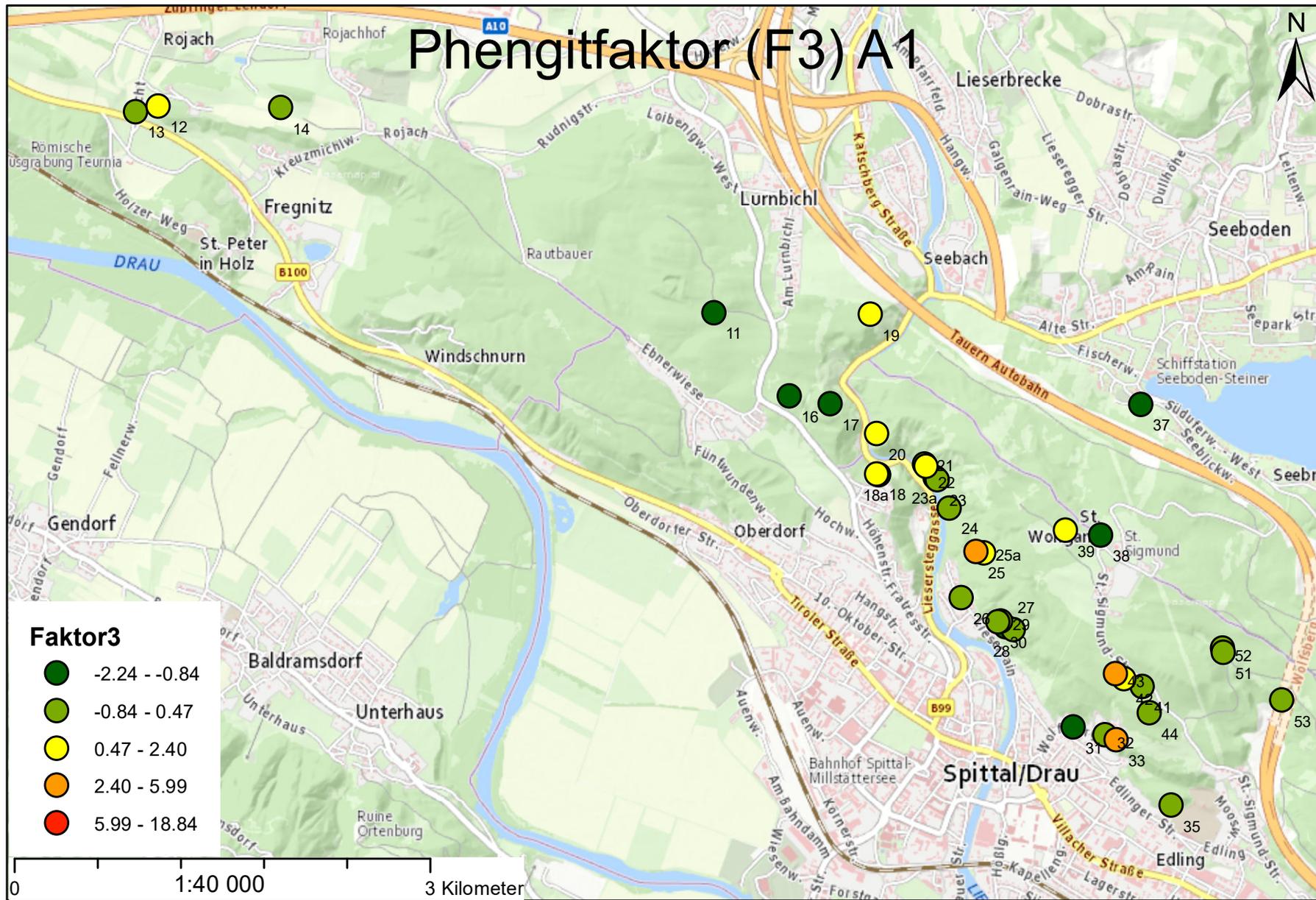
Lithiumfaktor (F2) A4



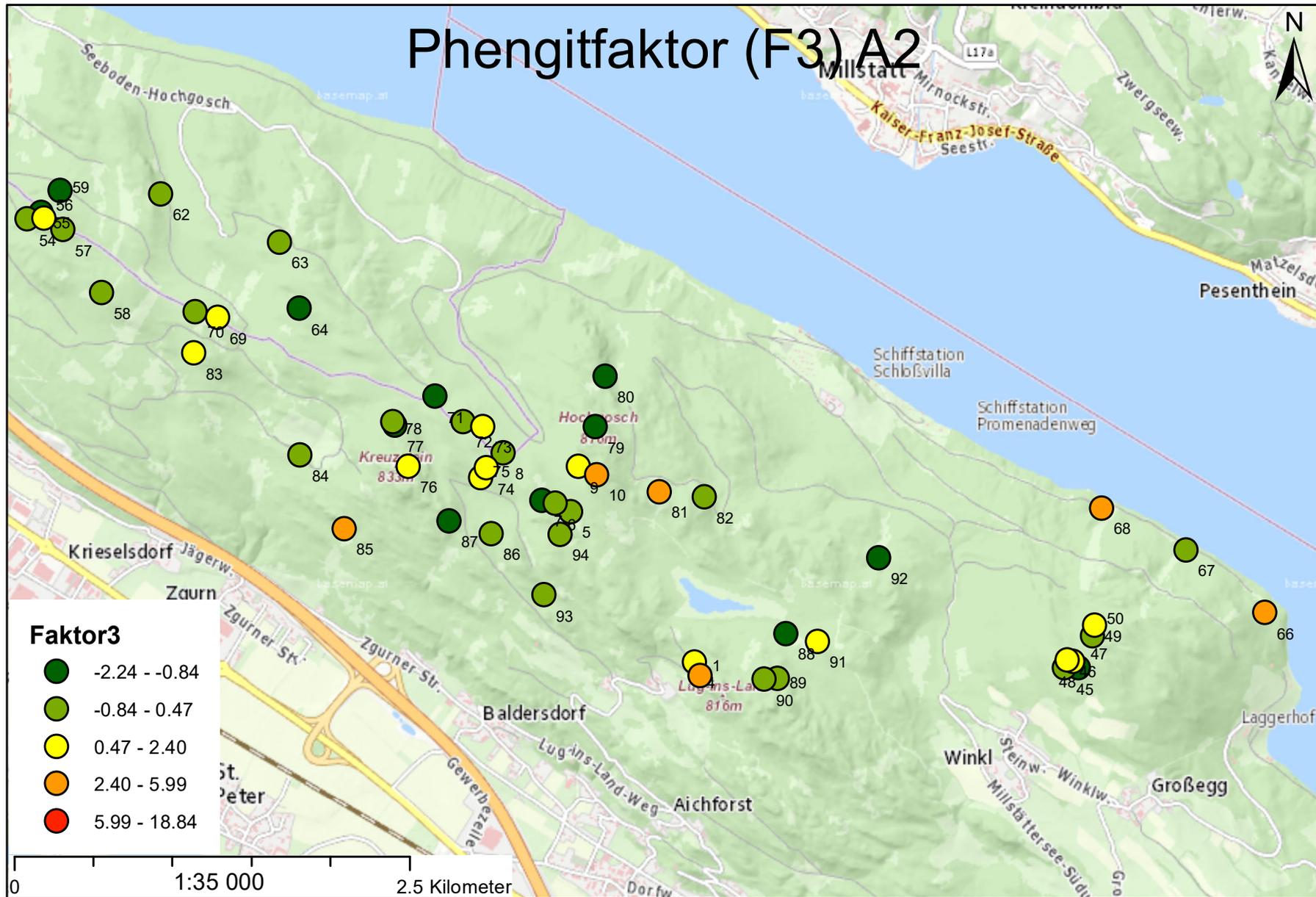
Lithiumfaktor (F2) A6



C.2.10 Phengitfaktor (F3)



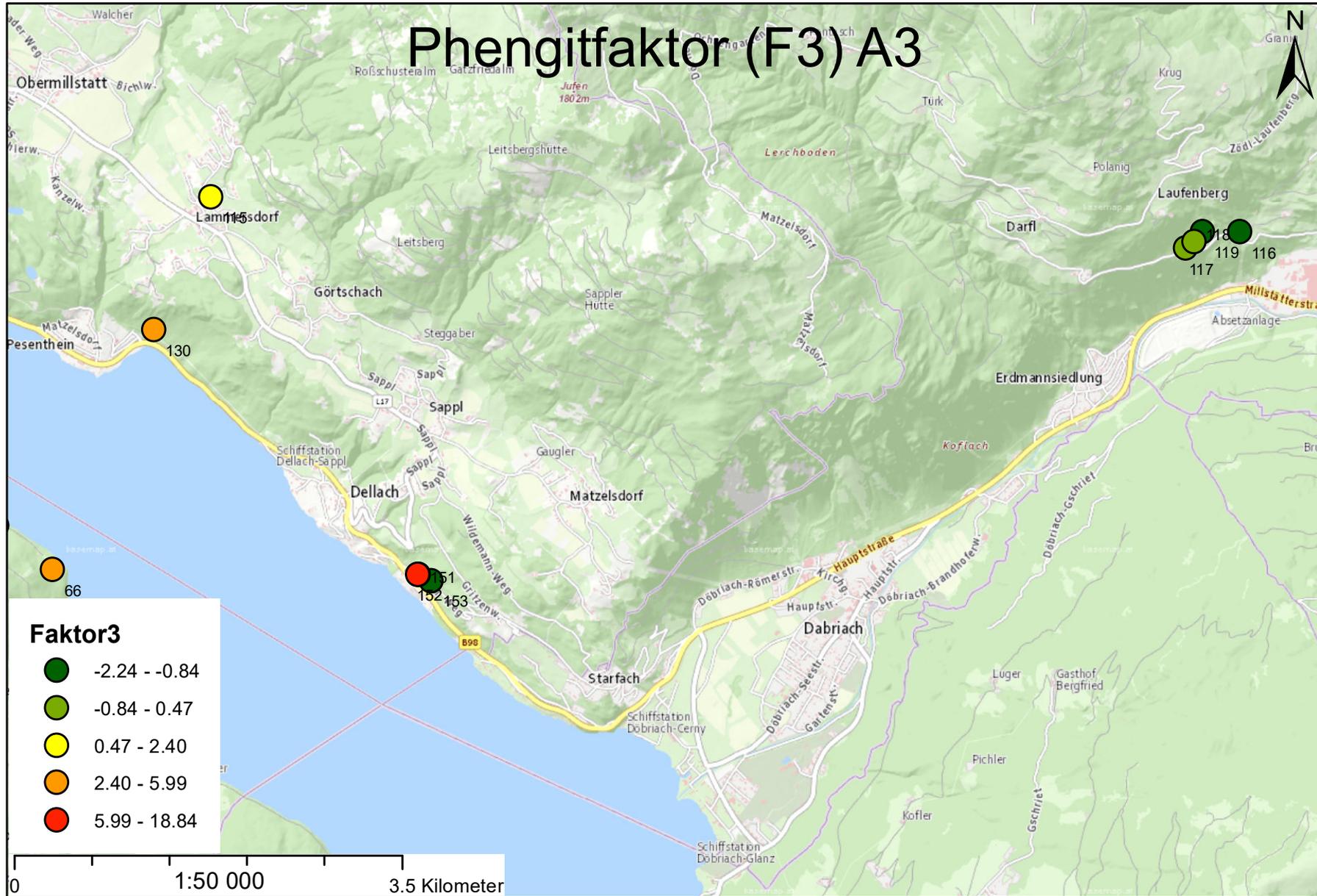
Phengitfaktor (F3) A2



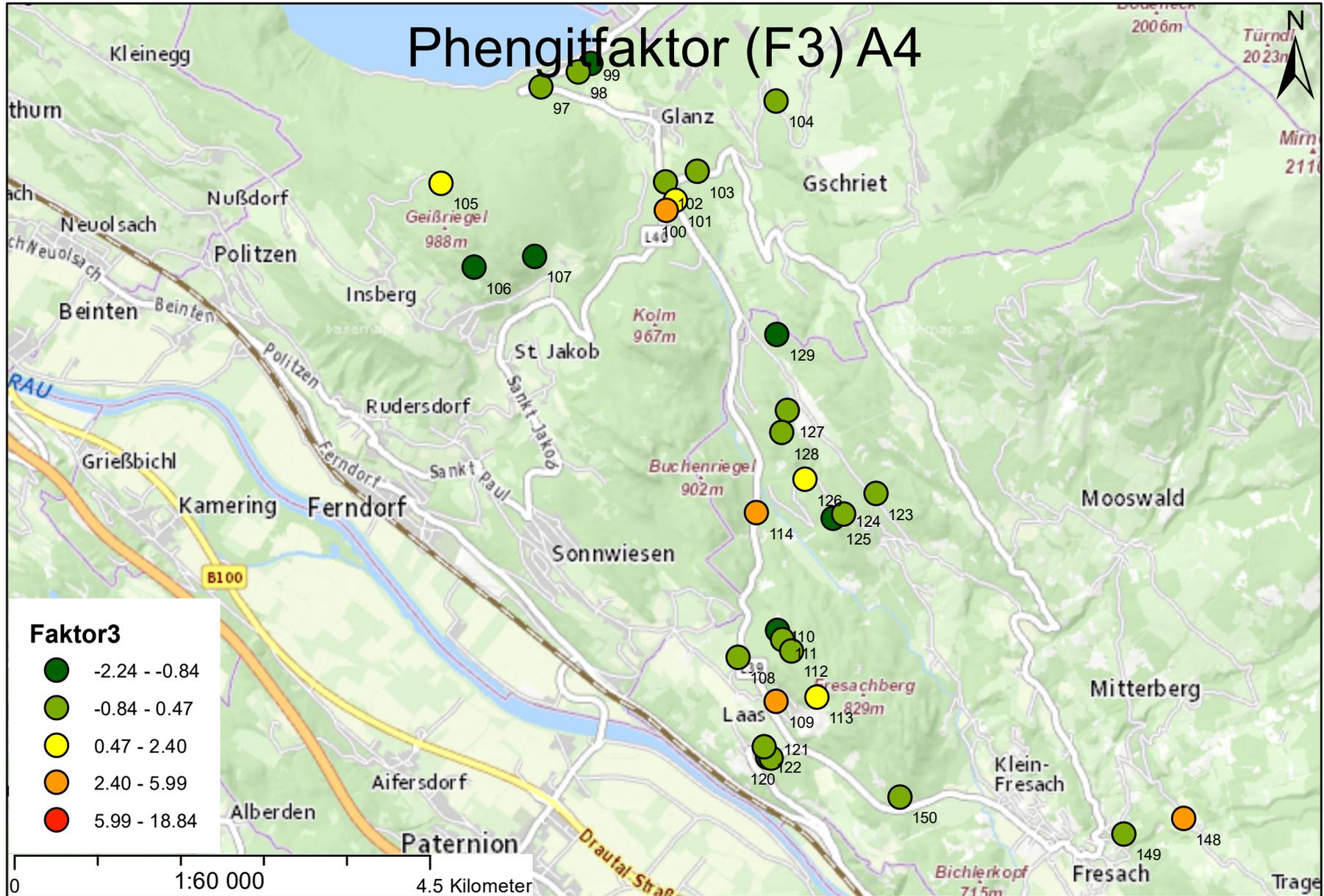
- Faktor3**
- -2.24 -- -0.84
 - -0.84 - 0.47
 - 0.47 - 2.40
 - 2.40 - 5.99
 - 5.99 - 18.84

0 1:35 000 2.5 Kilometer

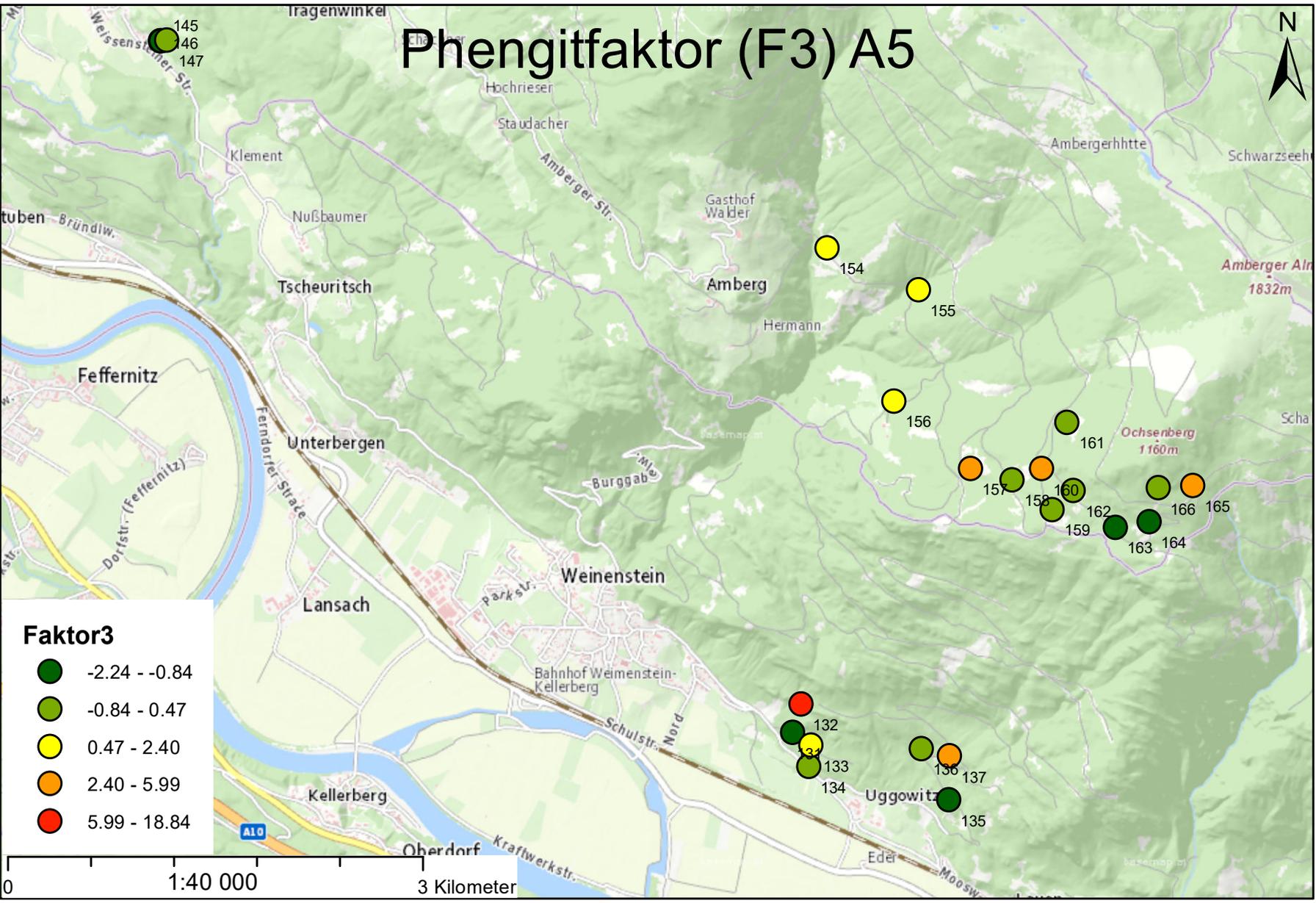
Phengitfaktor (F3) A3



Phengitfaktor (F3) A4



Phengitfaktor (F3) A5



C.3 Übersicht Mineralneufunde im Arbeitsgebiet

Zitat	Titel	Nr	Bezeichnung
Meixner 1934	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen VI	58	Zinkblende, Bleiglanz von der Lieserschlucht bei Spittal a. d. Drau
Meixner 1937	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen IX	92	Titanit von der Lieserschlucht bei Spittal a. d. Drau
Meixner 1956	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XV	154	Neue Mineralfunde aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Kärnten
Meixner 1961	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XVII	186	Zirkon vom Wolfsberg bei Spittal/Drau, Kärnten
Meixner 1967	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXII	243	Apatit von Edling bei Spittal/Drau, Kärnten
Meixner 1968	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXIII	258	Vorläufige Mitteilung über Brasilianit vom Wolfsberg bei Spittal an der Drau
Meixner 1973	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXIV	268	Analcim- und Anatas-xx vom Wolfsbergtunnel bei Spittal an der Drau, Kärnten
		269	Ein Vivianitpegmatit von Dellach am Millstätter See, Kärnten
Meixner 1975	Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXV	322	Bleiglanz aus dem Pegmatit-Steinbruch in der Lieserschlucht bei Spittal/Drau, Kärnten
		323	Niobit (Columbit) aus dem Pegmatitbruch am Wolfsberg bei Spittal/Drau
		529	Montebrasit-xx aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau
Niedermayr et al. 1983	Neue Mineralfunde aus Österreich XXXII	530	Childrenit vom Hahnenkofel NW Rothenthurn, Millstätter Seerücken
		592	Analcim, Brasilianit, Disthen, Staurolith und Wardit sowie andere Mineralien vom Autobahntunnel-Ost durch den Wolfsberg bei Spittal/Drau
Niedermayr et al. 1985	Neue Mineralfunde aus Österreich XXXIV	593	Augelith, Childrenit, Heterosit, Wardit und andere Mineralien vom Lagerhof am Millstätter See (Vorbericht)
		594	Beryll, Metatorbernit und andere Mineralien aus dem Steinbruch Laas bei Fresach im Drautal
		654	Orthit, Synchronit und Uraninit sowie weitere Mineralien aus dem Steinbruch Laas bei Fresach
Niedermayr et al. 1987	Neue Mineralfunde aus Österreich XXXVI	655	Verschiedene Mineralien aus dem Steinbruch Modre im Kratal bei Treffen
		740	Whiteit und Triphylin vom Lagerhof am Millstätter See
Niedermayr et al. 1989	Neue Mineralfunde aus Österreich XXXVIII	740	Whiteit und Triphylin vom Lagerhof am Millstätter See
Niedermayr et al. 1995	Neue Mineralfunde aus Österreich XLIV	970	Montebrasit aus dem Pegmatit beim Lagerhof am Millstätter See
Niedermayr et al. 1996	Neue Mineralfunde aus Österreich XLV	1013	Brasilianit, Childrenit, Gormanit, Quarz, Wardit und Whiteit-(CaMnMg) von einem Pegmatit beim Lagerhof am Millstätter See
Niedermayr et al. 1997	Neue Mineralfunde aus Österreich XLVI	1052	Augelith, Fluorapatit und Montebrasit sowie Kaolinit vom Hahnenkofel bei Spittal a.d.Drau
Niedermayr et al. 2000	Neue Mineralfunde aus Österreich XLIX	1206	Goyazit aus dem Aushub der Oströhre des Wolfsbergtunnels bei Spittal a. d. Drau
		1207	Kulanit, ein weiteres seltenes Phosphat vom Pegmatitbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau
		1208	Goyazit, Gorceixit, Florencit-(Ce) sowie Hämatit, Goethit, Lepidokrokit und Pyrolusit vom Pegmatitsteinbruch Lippnik bei Spittal a. d. Drau
		1209	Autunit von einem Straßenaufschluss S Döbriach am Millstätter See
		1210	Burangait und Sphalerit vom Lagerhof am Millstätter See
Niedermayr et al. 2001	Neue Mineralfunde aus Österreich L	1249	Scorzalith von der Brasilianit-Fundstelle am Hahnenkofel, Millstätter See-Rücken
		1250	Burangait vom Hochgosch, Millstätter See-Rücken
		1251	Bavenit und Beryll sowie Neufunde von Axinit, Vesuvian und anderer Mineralien aus dem Steinbruch in der Lieserschlucht
Niedermayr et al. 2004	Neue Mineralfunde aus Österreich LIII	1358	Molybdänit aus dem Kratal
		1359	Cyrlorit vom Pegmatit-Steinbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau
Niedermayr et al. 2005	Neue Mineralfunde aus Österreich LIV	1401	Kyanit-Paramorphosen nach Andalusit vom Oswaldiberg-Südostabhang bei Villach
		1402	Perhamit und Rockbridgeit, zwei neue Phosphate vom Lagerhof am Millstätter See
		1403	Brasilianit und Augelith vom Hochgosch, Millstätter See-Rücken
Niedermayr et al. 2006	Neue Mineralfunde aus Österreich LV	1438	Vesuvian von Annenheim am Ossiacher See und vom Wollanig NW Villach
		1439	Jamesonit vom Wollanig bei Villach
Niedermayr et al. 2008	Neue Mineralfunde aus Österreich LVII	1518	Adular, Albit, Chlorit, Ferroaxinit, Prehnit und Quarz vom Oswaldiberg bei Villach
		1521	Ankerit, Bourmonit, Cobaltit und Erythrin aus einem Pegmatit vom Steinbruch Laas bei Fresach im Drautal
Niedermayr et al. 2009	Neue Mineralfunde aus Österreich LVIII	1573	Spodumen und Holmquistit in einem Pegmatit von Lug-ins-Land, Millstätter Seerücken
Niedermayr et al. 2010	Neue Mineralfunde aus Österreich LIX	1621	Palygorskit aus dem Krasgraben bei Puch-Gummern
		1626	Arsenopyrit, Graphit und ein rosa gefärbter Muskovit vom Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Millstätter Seerücken
Niedermayr et al. 2012	Neue Mineralfunde aus Österreich LXI	1732	Arsenopyrit, Columbit-(Fe), Graphit, Ludlamit und gediegen Wismut vom Pegmatit beim Lagerhof, Millstätter Seerücken
		1844	Anglesit, Chalkopyrit und Uraninit vom Lagerhof, Millstätter See-Rücken
Niedermayr et al. 2014	Neue Mineralfunde aus Österreich LXIII	1845	Über Matiolit und Burangait vom Millstätter See-Rücken
		1846	Ergänzung zum Skapolith aus dem Gebiet Mirnock – Rindernock sowie Nachweise von Fluorapatit, Periklin, Titanit und anderen Mineralien aus diesem Bereich des Millstatt-Komplexes südlich von Radenthein

Tabelle 7: Mineralneufunde im Arbeitsgebiet

C.4 Probenbeschreibungen

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-1	13,56033	46,78143	A	3	0,7	Qrz,Fsp,Mus,Spo	f+m	g	bis 1cm	zoniert, Spodumenpegmatit, boudiniert, schieferungsparallel, Kontakt (konkordant) zu Gneis aufgeschlossen
MRP-1b	13,56033	46,78143	A	3	0,7	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 1cm	andere Zone, Spodumen tritt zurück-Muskovit vorherrschend
MRP-2	13,56017	46,78167	A	3	0,6	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 1cm	boudiniert, kein Spodumen erkennbar
MRP-3	13,56005	46,78179	A	3	5	Qrz,Fsp,Mus,Spo	f	g	bis 1cm	große, rausgewitterte Spodumen-Kristalle, Quarzgänge
MRP-4	13,56000	46,78195	A	5	2	Qrz,Fsp,Mus,Spo,Tur?	f	g	bis 3cm	zoniert, größere Muskovite in Bereichen mit wenig Spodumen
MRP-4a	13,56000	46,78195	A	5	2	Qrz,Fsp,Mus,Spo,Grt?	f-m	g	bis 0,5cm	Granat?
MRP-4b	13,56000	46,78195	A	5	2	Qrz,Fsp,Mus,Spo,Tur?	f-m	g	bis 0,5cm	Erzminerale?, Fe-Verwitterung
MRP-5	13,55296	46,78775	A	15	4	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	dg	bis 0,5cm	ganze Kuppe ist Pegmatit
MRP-6	13,55209	46,78807	A	60	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	f	dg	bis 2cm	Anzeichen von Fe-Verwitterung
MRP-7	13,55135	46,78819	A	60	15	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	sg	bis 0,5cm	Anzeichen von Fe-Verwitterung
MRP-8	13,54914	46,79002	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	dg	bis 1cm	selbe wie MRP-5/6/7?, vmtl. nicht anstehend
MRP-9	13,55340	46,78949	A	60	15	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	g	bis 0,5cm	gesamter Rücken: Pegmatit, Nebengestein: Gneis
MRP-10	13,55447	46,78917	A	60	15	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 2cm	gesamter Rücken: Pegmatit, Nebengestein: Gneis, konkordanter Kontakt
MRP-10a	13,55527	46,78926	A	60	15	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	g	bis 0,5cm	sehr feinkörnig, gesamter Rücken: Pegmatit, Nebengestein: Gneis
MRP-11	13,48181	46,81648	A	90	2	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 1cm	wenig Turmalin, Nebengestein: Gneis und Amphibolit teils Kontakt (=konkordant) aufgeschlossen, nahe ehemaligen Steinbruch, gegenüber der ehemaligen Sprengstoffbunker
MRP-12	13,44584	46,82558	A	80	10	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt?	m	sg-m	bis 5cm	ehemaliger, stark verfallener Steinbruch, große Muskovit bis mehrere cm
MRP-13	13,44439	46,82532	A	10	2	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg-m	bis 2cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung, Straße Feicht-Teurnia, selbe wie 12?
MRP-14	13,45379	46,82550	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 3cm	schwarze Einschlüsse, Fe-Verwitterung, Blockfeld ca. 5x5 m in Acker
MRP-16	13,48672	46,81284	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 3cm	sehr quarzreich, runtergerutschter Block, Nebengestein: Gneis und Kalksilikatschiefer, Kontakt nicht aufgeschlossen
MRP-16a	13,48685	46,81258	A	2	1	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 0,5cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung, sehr feinkörniger Muskovit, Ursprung von 16?
MRP-17	13,48937	46,81247	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 2cm	Rollblock, Herkunft: ehemaliger „Eklogitsteinbruch in der Lieserschlucht“
MRP-18	13,49239	46,80940	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 0,5cm	kleinere Muskovite, einige m oberhalb anstehend (starker Bewuchs)
MRP-18a	13,49253	46,80937	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	g	bis 2cm	Rollblock, einige m oberhalb anstehend (starker Bewuchs)
MRP-19	13,49196	46,81641	B?	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 0,5cm	auf einer Kuppe, stark verwachsen, vmtl. anstehend, Bereiche mit starker Fe-Verwitterung
MRP-20	13,49235	46,81117	A	2	0,8	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt?	g	g	bis 1cm	stark verwachsen, von Gneis über und unterlagert, konkordanter Kontakt
MRP-21	13,49548	46,80982	A?	1	0,5	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	Nebengestein: Gneis bzw. Muskovitschiefer, konkordanter Kontakt
MRP-22	13,49558	46,80972	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m-g	dg	bis 1cm	Rutschmasse auf Weg, vmtl. nicht anstehend, stärker verwitterte Bereiche
MRP-23	13,49629	46,80915	A	15	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	g	bis 0,5cm	Zone mit größeren Turmalinen, Nebengestein: Gneis
MRP-23a	13,49618	46,80924	A	15	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?	f	swg	bis 0,5cm	Zone mit kleineren Turmalinen, Nebengestein: Gneis
MRP-24	13,49707	46,80790	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Grt?	g	g	bis 2cm	Rutschmasse, Anzeichen Fe-Verwitterung
MRP-25	13,49880	46,80598	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	dg	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse vmtl. Turmalin, Rollstücke neben Hohlweg
MRP-25a	13,49929	46,80592	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	g	bis 1cm	Rollstücke neben Hohlweg, dunkelbraun-schwarze Einschlüsse (Anzeichen von Fe-Verwitterung)
MRP-26	13,49785	46,80395	A	2	1,8	Qrz,Fsp,Mus	f	swg	bis 1,5cm	Quarzgänge, größere Mus, Nebengestein: Gneis, konkordanter Kontakt
MRP-27	13,50074	46,80267	A	6	3	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 10cm	konkordanter Kontakt zu Gneis aufgeschlossen, kein Turmalin, Nahe ehem. Bergbau Lippnik (Ostfeld)

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-28	13,50122	46,80255	A	4	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	dg	bis 5cm	große Turmaline (mehrere cm Durchmesser), nahe ehem. Bergbau Lippnik (Ostfeld)
MRP-29	13,50040	46,80292	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	m-g	g	bis 1cm	Gneise anstehend – kein Kontakt aufgeschlossen, Pegmatitherkunft unklar
MRP-30	13,50023	46,80290	A	10	5	Qrz,Fsp,Mus,Grt?	f	swg	bis 3cm	Nebengestein: Gneis, konkordanter Kontakt, Nahe Mundloch ehem. Bergbau Lippnik
MRP-31	13,50510	46,79826	A	2	1	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse
MRP-32	13,50715	46,79794	A	10	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	swg	bis 10cm	schwarze Einschlüsse vmtl. Turmalin
MRP-33	13,50788	46,79770	A	5	1	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 3cm	Linse in Gneis, Kontakt konkordant, größere Muskovite
MRP-34	13,51126	46,79473	A	2	0,8	Qrz,Fsp,Mus	f	swg	bis 0,5cm	sehr feinkörnig, in Steinbruch Edling, Muskovit sehr feinkörnig
MRP-35	13,51144	46,79483	A	5	3	Qrz,Fsp,Mus,Spo,Tur?,Grt?	f-m	sg	bis 2cm	Spodumenpegmatit von Edling, sehr schlecht aufgeschlossen, Anzeichen für Fe-Verwitterung, dunkelbraun-schwarze Einschlüsse
MRP-37	13,50947	46,81246	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 2cm	Rollblock neben Straße, oberhalb der Straße anstehend
MRP-38	13,50687	46,80671	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg-m	bis 1cm	Blockhaufen an Grundstücksgrenze, vmtl. in dem Bereich anstehend, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-39	13,50462	46,80692	A	6	4	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 1cm	Zonierung: Bereiche mit großen Muskoviten, Bereiche ohne Muskovit
MRP-40	13,50358	46,80725	A	10	2	Qrz,Fsp,Mus	m-g	sg	bis 0,5cm	rötlich bis braun-schwarze Einschlüsse, Block neben Weg, unterhalb des Weges anstehend
MRP-41	13,50957	46,80004	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	dg	bis 2cm	große Muskovite, großer Aufschluss, keine Zonierung erkennbar
MRP-42	13,50837	46,80041	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 2cm	große Muskovite, großer Aufschluss, keine Zonierung erkennbar
MRP-43	13,50784	46,80063	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	f-m	swg	bis 2cm	großer Aufschluss, keine Zonierung, schwarze Einschlüsse (Tur?), Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-44	13,51003	46,79889	A?	2	0,6	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	swg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung, als Nase auf Kuppe des Hügels, stark verwachsen
MRP-45	13,58099	46,78172	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?	m	g	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), Hügelkuppe, stark verwachsen, Zonierung?, darunter Gneis, kein Kontakt aufgeschlossen
MRP-46	13,58116	46,78204	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	dg	bis 1cm	Hügelkuppe, stark verwachsen, Zonierung?, darunter Gneis, kein Kontakt aufgeschlossen
MRP-47	13,58181	46,78174	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	m	sg-m	bis 0,5cm	Hügelkuppe, stark verwachsen, dunkelbraune bis schwarze Einschlüsse, darunter Gneis, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-48	13,58150	46,78198	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	f	dg	bis 0,5cm	Hügelkuppe, stark verwachsen, Zonierung?, darunter Gneis
MRP-49	13,58258	46,78297	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?	m	g	bis 1cm	einzelne Pegmatit-Block, Nebengestein: hauptsächlich Gneis, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-50	13,58273	46,78337	A	10	5	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 5cm	große Muskovite-bis mehrer cm, Blockfeld von Mineraliensuchern, Gormanit Fundstelle
MRP-51	13,51484	46,80155	A	10	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg-m	bis 0,5cm	Turmalin bis 0,5 cm
MRP-52	13,51477	46,80174	A	15	7	Qrz,Fsp,Mus,Tur, Grt?	g	g	bis 0,5cm	ähnlich 51, stärker verwachsen, einzelne Bereiche sind aufgeschlossen, Turmalin bis 1,5 cm
MRP-53	13,51862	46,79945	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	Pegmatite und Gneise, Lagerung unbekannt, vmtl. Gneise von Pegmatiten überlagert
MRP-54	13,52210	46,79902	A	100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	swg	bis 2cm	Steinbruch am Wolfsberg, Bereich mit viel Turmalin
MRP-54a	13,52210	46,79902	A	100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg	bis 1cm	Steinbruch am Wolfsberg, Bereich mit viel Turmalin (Turmalinlagen), Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-55	13,52291	46,79929	A	100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	dg	bis 1cm	Kuppe des Wolfsberg, Bereich mit viel Tur, Fe-Verwitterung zu Limonit?
MRP-56	13,52307	46,79907	A	100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	swg	bis 0,5cm	Kuppe des Wolfsberg, Bereich mit viel Turmalin
MRP-56a	13,52307	46,79907	A	100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg	bis 1cm	Kuppe des Wolfsberg, wenig Turmalin
MRP-57	13,52416	46,79861	A	30	7,5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	dg	bis 1cm	ähnlich 54-56, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-58	13,52634	46,79618	A	90	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	swg	bis 0,5cm	Pegmatit bildet Hügel, Anzeichen für Fe-Verwitterung, Turmalinlagen bis 2cm, wenig Mus (feinkörnig)
MRP-59	13,52399	46,80013	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 2,5cm	Rollstück mit großer Sicherheit vom Wolfsberg
MRP-60	13,52848	46,79951	A	5	0,3	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 0,5cm	großer Quarzgang erkennbar
MRP-62	13,52969	46,80000	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m-g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (vmtl. Tur?), Nähe Klettersteig, vmtl. heruntergerutscht, ähnlich 60?
MRP-63	13,53644	46,79814	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m-g	g	bis 0,5cm	neben Sumpf, stark verwachsen, schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-64	13,53757	46,79558	A	10	2	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt?	g	dg	bis 2cm	schwarze Einschlüsse (Tur), Anzeichen für Fe-Verwitterung, Nebengestein: Granatgneis bzw. Granatglimmerschiefer
MRP-65	13,53999	46,79421	B?	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	m	dg	bis 1cm	dunkelbraune-schwarze Einschlüsse
MRP-66	13,59239	46,78386	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Grt?	g	swg	bis 4cm	Mus bis mehrere cm, Blockfeld von Mineraliensammlern, Lokalität: Laggerhof, grünes Mineral?, nicht anstehend, schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-67	13,58791	46,78627	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	g	bis 2cm	Fe-Verwitterungserscheinungen, Turmalin?
MRP-68	13,58312	46,78789	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 2cm	evtl. Gneis?, Mus > 1 cm, ähnlich 67
MRP-69	13,53294	46,79523	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f-m	swg	bis 1cm	Block zeigt leichte Rundung, lagig, Lagen mit größeren Muskoviten ansonsten eher feinkörnig
MRP-70	13,53165	46,79546	A	10	2	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-71	13,54526	46,79219	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m	g	bis 2cm	großer Block, vmtl. in diesem Bereich anstehend
MRP-72	13,54685	46,79122	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?	g	g	bis 5cm	Block mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem Gebiet, schwarz-braune Einschlüsse, Fe-Verwitterung
MRP-73	13,54797	46,79103	A	3	2	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 1cm	keine Zonierung erkennbar, Nebengestein: Gneis
MRP-74	13,54819	46,78943	A?	10	3,5	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	Windwurf bzw. Erosionsrinne mit Pegmatit, Kontaktbereich mit Gneis, Anzeichen von Fe-Verwitterung
MRP-75	13,54788	46,78906	A	10	3	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 0,5cm	schwarz-braune Einschlüsse, Fe-Verwitterung
MRP-76	13,54374	46,78950	A	5	2	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 3cm	über und unterlagert von Gneis - konkordant eingelagerte Pegmatitlagen, schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-77	13,54298	46,79107	A	7	1,5	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	Quarzgang mit Mächtigkeit von ca. 10cm, dunkelbraune-schwarze Einschlüsse
MRP-78	13,54287	46,79122	A	8	1,5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	sg	bis 1cm	kleinere Quarzgänge, schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-79	13,55436	46,79102	A	>100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	g	bis 0,5cm	dunkelbraune-schwarze Einschlüsse, Anzeichen von Fe-Verwitterung, am Hochgosch, konkordanter Kontakt zum Gneis
MRP-80	13,55494	46,79297	A	>100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur	f	swg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur), am Hochgosch, Nebengestein: Gneis, Bereiche mit größerem Muskovit stärker geschiefert
MRP-81	13,55799	46,78851	A	15	6,7	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	dg	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse (Tur?)
MRP-82	13,56057	46,78831	A	>100	20	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	dg	bis 4cm	Pegmatit: ganzer Hügel, schwarze Einschlüsse, stark angewittert-rötlicher Eindruck (Limonit)
MRP-83	13,53157	46,79386	A	70	6-7	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m-g	swg	bis 2,5cm	großes Blockfeld+anstehend, Nebengestein: Gneis, Matiolit-Fundstelle SE vom Wolfsberg
MRP-84	13,53761	46,78992	A?	1	0,5	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	Gestein aus Hügel ragend, schwarze Einschlüsse
MRP-85	13,54011	46,78710	A	8	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?,Spo	m-g	g	bis 2cm	Spodumenpegmatit, darunter/darüber Gneis, Spodumen teils bis 10 cm, schwarze Einschlüsse (Graphit?)
MRP-85a	13,54011	46,78710	A	8	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	f-m	g	bis 0,5cm	muskovitreicher, Kontaktbereich des Spodumenpegmatits zum Gneis, kein Spodumen, schwarze Einschlüsse
MRP-86	13,54845	46,78690	A	3	1,5	Qrz,Fsp,Mus	f-m	g	bis 2cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-87	13,54606	46,78740	A	20	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m	g	bis 1cm	schwarz-graue Einschlüsse (Tur?, Graphit?), konkordant in Gneis
MRP-87a	13,54606	46,78740	A	20	3	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m	g	bis 1cm	schwarz-graue Einschlüsse (Tur?, Graphit?), konkordant in Gneis
MRP-88	13,56520	46,78305	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	g	g	bis 1cm	Spodumenkristalle bis 10 cm, schwarze Einschlüsse (Tur?,Graphit?), Herkunft: vmtl. Lug-ins-Land
MRP-88a	13,56520	46,78305	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	g	g	bis 1cm	Spodumenkristalle bis 10 cm, schwarze Einschlüsse (Tur?,Graphit?), 30m nördlich von 88, Herkunft: vmtl. Lug-ins-Land
MRP-89	13,56472	46,78133	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	g	g	bis 1cm	Spodumenkristalle bis 10 cm, schwarze Einschlüsse (Tur?,Graphit?), Herkunft: vmtl. Lug-ins-Land
MRP-90	13,56397	46,78129	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	m-g	g	bis 0,5cm	Spodumenpegmatit, Spodumen teils > 10cm, schwarze Einschlüsse, Herkunft unklar, vmtl. Lug ins Land
MRP-91	13,56697	46,78275	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	m-g	g	bis 0,5cm	Spodumenpegmatit, Spodumen teils > 10cm, schwarze Einschlüsse, Herkunft unklar, vmtl. Lug ins Land
MRP-92	13,57046	46,78597	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m-g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-93	13,55145	46,78454	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Spo	m-g	g	bis 0,5cm	Spodumenpegmatit, Spodumen teils > 10cm, schwarze Einschlüsse, Herkunft unklar, vmtl.Kreuzstein
MRP-94	13,55237	46,78687	A	20	5	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 1cm	Anzeichen von Fe-Verwitterung – schwarze Einschlüsse (Tur?), Muskovite bis 1cm

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-95	13,82406	46,64528	A	6	5	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 3cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung, Kontakt zu Glimmerschiefer: Störung
MRP-95a	13,82406	46,64528	A	6	5	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-96	13,82412	46,64643	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 2cm	etwas oberhalb anstehend - kommt von dort, da frisch, anstehendes nicht zugänglich, Erstreckung ca. 80-100m, Mächtigkeit ca 15-20m
MRP-97	13,63981	46,76330	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 2cm	sehr muskovitreich, Herkunft vmtl. aus dem Gebiet
MRP-98	13,64342	46,76431	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	f	g	bis 0,5cm	Blockfeld, Herkunft vmtl. aus dem Gebiet
MRP-99	13,64465	46,76488	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Fe-Verwitterungserscheinungen, Herkunft vmtl. aus dem Gebiet
MRP-99a	13,64465	46,76488	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	schwarze Einschlüsse, Fe-Verwitterungserscheinungen, Herkunft vmtl. aus dem Gebiet
MRP-100	13,65197	46,75515	A	10	1	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	Nebengestein: Gneis, kein Kontakt aufgeschlossen, dunkelbraune-schwarze Einschlüsse, Fe-Verwitterung?
MRP-101	13,65285	46,75580	A	10	5	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 0,5cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-102	13,65188	46,75701	A			Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-103	13,65499	46,75772	A	50	15	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	kaum Einschlüsse, Nebengestein: Glimmerschiefer, kein Kontakt aufgeschlossen
MRP-103a	13,65499	46,75772	A	50	15	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 0,5cm	wenig Mus, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-104	13,66267	46,76238	A	4	3	Qrz,Fsp,Mus	m	dg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-105	13,63004	46,75694	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m-g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur?)
MRP-106a	13,63326	46,75139	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	m	sg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung, vereinzelt Auftreten von Pegmatitrollstücken <1m³
MRP-107	13,63914	46,75211	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Grt,Tur?	m-g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), graue Einschlüsse (Graphit?)
MRP-108	13,65892	46,72562	A	80	15	Qrz,Fsp,Mus	m-g	g	bis 2cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-109	13,66267	46,72270	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?,Grt?	g	sg	bis 2cm	Block an der Grundstücksgrenze zum Steinbruch Laas, schwarze Einschlüsse, im Steinbruch anstehend
MRP-110	13,66281	46,72737	A	150	15	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt	g	g	bis 1cm	Nebengestein: Glimmerschiefer, Granate bis 1cm
MRP-111	13,66325	46,72677	A	150	15	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 3cm	andere Zone des selben Pegmatits wie MRP-110
MRP-112	13,66413	46,72604	A	150	15	Qrz,Fsp,Mus,Grt	g	sg-m	bis 1,5cm	konkordant in Glimmerschiefer, Anzeichen von Fe-Verwitterung, schwarze Einschlüsse, selbe Pegmatit wie MRP-110/111
MRP-113	13,66661	46,72298	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 3cm	großer Block, vmtl. in diesem Bereich anstehend
MRP-114	13,66076	46,73516	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	m	g	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung, Block neben der Straße, Herkunft: vmtl. Hang westlich der Straße
MRP-115	13,60521	46,80437	A	3	0,2	Qrz,Fsp,Mus	f-m	g	bis 2cm	konkordant zwischen Glimmerschiefer, nach N einfallend
MRP-116	13,68860	46,80244	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	vmtl. Rutschung, schwarze Einschlüsse, kein Kontakt aufgeschlossen, etwas nördlich anstehend?
MRP-117	13,68424	46,80155	A	3	0,5	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 1,5cm	konkordant in Glimmerschiefer, Anzeichen für Fe-Verwitterung, schwarze Einschlüsse
MRP-118	13,68489	46,80190	A	5	5	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	Nebengestein: Glimmerschiefer - kein Kontakt aufgeschlossen
MRP-119	13,68557	46,80246	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-120	13,66182	46,71897	A	150	10	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 3cm	schwarze Einschlüsse, Fe-Verwitterung
MRP-121	13,66219	46,71895	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	Nebengestein: Gneis, kein Kontakt aufgeschlossen, der Selbe wie 120?
MRP-122	13,66147	46,71971	A	80	4	Qrz,Fsp,Mus	m-g	sg	bis 0,5cm	Anzeichen von Fe-Verwitterung, schwarze Einschlüsse
MRP-123	13,67237	46,73643	B	>	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	Nebengestein: Gneis, kein Kontakt aufgeschlossen, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-124	13,66921	46,73506	B	<	1m³	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 5cm	Blockfeld, Herkunft: vmtl. Pegmatit bei MRP-125
MRP-125	13,66822	46,73481	A	150	10	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg	bis 5cm	feinkörnige Bereiche ohne Glimmer, fällt in Richtung N ein
MRP-126	13,66543	46,73737	A	2	0,8	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m	sg	bis 2cm	Turmalin > 1cm, schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-127	13,66373	46,74192	A	30	10	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-128	13,66321	46,74047	A	100	10	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	sg-m	bis 2cm	Tur bis mehrere cm möglich, überlagert Glimmerschiefer, kein Kontakt aufgeschlossen, fällt Richtung N ein

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-129	13,66274	46,74695	A	100	12	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 2cm	Tur bis 1cm, fällt in Richtung N ein
MRP-130	13,60062	46,79706	A	3	0,2	Qrz,Fsp,Mus	m	dg	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse, graue Bereiche (Graphit?), konkordant in Glimmerschiefer
MRP-131	13,73682	46,67773	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	m	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-132	13,73736	46,67900	A	150	15	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt	g	dg	bis 0,5cm	schwarz-braune Einschlüsse, Nebengestein: Marmor, Störung: kein primärer Kontakt
MRP-133	13,73803	46,67717	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-134	13,73787	46,67623	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	konkordant in Gneis/Glimmerschiefer, direkt an der Straße Weißenstein-Uggowitz
MRP-135	13,74696	46,67476	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	Block, grau-schwarze Einschlüsse, ca. 100 m oberhalb anstehend
MRP-136	13,74518	46,67703	A	20	5	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-137	13,74700	46,67670	A	120	10	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse, Anzeichen für Fe-Verwitterung
MRP-138	13,79493	46,65520	A	30	5	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	Steinbruch Gummern, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-139	13,79505	46,65517	A	30	5	Qrz,Fsp,Mus,Bio	g	g	bis 5cm	Steinbruch Gummern, Biotite mit bis zu 3cm, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-140	13,79512	46,65512	A	30	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 3cm	Steinbruch Gummern, Turmalin, Anzeichen für Fe-Verwitterung, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-141	13,79495	46,65496	A	30	5	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	Steinbruch Gummern, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-142	13,79509	46,65493	A	30	5	Qrz,Fsp,Mus,Tur,Grt	g	g	bis 2cm	Steinbruch Gummern, Grt bis cm, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-143	13,79112	46,65591	A	5	2	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 1cm	Steinbruch Gummern, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-144	13,79120	46,65597	A	3	0,5	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 2cm	Steinbruch Gummern, Nebengestein: Marmor - Kontakt: Störung
MRP-145	13,69583	46,70824	A	50	10	Qrz,Fsp,Mus,GrT,Tur	m-g	g	bis 2cm	wolkig-diffuser Kontakt zu Glimmerschiefer, Tur bis 2cm, Grt bis 1cm
MRP-146	13,69584	46,70824	A	50	10	Qrz,Fsp,Mus,Tur	g	g	bis 2cm	gleicher Aufschluss wie 145, nur etwas grobkörniger, Nebengestein: Glimmerschiefer
MRP-147	13,69620	46,70828	A	50	10	Qrz,Fsp,Mus,GrT,Tur	g	g	bis 5cm	gleicher Aufschluss wie 145,146, große Glimmer
MRP-148	13,70227	46,71493	A?	20	8	Qrz,Fsp,Mus, Tur	g	dg	bis 2cm	Garage auf Pegmatit gebaut
MRP-149	13,69646	46,71393	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	swg	bis 1cm	Rollblöcke neben Straße, teils 4-5m ³
MRP-150	13,67469	46,71638	A?	10	3	Qrz,Fsp,Mus	m-gj	swg	bis 0,5cm	rote Bereiche - Fe-Verwitterung (antropogen?), schwarze Einschlüsse (Graphit?)
MRP-151	13,62202	46,78360	A	2	0,2	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	sg	bis 0,5cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), Fe-Verwitterung?, konkordant in Gneis
MRP-152	13,62204	46,78360	A	2	1	Qrz,Fsp,Mus,Tur?	g	sg	bis 0,5cm	selbe wie 151?, etwas weiter östlich - dazwischen Bewuchs, schwarze Einschlüsse (Tur?) Fe-Verwitterung?, konkordant in Gneis
MRP-153	13,62307	46,78325	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 0,5cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung, großes Blockfeld bei Dellach, in diesem Bereich anstehend?
MRP-154	13,73906	46,69912	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 3cm	großer Rollblock
MRP-155	13,74498	46,69728	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 1cm	Rollblock in der Nähe des Wasserfalls
MRP-156	13,74340	46,69236	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 1,5cm	schwarze Einschlüsse, viele Blöcke, vmtl. hangaufwärts anstehend
MRP-157	13,74836	46,68939	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	m-g	sg	bis 0,5cm	rötliche Bereiche (Verwitterung-antropogen?), 70-80m NE davon anstehend
MRP-158	13,75108	46,68889	A	10	2	Qrz,Fsp,Mus	m-g	g	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Tur?), Fe-Verwitterung?
MRP-159	13,75368	46,68758	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 2cm	große Blöcke (mehrer m Durchmesser), hangaufwärts anstehend, konkordanter Kontakt zu Glimmerschiefer
MRP-160	13,75296	46,68938	A	20	2	Qrz,Fsp,Mus	g	dg	bis 1cm	kaum Einschlüsse
MRP-161	13,75464	46,69143	A	10	2,5	Qrz,Fsp,Mus	m-g	g	bis 1cm	aus Bewuchs hervorragend, wirkt stark verwittert
MRP-162	13,75505	46,68841	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	m	dg	bis 1,5cm	Blockfeld, vmtl. hangaufwärts anstehend, keine Einschlüsse erkennbar
MRP-163	13,75776	46,68679	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	m-g	sg	bis 1cm	mehrere Blöcke, Glimmerschieferlage im Pegmatit eingeschlossen
MRP-164	13,75995	46,68704	A	100	5	Qrz,Fsp,Mus	m	sg	bis 1cm	großer Aufschluss, schwarze Einschlüsse
MRP-165	13,76277	46,68863	A	20	5	Qrz,Fsp,Mus	m	sg	bis 1cm	schwarze Einschlüsse (Biotit)
MRP-166	13,76054	46,68853	A	30	15	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 1,5cm	schwarze Einschlüsse, aus der unverwitterten Zone?

Probenr.	(WGS84)		T	Größe		Mineralbestand (makroskopisch)	K	S	Mus.G.	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert		E	M					
MRP-166a	13,76054	46,68853	A	30	15	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 1,5cm	schwarze Einschlüsse, verwitterte Zone?
MRP-167	13,82656	46,64857	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 3cm	Anzeichen für Fe-Verwitterung („rostige“ Muskovite)
MRP-168	13,82806	46,65067	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	g	bis 3cm	großes Blockfeld neben Forstweg, darüber stark verwachsen
MRP-169	13,82914	46,65182	B	<	1m ³	Qrz,Fsp,Mus,Tur	m-g	dg	bis 1cm	Block neben Bach an Wegkreuzung
MRP-170	13,83141	46,65227	A	2	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	f-m	sg	bis 0,5cm	Biotit?, eher Gneis - Übergang Pegmatit-Gneis?, als Nase hervorragend - evtl. Rollblock
MRP-171	13,83557	46,65323	A	3	2	Qrz,Fsp,Mus	g	sg-m	bis 3cm	neben Forstweg anstehend, sehr muskovitreich, Bereich mit starker Verwitterung
MRP-172	13,83851	46,65456	B	>	1m ³	Qrz,Fsp,Mus	g	sg	bis 2cm	große Blöcke - Blockfeld, von oberhalb (Wollanigberg) runtergerutscht, Anzeichen von Fe-Verwitterung

Abkürzungen	
T: Aufschlusstyp	Qrz: Quarz
A: Aufschluss (anstehend)	Fsp: Feldspat (K-Feldspat + Plagioklas(Albit))
B: Block, Blockfeld, Rollstücke	Mus: Muskovit
E: Erstreckung [m]	Tur: Turmalin
M: Mächtigkeit [m]	Spo: Spodumen
bzw. Blöcke: < 1m ³	Grt: Granat
> 1m ³	S: Schieferung
K: Korngröße	swg: schwach geschiefert (Mineraleinregelung erkennbar)
f: feinkörnig	dg: deutlich geschiefert (Mineraleinregelung gut erkennbar)
m: mittelkörnig	g: geschiefert
g: grobkörnig	sg: stark geschiefert
Mus.G.: Muskovitgröße (max.)	sg-m: stark geschiefert bis mylonitisiert

Tabelle 8: Beschreibung der Proben MRP-1 bis 172, inkl. Legende verwendeter Abkürzungen

C.5 Geochemiedaten-Muskovit

Proben MRP-	001-A	001-I	001b-A	001b-I	004-A	004-I	004a-A	004a-I	004b-A	004b-I	005-A	005-I	006-A	006-I	007-A	007-I	008-A	008-I	009-A
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,45	8,35	8,62	8,03	7,72	7,5	7,05	7,17	8,9	8,59	8,69	8,6	8,41	8,69	8,56	8,21	9,19	8,44	8,47
Na	0,57	0,64	0,75	0,86	0,95	1,26	1,41	1,36	0,46	0,49	0,7	0,57	0,78	0,52	0,36	0,73	0,65	0,67	0,44
Fe	1,66	2,77	1,76	1,99	1,16	0,55	1,41	1,2	1,16	1,09	1,35	1,28	1,37	1,41	1,57	1,73	1,4	1,29	3,25
Al	17,78	17,33	18,92	19,3	19,06	18,79	18,96	18,69	19,6	19,66	19,44	18,86	19,69	18,75	19,74	19,59	19,55	20,04	17,17
Mg	0,87	0,69	0,2	0,3	0,49	0,49	0,52	0,51	0,15	0,12	0,34	0,06	0,29	0,28	0,28	0,22	0,26	0,21	0,48
Si	20,35	20,4	20,39	20,52	21,33	21,27	19,99	20,32	19,92	19,85	21,17	20,81	20,88	21	20,8	20,04	20,2	20,12	20,09
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	558,06	560,3	374,35	397,79	642,42	587,31	344,94	376,35	466,43	437,69	16,3	16,38	25,54	17,55	14,64	26,08	6,68	7,94	233,31
Be	78,71	27,61	34,42	33,47	39,03	31,58	70,05	99,48	92,96	70,99	32,12	30,8	14,57	24,86	45,53	23,12	29,89	28,63	39,36
Ca	584,04	555,57	302,72	328,9	311,63	326,84	350,27	385,15	288,37	330,87	208,2	244,01	203,37	249,22	465,17	515,45	539,62	526,07	231,49
Cr	0,62	0,3	0,62	0,63	0,61	0,69	0,85	0,84	0,55	0,55	0,78	0,49	0,74	0,6	0,37	0,33	0,04	0,3	0,64
Mn	195,51	148,35	170,25	183,66	70,7	61,85	45,38	51,12	52,14	36,88	81,08	78,32	90,63	76,85	67,56	68,03	61,41	61,26	165,87
Co	9,17	5,07	3,6	4,07	1,43	1,32	1,77	2,08	3,41	2,3	0,15	0,13	0,12	0,12	0,3	0,21	0,23	0,21	0,17
Cu	0,05	0,2	0,12	0,1	0,07	0,16	0,17	0,28	0,14	0,17	0,04	0,02	0,04	<LOD	0,15	0,31	0,03	0,06	0,73
Zn	185,41	114,88	116,94	121,66	11,78	11,06	26,37	37,06	54,17	27,04	72,67	65,82	71,67	69,7	69,23	57,8	55,59	50,13	75,67
Ga	61,48	60,09	57,55	55,59	57,49	59,03	49,58	47,91	47,05	49,97	64,26	62,09	64,27	65,13	50,35	63,2	38,3	35,82	47,64
Ge	4,05	3,87	4,57	4,45	3,63	3,99	2,62	2,75	2,08	2,01	4,78	4,65	4,24	4,42	7,93	8,55	2,07	3,09	3,38
Rb	829,39	804,43	1370,9	1408,75	1014,56	1100,21	584,43	571,93	585	510,38	900,85	939,65	687,11	703,97	568,43	634,84	356,34	350,93	561,52
Sr	139,03	124,71	33,55	31,14	10,02	18,59	145,25	121,06	101,78	156,07	0,69	0,69	0,46	0,44	0,6	0,3	2,49	1,89	4,06
Zr	0,39	0,41	0,18	0,2	0,56	0,43	0,27	0,25	0,25	0,23	0,54	0,54	0,84	0,7	0,55	0,9	0,35	0,28	0,31
Nb	144,23	151,14	113,86	103,52	117,69	128,53	95,18	94,74	102,73	81,49	188,28	174,15	69,21	72,48	53,99	66,8	31,46	14,21	41,17
Sn	121,91	117,87	180,09	170,47	76,65	85,58	74,91	74,42	64,88	55,3	159,05	154,28	61,11	68,31	54,68	62,82	36,87	62,5	50,99
Cs	43,11	41,06	34,9	39,78	7,54	9,23	45,98	61,84	59,38	46,99	85,88	85,5	8,85	9,4	7,36	8,62	4,15	5,83	21,62
Ba	908,29	893,16	47,43	33,96	270,99	284,61	443,84	445,44	572,2	547,35	35,13	41,03	13,67	14,37	32,16	13,71	237,05	129	47,54
Ta	70,72	72,24	96,31	95,57	10,58	12,01	36,54	36,44	40,06	30,15	172,96	155,36	4,87	4,85	2,82	4,75	6,13	2,12	7,67
W	2,77	2,66	1,45	1,56	8,94	9,7	1,06	0,93	1,04	1,11	12,33	11,48	7,64	6,43	8,53	6,78	7,68	5,61	6,49
Tl	4,05	3,72	7,03	7,05	4,02	4,18	3,17	2,94	3,12	3,01	3,14	3,37	2,03	2,07	1,72	1,88	1,14	1,13	2,38
Pb	164,44	104,36	136,8	139,03	65,35	88,9	118,5	112,26	107,1	130,36	23,7	20,87	12,36	14,83	29,75	15,02	50,91	45,66	28,24
K/Rb	101,88	103,8	62,88	57	76,09	68,17	120,7	125,45	152,18	168,25	96,46	91,52	122,4	123,44	150,59	129,32	257,9	240,5	150,84
Nb/Ta	2,04	2,09	1,18	1,08	11,12	10,7	2,6	2,6	2,56	2,7	1,09	1,12	14,22	14,96	19,16	14,07	5,13	6,69	5,37
Rb/Tl	204,79	216,24	195,01	199,82	252,38	263,21	184,36	194,53	187,5	169,56	286,89	278,83	338,48	340,08	330,48	337,68	312,58	310,56	235,93
Herkunft	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.

Proben MRP-	009-I	010-A	010-I	011-A	011-I	012-A	012-I	013-A	013-I	014-A	014-I	016-A	016-I	017-A	017-I	018-A	018-I	018a-A	018a-I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,59	8,84	8,2	8,36	8,75	8,63	8,1	8,34	8,81	8,55	8,69	8,88	8,13	8,44	8,23	8,63	8,22	8,36	8,52	
Na	0,42	0,27	0,52	0,63	0,45	0,59	0,61	0,64	0,53	0,62	0,62	1,03	0,73	0,71	0,68	0,42	0,32	0,6	0,56	
Fe	2,97	2,51	3,15	1,51	1,47	1,16	1,2	1,64	1,87	1,14	1,02	1,16	1,53	1,44	1,35	2,88	2,61	1,87	1,6	
Al	17,36	17,5	18,04	19,61	19,15	19,47	18,98	19,17	18,95	19,77	19,94	18,36	19,77	19,66	19,96	17,32	17,97	19,42	19,71	
Mg	0,46	0,4	0,3	0,17	0,21	0,12	0,1	0,24	0,29	0,21	0,19	0,21	0	0,24	0,13	0,4	0,4	0,34	0,28	
Si	20,46	21,24	20,69	20,26	20,25	21,34	20,98	19,89	20,21	20,08	20,06	20,53	21,15	20,23	20,07	19,75	19,41	20,41	20,23	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	274,97	85,76	150,85	51,54	32,14	135,61	135,5	28,73	38	19,45	24,77	159,97	91,8	35,01	36,16	90,65	108,63	77,49	77,29	
Be	38,59	52,92	55,37	18,7	57,16	63,06	59,02	59,82	57,63	64,18	59,56	27,35	35,4	47,63	51,43	49,18	41,14	29,3	30,32	
Ca	217,29	323,37	219,13	97,71	102,45	254,26	300,56	160,85	152,92	128,17	92,95	232,96	238	394,08	401,4	226,64	314,32	486,37	431,38	
Cr	0,69	0,76	0,83	0,61	0,46	0,62	0,47	0,75	0,73	0,46	0,59	0,73	0,63	0,12	0,11	0,55	0,51	0,42	0,52	
Mn	265,13	211,9	263,25	112,75	180,96	140,15	120,72	236,38	225,56	105,57	154,31	240,34	121	120,14	97,65	96,11	98,36	92,26	85,61	
Co	0,25	0,57	0,71	0,1	0,32	0,23	0,21	0,05	0,05	0,15	0,29	0,27	0,86	1,4	1,27	0,17	0,14	0,41	0,15	
Cu	0,2	0,24	0,56	0,14	0,2	0,09	0,12	0,1	0,12	2,42	0,09	0,7	0,09	0,89	0,87	0,13	0,33	0,25	0,12	
Zn	113,42	148,23	183,23	93,4	126,57	141,86	131,93	101,59	95,48	116,02	166,17	277,62	178,9	45,05	47,45	117,83	115,74	72,18	87,81	
Ga	43,22	49,61	44,41	65,71	58,87	66,69	66,06	58,41	58,4	56,68	52,92	75,23	77,2	61,31	64,53	53,04	49,83	51,34	68,96	
Ge	3,62	3,86	4,52	4,24	4,48	5,88	6,32	4,38	5,08	4,49	4,43	5,91	6,05	5,8	5,76	4,95	4,78	3,07	3,55	
Rb	616,4	541,29	550,76	810,4	820,53	1242,06	1155,64	669,74	696,75	938,97	846,03	1827,8	1891	1652,83	1635,02	654,52	643,43	747,88	1028,24	
Sr	3,3	1,89	4,14	0,32	0,41	0,1	0,21	0,4	0,32	0,41	5,33	0,51	0,49	20,85	14,19	1,34	1,1	2,39	0,93	
Zr	0,36	0,62	0,24	0,51	0,36	0,68	0,45	0,33	1,5	0,31	0,21	0,55	0,46	0,49	0,52	0,27	0,23	0,17	0,47	
Nb	55,08	51,42	45,68	66,29	66,54	95,45	81,94	75,35	89,17	73,96	63,74	175,4	187,4	111,91	109,89	30,19	38,27	69,09	78,24	
Sn	44,92	49,51	64,37	75,68	73,34	120,67	112,19	94,82	98,54	74,15	58,33	327,12	291,9	275,19	285,35	65,08	58,89	81,06	108,08	
Cs	29,05	8,14	10,33	13,68	15,46	25,02	23,61	13,21	12,9	17,71	25,32	72,7	76,4	60,16	56,18	24,7	23,08	14,75	22,98	
Ba	65,77	32,44	36,29	3,36	3,28	1,24	1,67	10,1	7,83	1,21	32,01	3,95	4,29	10,89	5,61	26,11	21,56	17,56	5,22	
Ta	13,83	2,8	5,63	4,42	4,31	6,01	5,92	19,4	17,32	4,65	6,98	22,91	22,95	13,53	12,38	15,92	13,65	6,29	6,47	
W	5,29	11,78	9,86	7,94	8,04	3,74	3,09	6,21	4,29	3,59	2,38	5,63	5,3	7,56	7,32	7,51	6,46	10,12	9,9	
Tl	2,85	1,65	1,9	3,1	2,86	4,14	4,04	2,91	2,92	3,32	3,02	8,44	8,69	8,22	8,41	2,96	2,99	2,27	3,27	
Pb	29,1	27,42	18,53	20,84	31,16	24,25	28,37	25,72	19,06	27,95	40,69	20,04	20,18	13,97	12,8	10,36	15,81	18,86	22,86	
K/Rb	139,4	163,31	148,89	103,16	106,64	69,48	70,09	124,47	126,39	91,06	102,72	48,58	42,99	51,06	50,34	131,87	127,8	111,78	82,86	
Nb/Ta	3,98	18,35	8,11	15,01	15,44	15,87	13,84	3,88	5,15	15,9	9,13	7,66	8,17	8,27	8,87	1,9	2,8	10,98	12,1	
Rb/Tl	216,28	328,05	289,87	261,42	286,9	300,01	286,05	230,15	238,61	282,82	280,14	216,56	217,61	201,07	194,41	221,12	215,19	329,46	314,45	
Herkunft	Egel.	Egel.	Egel.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.	Frat.

Proben MRP-	019-A	019-I	020-A	020-I	021-A	021-I	022-A	022-I	023-2I	023-A	023-A	023-I	023a-A	023a-I	024-A	024-I	025-A	025-I	025a-2A
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,76	8,65	7,89	8,61	8,08	8,49	8,6	8,89	8,77	8,84	8,76	8,95	8,38	8,61	8,59	8,73	8,93	8,86	8,63
Na	0,45	0,42	1,02	0,74	0,81	0,91	0,33	0,57	0,47	0,41	0,43	0,4	0,64	0,74	0,57	0,46	0,32	0,23	0,49
Fe	1,32	1,16	1,33	1,02	1,03	1,18	1,44	1,22	1,6	1,78	1,67	1,81	1,5	1,66	1,48	1,36	2,69	2,5	2,67
Al	18,67	18,43	18,06	18,71	18,84	18,52	17,66	19,07	19,25	18,57	19,01	18,89	19,47	19,37	17,64	18,87	17,41	17,44	17,88
Mg	0,2	0,17	0,29	0,26	0,55	0,39	0,24	0,15	0,37	0,41	0,35	0,39	0,17	0,27	0,27	0,28	0,45	0,49	0,37
Si	21,05	21,49	21,24	21,6	21,25	21,05	21,44	20,55	20,23	20,35	20,73	20,15	20,22	19,86	21,11	21,43	20,43	20,65	20,23
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	72,75	58,22	24,7	22,36	41,8	56,63	20,48	15,48	34,27	38,1	29,56	33,52	43,59	67,7	32,24	35,56	84,23	83,09	138
Be	57,33	65,84	30,83	31,15	33,46	43,29	52,92	46,25	59,11	48	54,68	46,77	47,42	35,68	36,93	33,13	42,7	45,01	37,87
Ca	279,67	326,16	285,21	260,43	293,38	190,1	324,39	375,05	520,3	525,26	583,06	525,81	543,02	555,89	302,43	288,77	445,31	489,16	197,97
Cr	0,71	0,57	0,3	0,7	0,56	1,73	0,55	0,34	0,1	0,25	0,24	0,15	0,22	0,23	0,33	0,47	0,08	0,08	0,76
Mn	391,14	141,13	133,26	131,54	28,33	27,4	119,42	102,8	97,17	80,62	78	71,92	119,79	107,89	116,68	124,83	127,41	129,17	273,33
Co	0,7	0,1	1,28	1,4	4,87	4,84	2,96	2,87	0,76	0,76	0,77	0,68	0,11	0,12	0,16	0,24	1,54	1,5	1,25
Cu	0,35	0,22	0,18	0,22	0,02	0,07	0,05	0,12	0,47	0,45	1,12	0,3	0,17	0	0,16	0,14	0,14	0,07	8,59
Zn	173,48	120	108,26	91,91	33,96	14,7	72,68	73,16	163,55	152,19	120,83	145,55	135,37	109,96	125,06	127,47	151,66	156,12	160,1
Ga	54,94	61,07	53,33	54,74	63,7	65,79	36,39	33,52	43,52	50,31	46,74	47,53	55,35	52,68	67,37	67,68	41,51	42,96	46,58
Ge	6,18	6,58	5,56	5,37	4,37	4,98	5,3	4,73	4,96	4,48	4,89	3,7	6,68	4,99	5,19	4,93	4,17	4,49	4,48
Rb	1246,08	1504,81	718,04	720	764,6	814,13	576,8	523,71	764,19	708,05	719,27	680,12	843,22	814,12	810,46	786,27	735,09	743,01	556,61
Sr	0,84	0,18	7,61	8,04	1,27	4,55	16,93	9,99	5,61	6,72	7,19	6,86	0,28	0,1	0,99	0,76	3,17	3,3	5,78
Zr	0,13	0,35	0,1	0,12	1,14	1,12	0,15	0,19	0,21	0,26	0,19	0,12	0,55	0,73	0,68	0,77	0,21	0,25	0,3
Nb	69,87	111,16	63,07	60,87	61,79	65,99	26,05	23,32	44,67	53,68	41,25	50,2	80,12	118,97	80,65	78,32	58,05	57,7	64,27
Sn	157,75	200,37	86,27	90,08	64,91	73,35	56,26	47,9	102,53	73,5	84,08	61,92	80,98	75,03	74,66	70,32	101,33	106,23	69,82
Cs	34,83	72,85	18,37	17,64	11,62	12,86	8,22	8,05	20,95	16,63	22,99	16,02	16,86	15,78	12,76	12,02	33,49	34,54	20,2
Ba	15,33	1,3	175,54	185,67	9,89	10,97	87,28	80,16	85,22	134,59	84,76	129,55	2,95	0,85	18,66	20,37	44,43	32,81	72,21
Ta	30,86	12,5	28,1	27,89	3,82	4,68	8,19	7,62	13,27	11,56	12,43	9,45	100,38	33,83	4,49	4,32	10,81	10,82	12
W	4,58	6,17	4,26	3,89	7,49	7,77	3,18	3,08	3,12	2,11	2,43	1,87	7,89	7,42	7,07	7,56	4,89	4,84	4,23
Tl	4,06	5,51	2,3	2,38	2,52	2,75	1,55	1,5	2,3	2,15	2,16	2,04	2,73	2,61	2,45	2,73	2,21	2,13	3,04
Pb	22,87	18,92	12,02	12,97	15,15	23,37	37,1	23,8	18,12	21,86	21,17	21,38	20,83	18,62	19,21	17,28	18,83	15,25	50,5
K/Rb	70,3	57,48	109,88	119,58	105,68	104,28	149,1	169,75	114,75	124,85	121,72	131,54	99,38	105,76	105,99	111,03	121,48	119,24	155,02
Nb/Ta	2,26	8,89	2,24	2,18	16,18	14,11	3,18	3,06	3,37	4,64	3,32	5,31	0,8	3,52	17,96	18,15	5,37	5,33	5,35
Rb/Tl	306,92	273,11	312,19	302,52	303,41	296,05	372,13	349,14	332,26	329,33	333	333,39	308,87	311,92	330,8	288,01	332,62	348,83	183,1
Herkunft	Frat.	Frat.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.

Proben MRP-	025a-2I	025a-A	025a-I	026-A	026-I	027-A	027-I	028-A	028-I	029-2A	029-2I	029-A	029-I	030-A	030-I	031-A	031-I	032-2A	032-2I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,84	8,7	8,73	8,93	9,07	8,52	8,85	8,47	8,9	8,18	8,26	8,06	8,21	8,57	8,06	8,52	8,38	8,53	8,54	
Na	0,42	0,39	0,39	0,74	0,67	0,47	0,43	0,55	0,59	0,68	0,79	0,79	0,76	0,67	0,8	0,56	0,47	0,38	0,33	
Fe	2,77	3,13	2,77	1,48	1,42	1,82	1,96	2,15	2,07	1,22	1,26	1,52	1,6	0,99	1,3	1,48	1,04	2,63	2,44	
Al	17,76	17,24	17,4	18,5	18,44	19,11	19,59	19,46	19,3	20,28	20,19	19,97	19,89	19,39	19,65	19,47	19,56	17,65	17,9	
Mg	0,37	0,34	0,42	0,3	0,22	0,18	0,01	0,27	0,37	0,14	0,17	0,31	0,42	0,21	0	0,29	0,22	0,37	0,35	
Si	20,43	20,67	20,44	20,44	20,8	20,71	20,84	20,37	19,99	20,67	20,46	20,67	20,45	21,11	20,98	19,98	19,85	19,78	19,81	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	122,6	137,73	129,88	33,07	31,77	106,05	95,09	110,66	166,91	13,2	14,19	109,26	158,12	82,94	79,06	5,33	15,29	493,27	443,08	
Be	59,41	51,32	46,96	38,95	36,68	66,1	72,72	28,6	14,64	39,95	59,32	43,21	33,04	77,65	65,07	12,75	52,3	33,73	49,99	
Ca	187,43	221,89	201,97	263,84	234,06	242,84	249,29	553,79	472,58	0	0	0	0	265,5	295,6	395,88	220,23	266,61	328,21	
Cr	0,52	0,75	0,58	0,45	0,5	0,55	4,06	0,14	0,18	1,32	0,76	1,05	1,15	0,45	0,48	0,57	0,53	1,34	2,53	
Mn	309,26	273,7	317,06	102,25	96,18	160,78	176,28	169,22	143,1	35,49	43,93	103,75	79,06	98,61	92,35	11,32	33,26	409,8	510,89	
Co	0,86	1,14	0,86	0,74	0,66	1,65	1,73	0,22	0,2	2,49	2,02	1,1	0,41	0,44	0,37	0,7	2,05	2,36	3,06	
Cu	0,2	4,83	0,15	0,08	0,06	0,43	0,36	0,02	0,04	0,24	0,08	0,16	0,09	0,07	0,11	1,51	0,12	0,18	0,12	
Zn	163,95	167,35	181,19	118,58	100,41	381,89	363,49	214,49	176,46	46,35	60,01	156,81	143,32	151,81	140,86	10,18	33,38	300,33	356,88	
Ga	45,59	45,4	43,49	52,28	62,15	65,41	55,47	72,04	77,69	56,98	63,71	55,22	70,81	40,22	36,5	19,32	49,76	50,87	51,4	
Ge	4,42	4,33	4,29	4,76	4,82	8,21	8,84	5,72	5,96	5,75	5,21	5,1	5,06	5,68	5,14	3,34	3,26	3,83	3,64	
Rb	527,31	552,29	576,72	800,2	806,43	1334,64	1216,9	947,71	936,65	1694,64	1738,8	1220,58	1423,49	1262,61	1172,5	236,01	830,83	1151,21	1156,28	
Sr	5,13	5,53	3,07	7,02	1,22	3,82	5,33	0,76	0,37	7,75	0,8	2,17	0,38	2,43	3,63	2,21	1,25	26,19	43,05	
Zr	0,24	0,28	0,23	0,36	1,08	0,2	0,22	0,53	1,09	0,27	0,59	0,26	0,64	0,28	0,25	0,11	0,42	0,34	0,32	
Nb	61,45	65,69	69,38	72,68	76,71	142,28	173,52	96,31	99,34	92,9	98,09	105,32	145,47	155,61	122,41	24,65	69,38	68,87	71,68	
Sn	62,99	67,25	64,36	67,94	78,68	228,05	282,4	96,7	82,8	193,28	231,16	207,5	238,35	165,69	153,16	23,32	82,8	111,26	106,2	
Cs	13,71	15,25	20,25	15,46	15,82	44,85	47,49	20,17	14,68	53,66	53,54	38,09	59,08	39,82	38,79	3,75	13,59	22,58	19,08	
Ba	89,85	77,91	62,72	17,5	15,3	7,18	20,89	5,84	5,48	9,31	1,42	15,55	4,66	20,62	27,77	4,39	8,55	225,25	251,34	
Ta	13,39	13,36	14,94	6,01	5,53	31,21	103,86	6,16	5,34	13,56	10,94	36,03	21,35	154,21	115,76	9,14	31,82	32,6	35,55	
W	2,83	3,61	4,12	7,89	7,87	5,97	2,95	14,16	13,64	3,8	3,79	7,94	9,21	4,86	5,06	1,15	4,37	2,62	2,09	
Tl	2,36	2,53	2,8	2,64	2,71	6,76	5,94	3,59	3,71	7,14	7,93	5,62	7,84	5,68	5,24	0,9	4,02	5,39	5,69	
Pb	45,6	54,25	29,91	19,83	18,61	19,21	16,48	20,95	10,58	19,54	12,11	13,68	11,36	24,15	21,07	4,15	29,5	81,68	109,12	
K/Rb	167,61	157,6	151,35	111,6	112,47	63,84	72,73	89,37	95,02	48,28	47,52	66,01	57,68	67,88	68,74	360,92	100,9	74,12	73,89	
Nb/Ta	4,59	4,92	4,64	12,09	13,88	4,56	1,67	15,63	18,6	6,85	8,97	2,92	6,81	1,01	1,06	2,7	2,18	2,11	2,02	
Rb/Tl	223,44	218,3	205,97	303,11	297,58	197,43	204,87	263,99	252,47	237,34	219,27	217,19	181,57	222,29	223,76	262,23	206,67	213,58	203,21	
Herkunft	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.

Proben MRP-	032-A	032-I	033-A	033-I	035-A	035-I	037-A	037-I	038-A	038-I	039-A	039-I	041-A	041-I	042-A	042-I	043-A	043-I	044-2A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,61	8,09	8,31	8,42	8,61	8,39	8,35	8,44	8,39	8,06	8,61	8,53	8,63	8,29	8,91	8,68	8,81	9,09	8,96	
Na	0,44	0,67	0,2	0,52	0,45	0,59	0,38	0,5	0,56	0,71	0,3	0,52	0,69	0,74	0,64	0,63	0,29	0,46	0,5	
Fe	1,42	1,32	1,16	1,07	1,19	0,79	2,13	1,88	1,5	1,34	2,84	2,52	1,29	1,93	2,02	1,62	3,64	3,42	1,36	
Al	19,38	19,38	18,55	19,03	19,26	19,64	18,35	18,44	20,13	19,61	17,37	17,83	19,05	18,73	18,43	18,63	17,33	17,9	19,58	
Mg	0,22	0,32	0,12	0,19	0,26	0,27	0,21	0,29	0,26	0,36	0,35	0,38	0,16	0,13	0,18	0,2	0,3	0,26	0,18	
Si	20,72	20,16	22,28	21,64	19,91	19,79	19,86	19,63	20,64	20,54	20,25	20,06	20,88	20,71	20,64	20,86	20,55	20,89	20,24	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	22,03	17,97	24,23	18,18	378,99	350,63	53,71	40,75	10,46	22,74	54,27	51,98	164,37	152,27	183,37	100,4	248,35	253,45	14,23	
Be	42,22	39,56	44,14	48,09	55,63	64,47	46,57	41,95	42,42	13,78	44,54	51,67	39,88	60,32	47,72	46,85	36,65	61,14	47,37	
Ca	283,12	229,72	290,75	363,22	257,93	320,96	301,42	400,03	0	0	244,88	241,64	261,62	296,7	290,81	256,43	496,5	517,56	495,71	
Cr	0,19	0,11	0,9	1,11	0,69	0,82	0,11	0,12	0,87	0,83	0,72	0,56	0,49	0,52	0,62	0,64	0,15	0,06	0,26	
Mn	105,22	120,67	89,75	82,88	55,35	52,03	342,74	264,24	58,98	86,36	112,99	128,94	169,21	182,13	182,2	212,05	235,72	367,13	50,62	
Co	0,08	0,12	0,12	0,14	3,5	3,42	0,95	0,75	0,44	0,2	4,06	3,87	0,41	2,52	0,15	0,24	3,58	0,32	0,79	
Cu	0,13	0,13	0,11	0,36	0,14	0,49	0,05	0,11	0,12	0,09	2,45	3,23	0,24	0,21	0,17	0,27	0,02	0,21	0,01	
Zn	69,46	89,89	97,23	93,42	343,03	288,4	275,88	213,1	87,87	80,2	76,45	98,57	257,77	250,38	192,35	218,27	330,55	410,89	117,13	
Ga	66,23	62,15	71,95	63,64	46,31	49,01	40,57	40,84	61,43	69,54	39,78	39,25	65,85	50,62	89,2	78,31	53,25	57,09	53,97	
Ge	5,31	5,52	5,96	5,98	5,69	5,51	4,75	4,42	3,87	3,51	4,9	4,82	11,06	9,17	3,58	3,81	7,74	7,97	10,18	
Rb	916,97	839,76	1153,5	1112,18	1185,16	1217,42	917,41	943,91	794,16	845,03	602,08	580,98	1865,87	1728,28	1225,71	1163,82	1393,32	1465,76	965,59	
Sr	0,15	0,2	0,09	0,24	8,97	9,25	5,99	2,39	0,64	0,38	13,18	11,81	0,23	2,29	0,3	0,77	2,75	0,28	3,1	
Zr	0,38	0,29	0,42	0,37	0,29	0,31	0,17	0,12	0,72	0,89	0,24	0,22	0,64	0,34	0,85	0,51	0,16	0,12	0,14	
Nb	77,79	81,69	89,44	76,74	143,18	171,34	39,63	38,8	67,22	74,53	41,34	40,62	142,46	161,96	127,45	124,86	82,88	95,02	76,46	
Sn	86,9	109,52	108,4	102,83	185,63	193,7	84,6	74,71	89,25	81,18	43,9	43,72	650,59	382,87	123,94	145,28	304,12	360,41	112,83	
Cs	14,43	15,87	22,44	20,4	43,65	33,7	16,29	14,53	12,64	14,15	21,23	21,45	256,98	230,11	22,29	23,96	243,98	264,01	10,54	
Ba	2,37	3,26	0,83	0,72	218,49	226,27	36,81	12,89	8,01	6,5	169,87	168	0,39	3,03	1,62	3,22	8,46	5,56	80,39	
Ta	4,27	6,41	5,27	5,35	66,08	75,14	16,81	14,84	4,38	4,51	10,92	10,76	163,98	158,73	6,65	10,81	37,7	36,54	13,35	
W	5,17	5,46	4,74	3,95	1,66	1,63	2,34	2,25	6,26	6,4	3,59	3,56	6,1	5,74	14,33	14,64	4,35	5,07	1,57	
Tl	3,29	3,01	3,8	3,68	7,01	6,88	2,93	2,68	3,49	3,44	2,62	2,71	9,83	7,59	4,81	4,4	6,56	7,25	2,16	
Pb	18,7	16,36	19,65	26,77	83,31	85,62	15,29	3,27	17,57	12,21	24,44	25,38	11,62	22,91	10,5	21,93	23,38	21,34	9,98	
K/Rb	93,9	96,34	72,04	75,71	72,68	68,93	91,02	89,42	105,59	95,35	143,03	146,86	46,25	47,97	72,69	74,58	63,23	62,02	92,79	
Nb/Ta	18,21	12,73	16,98	14,34	2,17	2,28	2,36	2,61	15,33	16,53	3,78	3,77	0,87	1,02	19,18	11,55	2,2	2,6	5,73	
Rb/Tl	278,71	278,99	303,55	302,22	169,07	176,95	313,11	352,21	227,55	245,65	229,8	214,38	189,81	227,7	254,83	264,5	212,4	202,17	447,03	
Herkunft	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Spod.	Spod.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.

Proben MRP-	044-2I	044-A	044-I	045-A	045-I	046-A	046-I	047-A	047-I	048-2A	048-2I	048-A	048-I	049-A	049-I	050-A	050-I	051-2A	051-2I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	9,16	7,66	8,12	8,81	8,81	8,25	9,03	8,79	8,66	8,55	8,71	8,88	8,78	8,53	8,86	8,63	8,83	8,32	8,44	
Na	0,5	0,93	0,7	0,25	0,47	0,81	0,49	0,5	0,57	0,5	0,5	0,38	0,32	0,53	0,33	0,69	0,45	0,69	0,71	
Fe	1,34	0,52	1,02	1,69	1,93	1,42	2	1,76	1,69	2,37	2,36	2,75	2,66	1,91	1,55	1,01	1,64	1,76	1,66	
Al	19,76	19,75	19,91	19,23	19,55	19,95	18,74	18,9	19,15	17,78	17,63	17,9	17,98	19,13	19,51	19,11	18,2	19,25	19,17	
Mg	0,04	0,24	0,16	0,18	0,25	0,44	0,41	0,3	0,3	0,41	0,44	0,47	0,41	0,33	0,26	0,17	0,35	0,32	0,33	
Si	20,48	20,81	21,12	20,14	20,25	20,49	20,17	20,14	19,92	20,54	20,55	20,77	20,92	20,02	20,54	20,96	21,46	20,02	19,9	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	14,98	17,72	13,51	4,49	4,88	11,76	12,03	7,03	19,48	20,25	25,86	14,12	16,4	8,81	15,62	11,98	8,57	38,62	34,82	
Be	66,43	50,08	55,02	23,54	24,13	45,05	32,81	31,59	33,11	32,33	29,19	31,91	30,47	52,82	54,29	63,33	50,33	16,87	24,84	
Ca	575,18	273,53	273,61	518,97	503,62	281,92	257,49	210,48	176,13	440,83	541,3	455,61	536,22	507,36	504,03	275,5	332,81	163,76	186,27	
Cr	0,6	1,09	0,88	0,17	0,21	0,33	0,16	0,73	0,63	0,02	0,08	0,06	0,15	0,4	0,39	1,06	0,61	6,33	2,86	
Mn	36,84	76,84	92,77	76,56	76,12	102,6	84,59	82,48	103,98	61,95	76,77	60,88	68,36	68,63	62,64	92,66	65,14	100,91	94,92	
Co	0,51	0,31	0,39	0,11	0,08	0,52	0,3	0,68	0,5	1,8	2,2	1,91	1,97	1,75	1,53	0,76	0,79	0,68	1,51	
Cu	0,2	0,19	0,21	-0,02	-0,01	0,43	1,43	0,06	0,06	0,43	0,31	0,5	0,38	0	0,02	0,13	0,22	0,11	0,1	
Zn	71,95	144,44	157,18	79,04	78,32	57,16	45,78	48,86	53,59	90,59	108,84	119,79	99,53	86,23	95,08	93,65	64,13	27,83	35,01	
Ga	64,01	72,42	70,9	50,95	50,46	55,61	60,46	53,9	58,02	38,65	34,01	41,16	37,99	52,16	57,49	62,53	58,34	68,63	65,67	
Ge	9,97	7,84	7,59	4,73	4,84	4,91	4,77	4,31	3,98	3,19	3,23	3,3	3,28	7,01	7,97	7,39	7,58	4,4	4,35	
Rb	1687,78	2105,6	2116,99	641,81	640,53	703,34	767,7	629,53	619,75	526,28	515,06	565,59	537,21	693,84	734,2	878,04	1018,72	715,62	763,91	
Sr	0,22	0,26	0,24	0,36	0,38	1,67	0,21	0,63	0,39	4,53	4,54	3,66	4,97	0,7	0,83	1,73	2,75	0,41	0,57	
Zr	0,52	0,61	0,56	0,39	0,52	0,4	1,23	0,48	0,94	0,32	0,24	0,43	0,34	0,6	0,62	0,33	0,31	1,02	1,15	
Nb	116,39	152,31	164,47	94,27	69,32	65,1	78,96	70,95	73,56	56,8	52,87	63,24	54,41	59,73	65,36	184,33	212,98	66,92	76,39	
Sn	217,29	269,6	268,62	69,8	69,03	83,51	101,66	96,67	94,56	89,04	82,9	101,24	84,98	53,86	62,54	208,21	204,15	74,4	79,59	
Cs	54,42	88,45	87,18	10,81	11,36	16,61	15,45	13,22	12,17	51,85	48,49	66,77	49,17	10,01	13,54	56,29	79,45	11,13	13,56	
Ba	0,86	0,62	0,83	12,01	14,78	9,51	3,04	16,23	16,15	103,41	229,93	81,5	152,56	14,84	16,1	66	37,24	9,47	11,48	
Ta	13,04	19,88	19,99	15,82	3,89	9,07	11,2	4,44	4,02	12,72	12,74	13,4	11,55	3,31	4,11	55	43,33	4,02	4,74	
W	2,11	2,23	2,63	4,37	5,51	5,17	5,27	5,92	6,09	6,79	5,81	7,65	5,81	6,42	6,73	5,03	4,81	6,34	6,98	
Tl	6,11	10,39	9,45	1,81	1,84	2,45	2,8	2,54	2,66	1,84	1,79	1,91	1,74	1,94	2,2	2,74	3,15	3,18	3,14	
Pb	15,5	18,03	14,95	24,52	24,36	15,55	18,86	24,36	18,66	23,25	22,4	25,23	27,47	19,22	17,12	12,24	14,57	14,73	14,1	
K/Rb	54,27	36,38	38,36	137,27	137,54	117,3	117,62	139,63	139,73	162,39	169,03	156,92	163,47	122,94	120,68	98,29	86,68	116,23	110,46	
Nb/Ta	8,92	7,66	8,23	5,96	17,83	7,18	7,05	15,99	18,29	4,47	4,15	4,72	4,71	18,03	15,91	3,35	4,92	16,64	16,11	
Rb/Tl	276,23	202,66	224,02	354,59	348,11	287,08	274,18	247,85	232,99	286,02	287,74	296,12	308,74	357,65	333,73	320,45	323,4	225,04	243,28	
Herkunft	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Lipp.	Lipp.	

Proben MRP-	051-A	051-I	052-A	052-I	053-A	053-I	054-A	054-I	054a-A	054a-I	055-A	055-I	056-A	056-I	056a-A	056a-I	057-A	057-I	058-A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,41	8,48	8,75	8,97	7,65	7,42	8,83	8,28	8,63	8,47	8,61	8,73	8,64	8,72	9,2	8,75	8,48	8,59	8,68	
Na	0,66	0,64	0,47	0,58	1,22	0,97	0,47	0,65	0,5	0,53	0,62	0,65	0,74	0,38	0,39	0,52	0,64	0,53	0,45	
Fe	2	1,84	1,38	1,52	0,91	0,99	1,72	2,17	1,49	1,64	1,51	1,87	1,45	2,49	2,16	1,67	1,99	1,76	1,33	
Al	19,06	18,97	19,22	19,23	19,2	18,5	19,46	19,71	19,06	19,33	18,97	19,06	19,93	17,95	17,7	18,5	19,88	19,44	18,69	
Mg	0,25	0,29	0,26	0,24	0,34	0,3	0,36	0,42	0,35	0,31	0,38	0,36	0,26	0,4	0,4	0,31	0,25	0,32	0,45	
Si	20,16	19,99	20,26	19,89	21,14	21,57	20,13	20,36	20,38	20,66	19,95	20,57	20,41	21	21,25	21,05	20,63	20,69	20,85	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	21,51	26,55	15,36	15,01	118,44	108,21	136,01	127,55	23,74	23,43	23,24	141,02	23,21	15,23	25,08	25,92	81,13	68,86	32,22	
Be	29,32	27,23	45,62	54,48	65,47	55,79	38,55	43,7	37,22	36,96	44,05	59,81	44,97	64,24	46,12	46,58	46,58	31,33	34,07	
Ca	211,66	216,42	180,06	216,27	304,86	363,07	249,36	351,37	0	0	163,18	228,56	281,78	251,21	279,31	317,49	0	0	0	
Cr	0,84	0,66	1,78	0,59	0,9	0,97	0,41	0,61	2,27	1,08	0,48	0,62	0,19	0,2	0,87	0,57	1,04	1,73	0,67	
Mn	76,94	90,73	85,24	80,96	33,58	34,23	81,19	123,89	88,33	85,79	85,84	129,74	83,67	84,4	81,78	94,45	135,64	120,58	101,39	
Co	2,46	2,02	1,03	0,71	2,65	2,48	2	2,82	0,23	0,23	0,09	0,08	1,18	1,84	1,19	1,45	0,96	0,87	0,19	
Cu	0,06	0,1	0,06	0,05	0,05	0,1	0,75	0,2	0,66	0,27	0,02	0,02	0,12	0,11	0,08	0,12	0,13	0,62	0,05	
Zn	43,57	54,44	36,68	55,85	63,57	56,81	220,81	116,48	76,97	104,78	76,4	135,77	82,61	71,99	99,07	113,76	105	78,71	79,94	
Ga	42,71	58,59	55,46	51,81	63,77	52,22	46,16	44,47	56,2	51,89	54,71	59,52	64,17	51,63	60,48	57,92	55,47	42,06	59,79	
Ge	3,99	3,95	5,36	5,04	6,23	3,89	3,4	3,94	3,76	3,72	4,22	5,29	4,73	4,48	4,11	4,6	4,25	3,54	4,03	
Rb	662,61	705,96	799,76	605,55	1312,38	584,38	417,83	433,19	641,61	607,04	736,69	1000,78	785,52	650,35	692,26	741,48	595,6	432,47	644,51	
Sr	7,47	0,43	1,1	1,09	11,22	32,33	6,35	97,23	1,14	1,22	0,23	0,34	1,21	0,92	0,61	1,02	3,12	3,63	2,97	
Zr	0,28	0,91	0,21	0,23	1,12	0,38	0,39	0,18	0,44	0,27	0,53	0,35	0,62	0,55	0,93	0,64	0,3	0,2	0,17	
Nb	57,68	69,18	110,91	36,13	173,82	47,22	13,66	38,99	61,15	65,03	65,46	71,39	73,73	57,69	61,19	63,5	56,86	44,03	71,7	
Sn	47,48	69,75	118,19	101,55	215,3	101,78	61,87	61,71	97,94	85,89	79,8	115,15	69,96	60,67	60,18	65,99	158,04	99,89	120,96	
Cs	11,78	11,91	19,96	13,55	54,17	24,47	9,22	10,93	13,58	15,4	16,7	24,62	13	9,53	10,16	10,9	62,86	18,72	38,03	
Ba	18,47	8,74	37,35	54,72	4,61	68,94	18,56	545,82	29,37	32,88	5,34	3,37	21,13	16,84	15,23	15,27	80,83	70,34	44,29	
Ta	4,32	4,21	16,85	9,77	23,31	31,92	1,9	9,66	6,44	11,38	4,07	5,87	4,86	3,3	3,42	3,64	13,08	11,1	11,85	
W	6,01	6,62	4,78	2,84	8,03	7,32	7,1	4,36	8,59	7,74	4,59	5,81	7,07	6,67	7,77	7,17	6,73	4,87	4,9	
Tl	2,64	2,98	3,33	2,85	4,79	2,43	1,61	1,8	2,68	2,62	2,4	3,36	2,73	2,23	2,33	2,49	3,04	2,28	2,67	
Pb	15	13,46	32,18	36,41	44,28	60,89	31,69	55,06	71,34	56,67	20,53	30,15	13,11	18,96	15,6	20,66	28,87	16,37	43,2	
K/Rb	126,95	120,1	109,37	148,15	58,29	126,97	211,33	191,14	134,49	139,59	116,87	87,23	109,99	134,08	132,9	118,01	142,35	198,57	134,69	
Nb/Ta	13,36	16,45	6,58	3,7	7,46	1,48	7,18	4,04	9,5	5,71	16,06	12,15	15,16	17,5	17,91	17,43	4,35	3,97	6,05	
Rb/Tl	250,99	236,9	240,17	212,47	273,98	240,49	259,52	240,66	239,41	231,69	306,95	297,85	287,74	291,64	297,11	297,78	195,92	189,68	241,39	
Herkunft	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Lipp.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.

Proben MRP-	058-I	059-A	059-I	062-A	062-I	063-A	063-I	064-A	064-I	065-A	066-A	066-I	067-A	068-A	068-I	069-A	069-I	070-A	070-I
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,9	8,7	8,02	8,35	8,3	9,02	8,71	8,57	8,45	8,35	7,99	8,53	8,42	8,65	8,4	9,04	8,89	8,77	8,81
Na	0,46	0,47	0,75	0,66	0,64	0,48	0,54	0,58	0,58	0,62	0,74	0,78	0,58	0,4	0,44	0,32	0,53	0,55	0,48
Fe	1,98	1,23	1,35	1,64	1,73	1,96	1,66	1,35	2,01	1,87	0,37	0,51	1,3	3,42	3,24	2,24	2,3	1,01	1,75
Al	18,63	18,24	19,33	19,75	19,76	19,39	19,67	19,64	19,1	18,66	19,91	19,63	20,04	17,33	17,19	19,05	18,4	19,81	19,44
Mg	0,35	0,32	0,34	0,26	0,26	0,32	0,35	0,39	0,27	0,26	0,14	0,22	0,2	0,53	0,46	0,06	0,31	0,29	0,31
Si	21,29	21,25	21,52	19,9	20,37	20,72	20,82	20,59	20,1	19,95	21,37	20,72	20,07	20,43	20,7	20,78	20,59	19,83	20,58
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	32,04	29,88	28,54	308,9	70,98	18,9	16,52	27,78	31,13	35,38	284,83	293,9	131,14	366,48	360,95	35,57	34,49	15,41	19,07
Be	32,82	37,98	67,46	25,09	36,21	29	29,93	48,09	21,48	44	38,6	53,88	56,27	28,97	27,99	47,46	48,58	30,92	41,7
Ca	0	236,11	187,22	333,08	130,02	453,59	575,87	53,54	83,63	519,74	312,21	294,88	72,12	512,92	481,53	251,52	246,3	454,73	612,05
Cr	0,61	1,01	3,06	1,49	0,55	0,39	0,41	0,37	0,45	0,11	0,75	0,81	0,68	0,07	0,07	0,43	0,47	0,14	0,15
Mn	106,35	104,79	102,46	142,08	39,83	98,75	97,65	88,2	78,5	73,95	91,34	83,47	96,79	214,44	218,65	144,92	133,47	62,54	96,33
Co	0,19	0,94	1,58	1,1	3,22	0,06	0,05	0,38	0,15	2,16	0,79	0,75	0,11	0,18	0,2	0,26	0,26	0,73	0,92
Cu	0,07	0,18	0,16	0,24	<LOD	0,06	-0,01	0,11	0,26	0,39	0,29	0,23	0,14	0,14	0,06	0,17	0,12	0,41	0,28
Zn	84,25	86,31	67,36	24,09	44,11	78,67	76,68	135,22	120,7	65,56	273,11	264,31	130,95	145,96	159,43	119,87	107,57	51,66	91,08
Ga	55,95	68,72	67,77	54,42	62,8	58,68	56,5	52,18	57,12	44,97	60,42	58,68	60,14	43,23	41,45	60,13	56,17	42,95	47,48
Ge	3,81	5,01	5,69	3,64	5,09	8,57	8,01	3,49	3,38	4,2	5,82	5,65	4,27	3,32	3,4	4,64	4,49	3,13	3,72
Rb	628,56	775,65	803,82	1188,35	1994,62	635,81	668,41	661,02	609,18	709,62	1217,53	1177,56	1059,01	542,96	560,03	819,41	700,94	569,3	613,99
Sr	2,25	0,85	1,46	16,65	1,52	0,37	0,34	0,85	0,78	1,52	0,53	0,63	0,2	2,66	1,85	1,19	0,52	2,91	3,26
Zr	0,16	0,69	0,77	0,37	0,55	0,48	0,35	0,62	0,55	0,75	0,38	0,32	0,35	0,28	0,24	1	0,69	0,23	0,26
Nb	66,09	70,53	74,68	128,81	184,34	63,78	65,27	60,69	60,26	70,56	105,49	104,33	69,22	49,4	49,82	73,59	59,77	37,91	46,01
Sn	101,89	79,17	81,2	93,62	265,44	70,05	65,07	64,06	61,96	78,86	163,08	155,38	91,19	42,31	39,3	73,1	62,21	50,44	60,82
Cs	32,61	12,75	14,53	12,82	79,46	10,35	12,22	9,43	8,55	15,51	21,94	22,31	18,18	28,12	31,35	13,7	10,52	17,66	20,61
Ba	50,89	19,22	21,98	26,44	4,62	18,16	17,76	13,47	13,65	13,68	11,61	12,45	1,74	65,78	67,04	8,05	9,98	47,44	67,34
Ta	11,24	4,42	7,73	14,68	17,57	3,66	3,89	3,35	3,35	5,12	9,35	9,12	4,64	9,26	9,7	4,56	3,61	14,24	17,84
W	4,55	9,19	9,61	3,64	10,24	6,26	7	6,93	6,8	8,64	2,22	2,2	5,78	7,09	6,97	7,53	7,12	3,25	3,79
Tl	2,75	3,03	3,24	4,64	8,01	1,82	1,9	2,2	2,1	2,22	4,96	4,76	3,46	1,59	1,75	2,96	2,5	1,77	1,9
Pb	36,15	22,01	24,32	72,92	14,22	21,04	23,6	20,19	13,96	22,53	36,07	38,79	23,69	18,03	16,51	17,88	15,62	11,81	18,23
K/Rb	141,61	112,16	99,77	70,27	41,61	141,87	130,31	129,65	138,71	117,67	65,62	72,44	79,51	159,31	149,99	110,32	126,83	154,05	143,49
Nb/Ta	5,88	15,95	9,66	8,78	10,49	17,41	16,78	18,1	17,96	13,78	11,29	11,44	14,92	5,33	5,14	16,14	16,55	2,66	2,58
Rb/Tl	228,57	255,99	248,09	256,11	249,02	349,35	351,79	300,46	290,09	319,65	245,47	247,39	306,07	341,48	320,02	276,83	280,38	321,64	323,15
Herkunft	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Hahn.	Wolf.	Wolf.	Wolf.	Wolf.

Proben MRP-	071-A	071-I	072-A	072-I	073-I	074-A	074-I	075-A	075-I	076-A	077-A	077-I	078-A	078-I	079-A	079-I	080-A	080-I	081-A
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,44	8,52	8,41	8,32	8,67	8,76	7,92	8,23	8,56	8,27	8,49	8,53	8,68	8,89	8,56	8,76	9,1	8,86	8,63
Na	0,7	0,63	0,65	0,73	0,58	0,49	0,8	0,79	0,63	0,62	0,62	0,7	0,57	0,57	0,5	0,57	0,41	0,58	0,49
Fe	1,52	1,28	1,45	1,26	1,29	1,73	1,74	1,28	1,44	0,95	1,77	1,19	1,65	1,84	1,92	1,8	2,03	1,52	3,36
Al	19,93	19,45	20,01	20,12	19,24	18,3	19,08	19,22	18,99	19,13	19,38	19,86	19,28	19,42	18,74	19,06	19,42	19,78	17,43
Mg	0,3	0,27	0,2	0,21	0,26	0,18	0,31	0,3	0,29	0,25	0,21	0,23	0,3	0,18	0,28	0,33	0,36	0,29	0,39
Si	20,47	19,99	20,06	20,15	21,32	20,45	21,62	21,31	21,13	19,93	19,97	20	20,44	20,32	20,03	20,17	20,61	20,63	20,62
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	20,76	19,66	32,23	29,55	18,55	22,44	30,79	42,22	48,45	42,4	18,3	15,5	29,82	26,54	5,43	12,27	36,56	29,02	19,16
Be	54,01	50,19	43,16	48,21	54,94	24,12	22,76	19,17	13,57	18,49	34,75	42,16	28,99	45,73	25,8	21	30,02	42,53	36,46
Ca	86,14	38,75	67,34	53,35	207,66	225,29	307,69	259,95	274,74	59,37	186,93	228,81	67,65	55,72	180,88	236,52	42,88	59,5	248,61
Cr	0,91	0,46	0,54	0,62	1,54	0,93	0,93	1,07	0,96	0,35	1,76	0,61	0,43	0,5	0,57	0,48	0,4	0,73	0,66
Mn	66,39	64,08	38,72	34,37	88,91	152,58	155,89	120,3	131,58	45,84	101,02	72,8	80,79	65,24	82,96	105,86	40,09	54,46	96,62
Co	0,85	0,9	1,35	1,31	0,97	0,21	0,23	0,19	0,15	0,19	0,57	0,93	0,79	1,72	0,21	0,18	0,21	0,18	0,16
Cu	0,15	0,08	0,16	0,16	0,03	0,07	0,05	0,07	0,09	0,08	2,47	0,44	0,07	0,1	0,12	0,12	0,07	0,09	1,08
Zn	69,01	70,79	125,48	114,61	51,71	66,91	67,26	78,49	82,62	81,04	41,82	49,73	85,63	88,39	50,76	59,42	74,94	105,64	99,64
Ga	54,59	49,72	60,32	60,78	52,22	51,44	57,04	61,86	59,24	43,62	58,53	52,38	60,08	47,02	54,15	54,43	47,68	66,52	62,79
Ge	4,53	4,05	5,37	6,31	4,38	4,02	3,98	4,49	4,3	3,62	7	5,87	4,12	4,38	3,72	3,48	3,84	4,89	5,19
Rb	808,15	749,51	956,05	998,45	696,55	607,22	661,38	799	769,27	831,12	984,66	663,73	758,94	629,1	527,48	506,61	891,64	958,83	972,02
Sr	2,19	1,65	0,85	1,41	0,85	0,37	0,37	0,18	0,16	2,1	0,11	0,48	0,31	1,84	1,11	1,08	2,22	0,13	0,2
Zr	0,38	0,31	0,71	0,61	0,39	0,81	0,92	1,11	1,02	0,45	0,92	0,56	1,07	0,42	0,94	0,9	0,57	0,79	0,62
Nb	67,27	64,22	84,7	91,84	67,44	54,92	59,39	70,93	70,33	45,18	144,54	120,27	61,91	55,99	53,81	51,4	46,29	81,35	76,53
Sn	80,53	71,26	119,6	167,01	74,09	61,79	60,72	66	67,74	93,76	222,8	154,3	60,88	74,55	54,12	50,36	102,42	126,32	107,83
Cs	14,5	12,36	22,55	30,25	11,15	9,3	9,65	13,05	12,48	41,75	48,34	31,74	10,22	11,14	11,34	7,04	44,69	20,78	21,56
Ba	14,32	10,29	2,24	2,16	7,06	13	13,09	6,06	5,54	73,5	1,11	4,2	6,46	18,9	47,16	44,63	74,55	3,73	2,6
Ta	7,58	6,13	7,33	9,92	5,06	3	3,13	4,1	3,9	3,92	86,57	57,2	3,38	8,87	3,06	2,81	4,23	5,71	5,74
W	5,51	5,18	6,18	5,9	8,75	9,02	9,95	7,76	7,27	9,14	7,46	6,43	7,86	7,08	8,61	7,9	8,63	7	5,59
Tl	2,48	2,23	3,37	3,67	2,13	1,83	2,03	2,47	2,44	2,38	5,08	2,77	2,37	2	2,17	2,08	2,61	3,15	3,23
Pb	29,03	28,31	14,14	14,09	15,37	19,48	16,94	14,83	14,5	21,92	17,79	19,49	17,75	22,5	21,14	19,95	27,35	13,73	16,73
K/Rb	104,44	113,67	87,97	83,33	124,47	144,27	119,75	103	111,27	99,5	86,27	128,49	114,37	141,31	162,32	172,9	102,06	92,4	88,78
Nb/Ta	8,88	10,47	11,55	9,26	13,33	18,32	18,99	17,3	18,05	11,53	1,67	2,1	18,3	6,31	17,58	18,32	10,95	14,26	13,33
Rb/Tl	325,87	336,1	283,69	272,06	327,02	331,81	325,8	323,48	315,27	349,21	193,83	239,61	320,23	314,55	243,08	243,56	341,62	304,39	300,93
Herkunft	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.

Proben MRP-	081-I	082-A	082-I	083-A	083-I	084-A	084-I	085-2A	085-2I	085-A	085-I	085k-A	085k-I	086-I	087-A	087-I	087a-A	087a-I	088-A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,81	9,07	8,48	8,8	8,66	8,7	9,16	8,8	8,02	8,58	8,56	8,44	8,1	8,56	8,88	8,73	8,54	8,54	7,79	
Na	0,44	0,61	0,79	0,61	0,55	0,66	0,53	0,51	0,7	0,72	0,78	0,89	0,78	0,69	0,51	0,52	0,6	0,57	0,82	
Fe	3,44	1,45	1,49	2,09	1,84	1,42	1,23	0,61	0,16	0,51	0,57	1,36	1,25	1,27	1,54	1,64	1,43	1,48	1,26	
Al	18,29	19,83	20,17	18,16	18,28	18,83	19,01	20,71	20,97	20,88	20,86	20,27	20,09	20,27	19,44	19,43	19,62	19,46	19,15	
Mg	0,44	0,31	0,29	0,32	0,35	0,25	0,22	0	0,2	0,23	0,21	0,35	0,22	0,25	0,27	0,33	0,31	0,33	0,27	
Si	20,9	20,52	20,22	21	21,22	20,88	21,14	20,3	20,39	20,38	20,14	20,37	20,98	20,49	20,28	20,09	20,32	19,59	19,87	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	312,17	46,18	51,15	131,46	140,26	14,86	9,45	278,37	228,9	227,54	214,74	261,07	278,47	4,95	22,75	153,31	61,3	54,65	66,89	
Be	24,48	32,07	32,79	43,59	48,36	52,03	46,18	96,46	60,09	61,81	69,63	54,91	50,61	30,42	48,42	50,15	27	45,76	27,62	
Ca	235,19	69,86	215,11	294,89	295,98	298,14	321,85	0	0	0	0	0	0	127,88	173,55	201,37	85,51	108,37	123,07	
Cr	2,17	0,7	0,72	1,09	0,77	0,61	0,46	1,17	3,61	0,85	0,81	1	0,82	1,06	0,49	0,72	0,54	0,52	0,51	
Mn	91,11	127,97	107,84	80,43	92,3	89,64	93,06	141,12	42,75	56,78	51,91	77,42	79,54	40,4	101,93	133,93	221,65	237,03	38,35	
Co	1,68	0,46	0,5	0,44	0,57	0,15	0,16	1,26	1,02	0,64	0,7	3,3	3,25	1,15	0,1	0,07	0,09	0,1	3,34	
Cu	0,11	0,13	2,15	0,11	0,17	0,06	0,07	0,16	0,36	0,09	0,12	0,19	0,06	0,1	0,04	0,04	0,21	0,06	0,03	
Zn	27,17	120,02	105,16	109,52	133,54	66,14	63,37	321,68	148,33	172,33	191,62	182,39	192,64	38,65	92,43	125,86	191,29	191,45	38,52	
Ga	64,82	66,56	60,94	54,01	50,67	59,14	56,17	56,83	70,38	62,5	62,44	64,03	66,85	50,67	50,13	59,46	44,36	42,95	55,88	
Ge	4,08	4,46	4,14	3,29	3,24	5,4	4,98	4,41	4,43	3,57	3,77	5,01	5,09	3,25	4,6	4,77	3,99	3,94	5,45	
Rb	1316,26	741,24	744,75	563,97	544,8	874,69	879,58	1392,84	1339,62	1363,3	1435,73	1070,08	1151,07	501,84	748,87	989,78	630,26	638,55	2258,51	
Sr	11,92	1,16	1,11	1,52	1,45	0,14	0,69	4,95	1,36	0,83	1,06	31,92	32,4	1,18	0,32	0,25	0,41	0,49	2,39	
Zr	0,31	1,1	0,93	0,71	0,53	0,6	0,39	0,23	0,28	0,28	0,27	0,2	0,21	0,45	0,45	0,41	0,18	0,21	0,5	
Nb	128,17	92,56	68,74	52,62	53,18	78,09	85,56	134,35	98,34	103,92	105,79	190,15	211,33	46,79	68,65	72,1	59,76	64,1	219,27	
Sn	108,3	72,38	78,39	43,09	44,75	106,42	99,55	222,41	142,8	110,13	123,43	149,31	151,08	49,99	98,76	104,77	47,08	45,12	267,75	
Cs	12,74	12,49	12,23	6,45	6,32	17,32	20,81	46,99	15,81	14,82	17,17	53,55	57,86	9,18	15,89	22,21	29,35	29,67	107,1	
Ba	17,04	11,23	14,77	51,63	51,27	2,52	2,62	43,79	10,1	8,16	9,72	218,48	226,02	45,53	7,33	2,95	10,7	12,05	4,81	
Ta	13,63	12,86	4,4	2,71	2,63	5,1	7,64	32,1	9,06	9,28	10,13	142,9	158,57	2,82	4,11	5,81	8,21	8,93	22,83	
W	3,95	8,84	8,23	8,09	8,71	3,05	4,09	1,26	1,49	1,6	1,86	1,02	1,35	10,05	5,14	5,67	4,46	4,76	9,48	
Tl	6,52	2,59	2,49	1,79	1,81	2,75	2,73	6,91	7,39	7,28	8,03	5,32	5,76	1,58	2,35	3,29	2,25	2,37	9	
Pb	87,85	16,37	22,81	19,26	26,66	19,2	25,29	80,9	53,68	40,81	45,56	106,33	105,61	18,51	28,93	19,66	8,2	21,01	15,2	
K/Rb	66,93	122,36	113,86	156,04	158,96	99,46	104,14	63,2	59,9	62,92	59,59	78,92	70,39	170,57	118,58	88,2	135,5	133,74	34,49	
Nb/Ta	9,41	7,2	15,63	19,41	20,23	15,3	11,2	4,19	10,86	11,2	10,45	1,33	1,33	16,6	16,69	12,4	7,27	7,18	9,6	
Rb/Tl	201,88	286,19	299,1	315,07	300,99	318,07	322,19	201,57	181,27	187,27	178,8	201,14	199,84	317,62	318,67	300,84	280,12	269,43	250,95	
Herkunft	Egel.	Egel.	Egel.	Wolf.	Wolf.	Egel.	Egel.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Egel.	Spod.	

Proben MRP-	088-I	088a-A	088a-I	089-A	089-I	090-A	090-I	091-2A	091-2I	091-A	091-I	092-A	092-I	093-A	093-I	094-A	094-I	095-2A	095-2I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,59	8,14	7,85	8,64	8,82	8,54	8,4	7,01	7,37	6,97	6,98	9,01	8,6	8,51	8,19	7,99	7,9	9,14	8,93	
Na	0,77	0,84	0,95	0,6	0,38	0,31	0,41	1,51	1,1	1,4	1,5	0,46	0,7	0,63	0,84	0,73	0,61	0,55	0,68	
Fe	1,24	0,97	1,05	1,81	2,15	1,93	1,87	1,36	1,09	1,03	1,38	1,71	1,34	1,5	1,38	1,61	1,64	2,46	2,14	
Al	20,27	19,29	19,55	19,41	18,48	18,83	18,21	19,5	19,91	19,76	19,67	19,14	19,85	18,74	19,07	19,25	19,2	19,33	19,22	
Mg	0,24	0,36	0,39	0,31	0,33	0,34	0,34	0,42	0,27	0,36	0,4	0,3	0,29	0,29	0,28	0,31	0,24	0,36	0,32	
Si	20,11	20,01	19,86	20,05	20,14	20,04	20,62	20,35	20,28	20,32	20,53	20,42	20,41	20,11	20,03	19,87	19,86	20,26	20,33	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	6,41	263,11	274,72	514,68	497,94	428,18	415,62	324,7	241,04	622,53	329,45	37,31	34,32	334,61	303,75	27,5	28,05	56,51	72,64	
Be	30,33	34,02	29,97	34,86	34,34	44,82	65,32	54,76	123,3	36,99	105,61	56,96	60,31	83,27	78,71	16,92	25,66	24,36	23,82	
Ca	154,03	233,47	242,09	454,02	483,66	492,71	578,14	626,49	613,62	659,04	696,95	103,31	95,54	493,36	543,65	463,16	421,61	458,94	432,6	
Cr	0,53	0,57	0,67	0,25	0,19	0,05	0,08	0,06	0,03	0,11	0,19	1	0,77	0,01	0,12	0,18	0,15	0,35	0,28	
Mn	40,74	81,76	70,93	452,12	545,54	439,46	459,68	62,75	69,51	39,97	70,76	119,82	122,85	179,66	144,72	100,52	78,5	61,22	52,78	
Co	1,2	1,32	1,5	1,53	1,91	1,36	1,49	1,54	1,73	0,94	1,88	0,54	0,67	2,63	2,19	0,08	0,06	0,05	0,04	
Cu	0,49	0,11	0,27	0,35	0,32	0,06	0	0,45	1,05	0,57	0,41	0,07	0,1	0,09	0,38	1,68	0,13	1,87	3,32	
Zn	46,31	154,09	155,18	464,44	607,43	535,73	506,38	19,05	102,59	21,62	49,99	101,86	108,18	478,15	362,75	80,14	80,29	163,26	120,74	
Ga	48,78	59,65	58,73	59,43	54,74	49,12	48,05	49,37	46,98	48,23	44,75	59,28	61,47	41,73	50,39	58,91	56,25	83,36	82,58	
Ge	3,05	3,29	3,59	5,72	4,08	3,54	3,82	3,49	3,7	3,88	3,44	4,76	5,1	3,91	4,59	3,96	3,93	3,09	3,08	
Rb	453,83	1163,55	1157,5	2369,6	2086,96	1283,89	1312,27	754,49	735,39	589,87	644,53	1171,13	1268,03	1117,9	1029,53	595,63	552,14	960,04	953,63	
Sr	0,96	7,81	11,68	6,23	13,88	7,87	7,17	106,44	76,13	182,44	126,09	0,31	0,13	12,9	31,82	0,62	0,43	0,64	0,5	
Zr	0,96	0,52	0,39	0,47	0,25	0,22	0,29	0,15	0,15	0,16	0,19	0,5	0,63	0,25	0,19	1,33	1,12	0,89	1,43	
Nb	45,93	149,61	137,5	210,89	165,57	97,22	101,39	131,27	134,13	97,13	120,66	78,01	88,4	87,74	113,94	62,76	57,75	117,94	112,76	
Sn	49,16	111,69	136,08	209,76	113,01	84,42	83,36	93,64	90,41	96,26	83,67	117,02	143,4	88,79	127,2	64,17	60,66	240,68	221,39	
Cs	7,34	8,17	13,08	57,25	48,65	18,17	15,89	26,12	15,58	19,12	24,06	25,37	30,92	40,78	62,32	9,45	7,49	24,45	20,9	
Ba	31,6	187,35	176,27	8,53	15,35	65,95	58,69	262,43	214,29	293,01	337,8	1,39	0,8	169,68	233,28	20,76	20,99	1,6	1,59	
Ta	2,93	22,2	27,72	26,8	26,88	26,31	32,75	60,72	77,47	49	59,89	6,77	8,13	17,36	29,27	3,95	3,62	9,2	7,43	
W	8,92	8,23	6,72	1,77	1,32	1,64	1,72	1,45	0,93	1,34	0,94	5,8	6,59	0,78	0,68	7,68	7,23	16,92	16,35	
Tl	1,42	7,12	7,39	11,8	7,4	4,42	4,25	3,05	2,75	2,42	2,45	3,86	4,5	4,77	5,03	1,79	1,61	3,55	3,64	
Pb	15,76	81,57	97,21	82,46	61,22	68,88	78,19	117,41	116,68	136,23	131,82	8,87	8,98	77	168,4	18,26	28,25	23,68	10,02	
K/Rb	189,28	69,98	67,84	36,45	42,27	66,52	64,01	92,92	100,27	118,18	108,31	76,93	67,82	76,09	79,5	134,14	143,08	95,18	93,68	
Nb/Ta	15,67	6,74	4,96	7,87	6,16	3,69	3,1	2,16	1,73	1,98	2,01	11,53	10,88	5,05	3,89	15,9	15,97	12,82	15,17	
Rb/Tl	319,6	163,42	156,63	200,81	282,02	290,47	308,77	247,37	267,41	243,75	263,07	303,4	281,78	234,36	204,68	332,75	342,94	270,43	261,99	
Herkunft	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Spod.	Egel.	Egel.	Spod.	Spod.	Egel.	Egel.	Woll.	Woll.	

Proben MRP-	095-A	095-I	096-A	096-I	097-A	097-I	098-A	098-I	099-A	099-I	099a-A	099a-I	099ab-A	099ab-I	100-A	100-I	101-A	101-I	102-A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,83	8,72	9	9,13	8,26	7,82	8,57	8,68	8,78	8,76	8,56	8,36	8,45	8,41	8,48	8,42	8,66	8,76	8,8	
Na	0,55	0,48	0,45	0,39	0,71	0,84	0,41	0,51	0,5	0,53	0,6	0,64	0,54	0,68	0,45	0,54	0,49	0,48	0,46	
Fe	1,77	1,65	1,7	2,02	1,07	1,34	1,85	1,81	1,14	1,04	1,16	0,99	1,39	0,95	2,73	1,73	2,96	3,35	2,65	
Al	19,17	19,64	19,3	19,11	19,95	19,6	19,37	19,6	20,48	20,16	19,76	19,82	19,85	19,83	17,52	19,06	17,77	17,68	19,1	
Mg	0,24	0,14	0,27	0,31	0,37	0,26	0,19	0,22	0,13	0,22	0,15	0,17	0,19	0,16	0,66	0,41	0,45	0,4	0,4	
Si	20,22	20,16	20,27	20,75	20,41	20,08	20,24	20,03	20,63	20,08	19,79	19,64	20,08	19,88	20,52	20,04	20,28	20,25	20,86	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	9,59	5,97	11,85	12,63	42,1	42,13	28,33	20,48	11,13	11,09	14,98	17,06	15,13	18,07	172,7	160,98	90,52	94,79	105,95	
Be	31,55	35,94	34,31	31,4	22,96	20,01	41,05	41,3	55,42	47,1	50,25	52,09	47,47	47,19	20,17	20,35	17,98	17,41	49,32	
Ca	188,34	185,87	766,62	577,92	262,45	416,79	378,96	387,42	477,08	502,36	501,53	429,02	455,72	490,66	504,51	576,09	816,95	689,36	575,11	
Cr	0,52	0,56	2,06	0,15	0,13	0,17	0,18	0,16	0,56	0,38	0,17	0,11	0,38	0,81	0,14	0,06	3,37	2,14	0,14	
Mn	43,3	41,76	319,1	302,7	13,68	12,48	125,27	129,87	73,17	79,39	86,65	98,62	81,17	80,37	57,15	43,78	160,8	180,86	223,24	
Co	1,02	1,14	0,26	0,17	0,4	0,38	0,3	0,3	0,37	0,44	0,29	0,27	0,35	0,29	0,52	0,59	0,19	0,28	0,21	
Cu	0,09	0,03	0,76	0,56	0,4	1,37	0,56	0,41	1,01	0,45	0,31	0,25	4,48	1,4	0,41	0,39	4,95	0,65	0,27	
Zn	58,6	55,09	36,32	91,25	31,84	48,13	117,32	115,18	46,24	54,41	95,35	92,12	84,78	73,22	67,04	91,44	29,44	97,95	137,61	
Ga	55,45	51,09	132,43	125,79	45,74	42,25	79,24	73,88	59,61	59,54	59,98	59,8	63,33	68,52	53,85	51,64	49,19	47,68	70,34	
Ge	3,32	3,23	7,25	6,31	2,48	2,31	5,1	4,14	3,41	3,61	4,15	4,18	4,57	4,62	2,25	2,13	3,93	3,24	3,59	
Rb	576,01	572,87	1510,23	1407,02	434,2	450,97	1112,96	736	745,38	795,79	1050,79	1034,47	1018,72	1059,33	326,48	313,91	556,14	527,55	641,21	
Sr	0,67	0,78	0,76	0,68	14,9	3,36	0,65	0,72	0,74	0,81	0,14	0,16	0,6	0,68	18,75	34,87	4,69	6,41	3,4	
Zr	0,82	0,78	0,72	0,65	0,62	0,85	0,38	0,26	0,31	0,29	0,3	0,3	0,52	0,34	1,17	0,86	1,05	0,3	0,43	
Nb	55,74	57,1	385,7	370,79	45,93	50,89	103,35	219,09	64,78	64,01	73,36	71,78	75,86	68,99	37,84	35,25	58,3	57,93	110,48	
Sn	49,71	50,07	630,54	573,01	36,86	40,44	108,23	85,16	64,78	70,27	84,49	86,92	96,55	92,21	29,11	38,28	54,85	42,7	107,62	
Cs	8,76	9	146,81	137,66	10,58	9,74	32,36	14,51	10,43	12,18	21,67	19,16	21,34	20,2	5,65	5,33	10,92	11,67	39,11	
Ba	22,8	21,83	2,43	2,42	315,91	282,73	2,28	10,11	8,98	6,89	0,74	1,39	1,16	0,85	1040,07	1040,37	30,11	38,39	42,71	
Ta	3,05	3,18	32,68	29,36	18,93	12,35	11,23	15,17	5,4	5,88	4,79	5,04	6,12	4,77	1,72	2,52	7,08	7,35	15,96	
W	7,12	7,07	17,51	17,21	10,73	11,9	5,69	8,57	7,52	8,04	3,1	2,66	3,72	3,65	12,21	11,39	7,4	7,91	18,4	
Tl	1,73	1,66	5,34	4,96	1,57	1,81	3,62	2,88	2,96	3,1	3,79	3,79	3,51	4,1	1	1,17	1,82	1,7	2,22	
Pb	17,44	17,92	10,89	10,38	133,44	47	13,37	4,58	36,8	38,08	27,92	26,01	31,55	35,15	33,35	46,24	36,15	21,76	51,4	
K/Rb	153,3	152,22	59,61	64,86	190,31	173,43	77,02	117,94	117,78	110,09	81,46	80,81	82,95	79,39	259,74	268,23	155,72	166,05	137,19	
Nb/Ta	18,28	17,93	11,8	12,63	2,43	4,12	9,2	14,45	11,99	10,89	15,31	14,24	12,39	14,48	22,02	13,98	8,24	7,88	6,92	
Rb/Tl	332,95	345,1	282,81	283,67	276,56	249,15	307,45	255,56	251,82	256,71	277,25	272,95	290,23	258,37	326,48	268,3	305,57	310,32	288,83	
Herkunft	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz

Proben MRP-	102-I	103-A	103-I	104-A	104-I	105-A	105-I	106a-A	106a-I	107-A	107-I	107a-A	107a-I	107b-A	107b-I	108-A	108-I	109-A	109-I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,57	8,82	8,76	8,63	8,54	9,1	8,37	8,58	8,6	8,16	8,25	8,53	8,25	8,71	8,63	8,69	8,6	8,83	8,73	
Na	0,49	0,33	0,41	0,53	0,68	0,29	0,63	0,69	0,55	0,6	0,61	0,59	0,62	0,45	0,52	0,45	0,52	0,56	0,49	
Fe	2,48	2,5	2,62	1,08	1,13	1,43	1,62	1,78	1,54	1,11	1,14	1,28	0,99	1,46	1,34	1,7	1,5	2,5	2,3	
Al	18,9	18,27	18,66	19,95	19,98	18,97	19,4	19,5	19,23	19,79	19,37	19,69	19,41	19,28	19,49	18,91	19,31	18,2	17,73	
Mg	0,37	0,34	0,36	0,2	0,22	0,2	0,35	0,27	0,29	0,29	0,26	0,2	0,19	0,38	0,3	0,42	0,39	0,85	0,88	
Si	20,25	19,84	20,08	20,16	20,53	19,7	20,06	20,3	20,45	19,87	19,84	20,19	19,84	19,79	19,68	20,16	19,91	20,9	21,38	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	193,45	271,57	277,23	14,26	24,35	27,32	62,22	36,71	29,97	117,81	106,56	120,76	127,86	41,73	36,3	89,3	75,5	85,08	122,92	
Be	61,39	25,53	27,68	52,7	54,27	45,17	16,57	38,97	50,57	26,32	38,27	51,26	45,5	8,77	8,68	10,5	8,64	31,79	29,69	
Ca	592,8	391,17	419,64	578,46	554,32	477,83	436,29	567,24	564,69	615,36	761,71	540,31	648,2	320,01	427,1	109,6	131,8	456,54	461,97	
Cr	0,18	0,17	0,09	0,31	0,17	0,12	0,15	0,57	0,21	0,76	2,09	0,2	0,43	0,62	0,13	0,6	0,57	0,78	0,4	
Mn	238,46	129,26	110,61	50,41	41,73	76,47	97,88	102,12	122,7	50,45	39,21	37,88	35,82	69,34	80,39	113,13	105,25	125	87,74	
Co	0,18	0,99	0,95	1,23	0,82	0,11	0,15	0,07	0,36	1,25	1,12	1,23	1,16	1,36	1,57	0,47	0,38	7,58	7,74	
Cu	0,38	1,36	0,47	0,67	0,5	0,16	21,81	3,65	0,43	12,96	19,7	0,29	2,66	0,36	0,5	0,17	0,66	0,69	0,63	
Zn	140,97	207,78	186,56	62,9	63,97	91	91,81	99,72	95,63	47,63	25,05	74,17	52,72	40,7	44,01	76,24	71,55	107,32	123,43	
Ga	67,04	59,19	64,37	53,46	59,9	57,38	61,65	66,03	63,04	49,42	51,87	48,17	50,37	41,17	41,03	53,28	56,49	49,9	56,51	
Ge	2,92	3,36	3,37	5,78	5,78	4	3,86	5,49	5,1	2,79	3,42	3,14	2,8	1,96	2,41	2,05	2,9	1,67	1,87	
Rb	497,61	716,68	704,46	895,81	896,04	805,7	782,48	971,32	1081,03	992,09	1224,17	891,61	982,15	247,49	495,02	322,89	427,89	418	425,58	
Sr	3,28	1,67	1,06	1,8	1,3	0,28	0,23	0,77	0,32	1,4	1,12	2	1,79	4,31	7,38	10,06	4,24	90,32	83,5	
Zr	0,4	0,32	0,56	0,5	0,54	0,39	1,24	1,07	0,39	1,67	0,64	0,43	0,42	0,68	0,26	0,75	1,23	0,51	0,36	
Nb	54,97	74,11	64,65	129,51	124,94	68,74	66,58	93,1	117,29	77,51	72,89	91,74	91,74	31,86	47,83	44,61	53	47,63	52,06	
Sn	66,27	71,95	68,83	125,41	112,32	75,54	64,4	145,41	169,02	97,24	91,46	78,09	81,99	17,62	24,94	35,47	53,1	27,47	29,74	
Cs	7,34	18,1	12,95	36,64	31,4	13,93	13,75	25,75	41,64	41,9	45,21	24,6	31,46	2,73	10,45	5,8	7,9	21,01	22,64	
Ba	50,18	3,74	3,44	15,15	9,93	4,38	6,64	5,78	5,47	5,78	1,59	38,18	6,56	744,82	193,54	468,52	121,54	756,95	744	
Ta	3,55	10,51	6,02	22,88	15,22	4,26	4,09	8,2	14,24	42,18	180,2	42,79	46,53	1,4	4,89	2,98	2,76	4,2	3,4	
W	12,33	9,22	8,41	5,78	4,49	7,17	8,13	10,34	9,26	4,48	3,39	3,87	4,04	11,05	6,75	24,05	9,05	4,5	7,03	
Tl	1,7	2,7	2,39	3,45	3,34	2,45	2,55	3,42	4,11	4,09	4,97	3,49	3,81	0,71	1,26	1,38	2,09	2,28	2,52	
Pb	45,01	22,79	27,91	18,13	15,8	22,04	15,02	22,18	26,9	46,41	62,57	45,25	53,66	36,87	20,66	32,81	22,14	85,18	98,76	
K/Rb	172,24	123,07	124,35	96,3	95,29	112,95	106,97	88,35	79,52	82,25	67,39	95,67	84	351,93	174,33	269	201,01	211,24	205,13	
Nb/Ta	15,47	7,05	10,74	5,66	8,21	16,15	16,29	11,36	8,23	1,84	0,4	2,14	1,97	22,82	9,79	14,96	19,18	11,34	15,33	
Rb/Tl	292,71	265,44	294,75	259,66	268,28	328,86	306,85	284,01	263,02	242,56	246,31	255,48	257,78	348,58	392,87	233,98	204,73	183,33	168,88	
Herkunft	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Glanz	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	

Proben MRP-	110-A	110-I	111-A	111-I	112-A	112-I	113-A	113-I	114-2A	114-2I	114-A	114-I	115-A	115-I	116-A	116-I	117-A	117-I	118-A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,76	8,78	8,72	8,53	8,58	8,48	8,77	8,81	9,09	9,16	8,75	8,66	7,78	6,9	8,53	8,5	8,5	8,51	9,02	
Na	0,47	0,65	0,74	0,73	0,64	0,84	0,34	0,45	0,34	0,39	0,42	0,54	1,15	1,62	0,65	0,71	0,66	0,63	0,32	
Fe	1,74	1,32	1,31	1,29	1,55	1,16	2,43	2,31	2,33	2,36	2,45	2,79	0,73	0,3	1,62	1,39	1,59	1,86	2,35	
Al	19,23	19,68	19,96	19,43	19,86	20,16	18,2	18,53	18,57	18,19	19,15	18,68	20,23	20,14	19,61	19,76	19,73	19,48	18,33	
Mg	0,37	0,42	0,35	0,32	0,47	0,34	0,51	0,46	0,53	0,57	0,49	0,47	0,32	0,36	0,2	0,31	0,22	0,17	0,24	
Si	20,1	20,43	20,53	20,29	20,6	20,28	20,55	20,36	20,99	20,78	20,75	20,38	20,1	20,67	20	19,87	20,53	20,12	20,38	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	161,05	143,61	79,21	77,32	46,95	51,11	66,61	63,62	408,35	439,55	363,71	354,69	38,68	49,66	41,61	44,81	32,43	31,23	91,73	
Be	12,05	12,16	7,82	7,4	38,12	38,64	8,63	8,07	16,47	16,58	16,33	16,21	23,4	37,25	60,62	69,44	41,87	63,17	37,87	
Ca	115,92	121,68	534,85	426,91	577,58	480,39	164,21	164,6	239,85	291,91	260,85	254,32	436,31	258,98	219,41	300,69	232,99	174,09	513,6	
Cr	0,6	0,64	0,19	0,19	0,37	0,14	0,6	1,04	0,72	0,65	0,75	0,63	4,21	1,18	0,4	0,51	4,34	2,86	0,18	
Mn	96,54	106,81	17,1	24,07	32,05	34,04	115,14	116,47	116,83	115,87	109,18	103,57	11,46	13,85	149,43	221,57	70,97	59,84	203,61	
Co	0,29	0,28	0,78	0,55	1,62	1,8	0,64	0,8	0,29	0,3	0,33	0,28	1,55	1,86	1,26	0,54	2,91	2,74	0,68	
Cu	0,04	0,08	1,93	1	1,3	1,05	0,02	0,12	0,11	0,1	0,89	0,1	0,38	0,21	0,06	0,27	0,75	0,14	0,88	
Zn	28,69	27,53	35,14	34,73	27,37	37,2	51,69	49,96	71,46	72,33	73,22	68,14	5,15	8,29	110,27	118,21	41,16	44,33	111,01	
Ga	58,62	60,94	51,06	50,27	43,15	49,48	64,13	61,7	56,22	55,51	53,65	53,82	60,55	62,98	56,93	69,16	54,56	67,92	66,58	
Ge	2,67	2,8	2,2	2,31	3,01	3,7	2,76	2,95	3,25	3,17	3,1	3,26	2,01	2,22	5,62	4,5	4,47	4,48	4,91	
Rb	537,41	563,8	370,8	394,29	357,94	658,74	548,02	533,83	553,36	591,74	573,08	569,8	499,04	595,94	992,08	981	833,92	918,98	1181,37	
Sr	2,87	2,29	12,66	4,57	146,98	11,99	2,77	3,2	6,08	5,55	5,96	6	255,03	50,13	7,66	0,61	20,17	2,25	0,7	
Zr	0,78	0,94	0,82	0,97	0,31	0,92	1,08	0,97	0,45	0,41	0,37	0,38	0,17	0,24	0,29	0,45	0,42	1,01	0,44	
Nb	60,43	63,35	49,12	51,42	43,83	68,94	62,87	63,53	84,55	93,71	90,9	88,43	83,17	81,99	140,82	124,22	76,98	93,23	126,71	
Sn	67,18	73,4	38,44	38,28	62,82	87,74	65,59	64,01	74,25	74,02	71,93	73,09	28,33	52,87	180,64	134,65	97,76	153,16	234,15	
Cs	10,14	10,49	6,16	6,47	8,82	22	12,59	11,85	14,26	25,04	15,57	13,29	10,05	10,56	36,88	31,5	19,71	21,43	40,86	
Ba	40,48	31,5	274,8	237,53	359,31	14,08	61,89	59,29	84,85	86,49	92,09	88,72	73,86	13,1	32,25	9,14	14,56	5,49	1,31	
Ta	3,62	3,72	3,53	4,42	16,45	12	4,03	4,07	12,57	13,97	18,07	16,94	37,68	49,22	28,09	12,57	13,72	7,23	11,48	
W	9,3	9,89	19,11	16,53	3,84	7,88	13,64	12,59	11,34	15	14,13	15,64	3,37	3,5	5,86	6,47	8,9	10,21	8,19	
Tl	2,31	2,58	1,32	1,5	1,68	3,15	2,42	2,39	2,59	2,67	2,63	2,58	2,34	3,71	5,15	5,25	3,84	4,41	5,53	
Pb	17,39	18,69	27,3	19,85	216,32	73,07	22,44	28,41	17,25	17,72	16,7	17,34	92,87	89,13	29,98	12,82	35,82	21,89	27,04	
K/Rb	162,95	155,78	235,17	216,34	239,7	128,73	160,03	165,11	164,33	154,79	152,76	152,04	155,86	115,84	85,97	86,68	101,9	92,6	76,35	
Nb/Ta	16,69	17,04	13,9	11,63	2,66	5,74	15,59	15,6	6,72	6,71	5,03	5,22	2,21	1,67	5,01	9,88	5,61	12,89	11,04	
Rb/Tl	232,65	218,53	280,91	262,86	213,06	209,12	226,45	223,36	213,65	221,63	217,9	220,85	213,26	160,63	192,64	186,86	217,17	208,39	213,63	
Herkunft	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.

Proben MRP-	118-I	119-A	119-I	120-A	120-I	121-A	121-I	122-A	122-I	123-A	123-I	124-A	124-I	125-A	125-I	126-A	126-I	127-A	127-I
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,84	9,03	8,97	9,13	8,93	8,51	8,77	8,94	8,66	8,73	8,68	8,67	8,79	8,57	8,59	9,18	8,87	9,04	9,01
Na	0,46	0,3	0,27	0,55	0,52	0,56	0,48	0,37	0,43	0,4	0,39	0,74	0,64	0,57	0,69	0,36	0,36	0,35	0,45
Fe	2,5	1,84	1,8	1,49	1,55	1,53	2,23	2,21	2,88	1,58	1,64	1,18	1,33	1,2	1,34	2,55	2,38	1,57	2,09
Al	18,8	18,66	18,66	19,69	19,47	19,28	18,68	18,74	18,04	19,39	18,49	20	20,13	19,83	19,76	18,02	18,19	19,3	18,77
Mg	0,23	0,38	0,34	0,44	0,42	0,33	0,39	0,45	0,47	0,43	0,52	0,36	0,42	0,49	0,44	0,58	0,58	0,38	0,42
Si	20,22	19,85	19,85	20,76	20,9	20,11	20,33	20,56	20,42	20,39	20,46	20,2	20,45	20,39	20,67	20,71	20,57	20,49	20,49
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	81,45	43,02	42,21	72,44	79,05	134,43	127,78	187,25	182,11	159,84	158,65	89,3	143,97	92,07	87,57	285,97	324,08	156,27	141,35
Be	33,46	23,56	23,18	8,5	8,21	11,64	9,7	13,25	10,71	4,22	6,6	10,6	7,93	10,01	11,59	13,06	13,21	25,89	24,65
Ca	475,15	181,12	200,84	433,85	390,33	278,62	227,49	186,66	171,87	275,72	452,73	411,64	440,91	315,25	372,35	208,6	251,91	509,59	532,84
Cr	0,16	1,92	1,79	0,72	0,77	0,68	0,58	1,78	1,13	0,14	0,04	0,08	0,13	0,55	0,81	1,48	0,76	0,14	0,22
Mn	232,98	325,17	324,34	31,45	17,3	106,95	93,7	161,77	245,64	115,78	139,4	172,87	130,92	57,94	49,74	97,45	96,1	146,87	107,73
Co	0,73	0,92	0,92	0,51	0,64	0,99	0,6	0,43	0,36	1,1	0,98	0,49	0,56	0,82	0,78	0,93	0,94	0,58	0,56
Cu	1,6	0,21	0,35	1,13	1,1	0,59	0,13	0,43	1,06	0,88	0,76	0,85	1,09	1,04	0,78	0,11	0,03	0,7	0,43
Zn	120,84	57,71	57,9	22,9	23,32	40,75	39,01	39,28	58,61	45,79	37,82	39,35	31,62	18,9	18,57	70,71	86,27	64,33	52,99
Ga	63,67	55,84	55	47,31	53,56	59,25	70,57	67,47	59,38	63,92	57,46	57,34	60,14	55,14	57,56	65,05	61,75	63,55	62,2
Ge	4,93	3,62	3,56	2,57	2,3	3,06	3,29	2,71	2,88	2,24	1,94	2,85	2,69	2,28	2,25	2,47	2,1	2,83	2,57
Rb	1154,88	618,43	588,43	356,01	345,76	675,96	717,31	413,58	437,59	309,47	344,39	377,07	393,34	284,69	294,17	340,23	336,72	476,65	494,09
Sr	1,35	13,79	14,39	3,17	6,9	3,89	1,65	10,62	10,51	15,27	18,8	7,58	5,66	16,74	16,42	22,81	18,12	8,18	5,62
Zr	0,32	0,17	0,2	0,77	0,94	0,94	1,02	0,3	0,15	0,79	1,32	1,66	1,78	1,1	1,17	0,58	0,78	0,55	0,92
Nb	120,84	59,97	55,18	53,5	46,25	73,63	83,83	67,18	59,19	34,42	40,53	44,56	46,99	36,25	37,92	42,83	44,25	70,92	73,43
Sn	148,85	65,31	68,51	32,88	30,96	74,49	83,64	60,08	45,72	46,18	36,18	53,01	54,82	45,89	44,27	67,18	62,93	115,87	102,6
Cs	39,48	11,85	12,02	4,15	4,07	19,01	16,78	18,16	21,48	5,07	4,53	7,2	7,57	4,18	4,1	7,66	6,42	20,9	19,89
Ba	2	98,07	102,11	224,29	281,83	18,21	9,65	147,68	136,34	670,99	900,63	216,14	190,58	908,15	931,37	507,3	486,31	164,5	163,05
Ta	10,87	10,95	11,04	4,27	3,92	6,7	5,52	8,38	6,65	1,97	1,94	3,45	3,36	3,13	2,34	3,12	2,84	8,18	8,01
W	8,58	2,63	2,45	10,65	14,22	9,13	10,75	9,77	7	20,73	21,4	14,98	15,64	23,33	24,01	25,5	26,75	14,6	15,53
Tl	5,49	2,54	2,51	1,51	1,36	3,01	3,42	1,83	1,85	1,66	1,41	1,48	1,53	1,25	1,25	1,75	1,63	2,14	1,95
Pb	23,85	17,01	16,83	21,25	30,24	38,68	19,04	22,77	15,47	20,34	17,71	21,2	15,11	20,92	20,78	70,51	29,77	27,51	24,96
K/Rb	76,54	145,95	152,38	256,45	258,27	125,87	122,23	216,25	197,94	282,1	252,04	229,93	223,47	301,03	292,01	269,82	263,28	189,66	182,36
Nb/Ta	11,12	5,48	5	12,53	11,79	10,99	15,19	8,02	8,9	17,5	20,85	12,93	13,97	11,57	16,23	13,75	15,56	8,67	9,17
Rb/Tl	210,36	243,48	234,43	235,77	254,24	224,57	209,74	226	236,54	186,43	244,25	254,78	257,08	227,75	235,34	194,42	206,58	222,73	253,38
Herkunft	Mill.	Mill.	Mill.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.

Proben MRP-	128-A	128-I	129-A	129-I	130-A	130-I	131-A	131-I	132-2A	132-2I	132-A	132-I	133-A	133-I	134-A	134-I	135-A	135-I	136-A
REM-EDS																			
[%]																			
K	9,3	9,12	8,77	8,53	6,59	6,59	8,84	8,57	9,1	9,26	9,11	8,85	9,11	8,8	8,45	8,5	8,68	8,52	8,76
Na	0,48	0,6	0,53	0,58	1,79	1,72	0,48	0,74	0,24	0,31	0,29	0,6	0,45	0,53	0,63	0,62	0,55	0,68	0,4
Fe	1,44	1,44	1,39	1,47	0,79	0,58	1,84	1,22	2,43	2,47	3,22	2,91	2,21	1,7	1,14	1,04	1,77	1,48	2,09
Al	19,74	19,88	18,77	19,61	20,16	20,14	19,07	19,5	17,25	16,61	16,04	16,17	18,92	19,05	19,45	19,21	19,12	19,33	18,29
Mg	0,37	0,39	0,38	0,39	0,28	0,34	0,34	0,29	1,07	1,18	1,21	1,05	0,64	0,58	0,4	0,42	0,46	0,48	0,57
Si	20,64	20,3	20,17	20,64	20,12	19,99	20,24	20,11	21,56	21,58	21,59	21,63	20,52	20,23	20,01	19,94	20,45	20,17	20,21
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	212,45	223,73	64,35	57,38	146,32	158,07	48,19	49,75	166,65	149,71	172,86	167,99	87,65	121,98	65,39	84,68	239,86	288,71	39,98
Be	18,97	18,02	15,71	16,4	49,87	33,37	9,17	8,63	27,45	27,77	31,2	28,36	7,41	6,62	11,02	11,15	14,53	15,27	7,29
Ca	463,55	426,16	238,17	296,81	410,98	409,35	296,8	235,6	212,55	231,19	146,02	224,54	183,71	200,41	244,9	225,94	<LOD	277,57	254,02
Cr	0,1	0,09	1,62	1,42	0,7	0,59	0,83	0,73	10,03	5,09	3,84	1,63	1,3	0,83	0,72	0,86	0,18	1,07	0,78
Mn	98,95	82,54	279,27	267,52	56,51	21,9	104,75	84,09	301,06	289,14	451,12	393,46	184,39	111,28	84,05	88	74,99	115,54	95,45
Co	0,44	0,3	0,63	0,61	1,74	1,33	0,66	0,42	1,23	1,18	1,57	1,46	1,38	0,77	0,59	0,58	0,76	1,22	0,93
Cu	1,02	1,07	0,12	0,09	0,26	0,35	0,09	0,88	0,18	0,18	0,19	0,33	0,07	0,07	0,12	0,13	-0,29	5,66	1,81
Zn	75,14	50,29	42,29	42,35	24,49	16,57	57,69	49,04	192,01	141,08	138,82	140,08	46,12	34,97	35,54	30,96	54,73	68,29	48,48
Ga	72,31	73,43	54,14	54,46	84,1	85,75	51,11	63,54	105,04	106,96	104,48	103,72	64,69	53,76	59,57	63,61	59,5	65,12	35,63
Ge	3,25	2,94	2,63	2,51	3,38	3,37	2,99	3	3,31	3,44	3,95	3,69	2,26	1,87	2,21	2,17	2,92	2,41	2,37
Rb	722,16	703,06	400,95	409,74	663,09	588,98	580	590,62	805,01	863,11	822,66	806,49	252,2	240,3	346,67	345,65	352,54	371,88	282,4
Sr	3,94	0,62	9,93	9,57	166,39	174,9	8,34	2,61	14,13	15,68	15,49	14,68	19,98	15,35	6	4,18	11,62	10,68	15,14
Zr	0,53	1,22	0,62	0,72	0,13	0,13	0,84	1,51	0,63	0,49	0,58	0,55	0,6	1,16	1,04	1,2	2,19	1,54	0,39
Nb	81,1	71,71	48,09	48,42	126,91	91,32	66,68	64,5	228,77	174,88	187,15	186,43	33,9	34,09	57,14	77,75	47,23	50,42	25,06
Sn	103,74	95,5	58,64	57,5	134,43	129,42	48,54	58,38	199,81	226,46	187,87	186,84	56,97	38,72	73,8	54,49	46,06	81,16	39,77
Cs	17,67	14,36	10,59	10,31	8,21	5,77	11,82	11,25	46,72	58,36	52,69	52,73	5,5	3,41	6,87	5,74	5,43	8,7	4,8
Ba	33,77	5,11	196,3	203,74	149,17	152,77	32,76	24,35	120,34	81,17	134,61	130,3	1083,67	1136,92	267,48	229,36	260,02	214,08	862,12
Ta	6,61	4,38	4,72	4,7	25,92	16,59	4,01	3,78	40,15	21,22	13,03	13,1	1,76	1,5	3,94	7,55	3,07	3,71	5,03
W	10,17	9,28	16,42	16,52	1,07	1,6	10,31	10,2	46,31	29,09	39,11	39,98	23,83	23,2	21,47	21,27	28,83	29,19	13,9
Tl	2,69	3,16	1,67	1,78	3,23	2,77	2,4	2,71	3,9	3,99	3,7	3,79	1,22	0,95	1,38	1,32	1,41	1,72	1,26
Pb	17,99	11,25	23,18	21,72	85,72	85,37	42,52	23,86	10,86	6,24	8,02	7,39	15,25	15,78	20,42	10,42	12,58	20,44	18,59
K/Rb	128,78	129,72	218,85	208,11	99,35	111,9	152,46	145,07	113	107,24	110,69	109,73	361,35	366,36	243,85	245,81	246,24	229,03	310,2
Nb/Ta	12,27	16,38	10,19	10,31	4,9	5,5	16,63	17,09	5,7	8,24	14,36	14,23	19,26	22,74	14,51	10,3	15,4	13,6	4,98
Rb/Tl	268,46	222,49	240,09	230,19	205,29	212,63	241,67	217,94	206,41	216,32	222,34	212,79	206,72	252,95	251,21	261,86	250,03	216,21	224,13
Herkunft	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Mill.	Mill.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.

Proben MRP-	136-I	137-2A	137-2I	137-A	137-I	138-A	138-I	139-A	139-I	140-A	140-I	141-A	141-I	142-A	142-I	143-A	143-I	144-I	145-A	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,55	9,07	8,89	9,31	8,94	8,87	8,7	8,45	8,76	8,79	8,59	9,06	9,11	8,75	8,52	9,41	9,08	8,86	8,99	
Na	0,39	0,36	0,36	0,4	0,33	0,46	0,63	0,69	0,46	0,61	0,66	0,16	0,15	0,43	0,71	0,38	0,32	0,28	0,5	
Fe	1,76	2,7	2,83	2,4	2,53	2,13	1,1	2,37	2,69	1,65	1,66	1,56	1,31	1,49	1,12	3,24	3,14	2,01	1,99	
Al	19,24	17,92	18,56	18,06	18,77	18,89	19,22	18,66	18,7	18,74	19,73	15,98	16,13	19,6	19,5	16,2	16,02	16,62	19,31	
Mg	0,57	0,72	0,59	0,64	0,53	0,5	0,48	0,7	0,76	0,46	0,53	1,81	1,8	0,41	0,45	1,18	1,24	1,36	0,36	
Si	20,26	20,8	20,56	20,55	20,59	20,18	20,02	19,82	20	19,89	20,24	22,08	21,88	20,1	20,1	21,56	21,36	21,06	20,41	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	42,54	168,97	250,55	82,98	148,34	177,37	263,59	328,25	208,56	102,4	137,82	555,44	615,95	98,99	101,92	219,7	201,67	277,56	35,11	
Be	7,52	19,25	15,61	14,88	14,91	31,13	11,61	22,26	17,59	22,86	18,85	7,75	7,98	28	26,54	10,68	9,49	14,78	8,03	
Ca	297,14	222,85	238,9	286,7	205,89	204,18	208,3	255,82	186,25	223,8	200,03	269,37	259,71	235,51	222,98	447,55	416,07	347,45	305,84	
Cr	0,81	0,6	0,7	1,36	0,65	0,35	0,41	1,62	4,34	0,31	0,7	0,55	0,63	0,54	0,59	0,11	0,06	0,11	0,4	
Mn	89,53	156,59	87,73	158,42	139,71	142,06	120,91	222,46	94,92	163,8	162,51	41,25	37,35	260,69	222,31	264,15	249,14	69,49	125,04	
Co	0,86	1,17	0,79	0,85	0,84	0,7	0,52	1,7	0,71	0,66	0,6	0,4	0,4	0,29	0,26	0,28	0,27	1,49	0,15	
Cu	1,59	0,09	0,05	0,27	0,05	0,03	0,07	0,04	0,07	0,07	0,05	0,25	0,02	0,07	0,07	0,14	0,17	0,13	0,07	
Zn	45,63	114,79	76,76	74,85	99,81	81,86	41,28	68,78	32,12	53,6	38,56	79,56	87,43	74,67	63,35	205,83	196,52	177,51	53,74	
Ga	36,58	58,06	74,9	64,48	59,12	77,47	65,52	61,28	67,31	60,46	64,12	59,09	59,29	72,95	72,48	50,67	52,92	44	68,4	
Ge	2,41	2,72	2,71	3,05	2,53	3,83	2,07	2,79	2,22	1,99	2,01	1,69	2,13	2,41	2,44	3,19	3,02	3,04	2,84	
Rb	276,98	456	492,87	502,95	364,53	640,2	324,47	344,74	345,93	299,87	327,32	512,64	554,38	363,13	381,26	567,85	546,14	559,51	529,19	
Sr	13,4	5,89	4,33	8,86	10,38	1,86	3,57	16,03	7,81	7,01	9,89	12,94	11,05	6,88	3,94	6,73	5,7	8,68	7,18	
Zr	0,37	0,5	0,94	0,48	0,87	1,16	1,93	0,54	1,8	1,81	1,25	0,29	0,44	0,96	1,53	0,45	0,46	0,46	0,41	
Nb	22,43	80,52	78,82	66,34	48,82	244,15	46,91	38,33	42,83	41,3	41,63	62,64	74,19	53,71	52,23	106,64	99,98	67,1	56,63	
Sn	38	106,97	109,17	91,88	82,26	227,74	55,01	83,3	62,87	54,26	62,11	89,48	96,74	109,14	105,65	126,42	150,67	68,89	51,71	
Cs	3,84	16,98	23,63	25,64	8,65	85,2	5,44	10,34	5,45	5,12	6,78	24,42	26,63	9,13	7,93	36,22	35,96	23,34	9,25	
Ba	823,89	152,63	133,16	163,41	230,8	85,87	204,51	506,95	478,39	451,35	434,51	111,4	107,92	241,73	216,37	214,91	223,89	339,59	16,78	
Ta	4,44	16	9,27	5,84	3,68	40,57	2,79	2,27	2,37	2,24	2,53	1,64	3,09	3,6	3,69	23,91	20,37	13,8	3,56	
W	12,63	17,17	21,86	22,74	24,15	58,96	33,8	28,51	32,57	29,73	30,77	21,75	20,77	32,45	32,81	8,88	8,31	16,54	10,99	
Tl	1,19	2,07	2,08	2,37	1,78	2,65	1,34	2,17	1,44	1,28	1,36	2,1	2,1	1,74	1,91	1,99	1,94	2,4	1,76	
Pb	16,64	6,9	12,57	10,5	15,29	9,14	8,1	10,5	15,5	12,54	22,05	3,5	2,75	20,21	11,95	6,49	5,43	4,37	21,82	
K/Rb	308,82	198,83	180,29	185,04	245,15	138,51	268,05	245,01	253,33	293,29	262,41	176,66	164,28	241,02	223,46	165,69	166,19	158,33	169,92	
Nb/Ta	5,05	5,03	8,5	11,36	13,28	6,02	16,83	16,86	18,05	18,48	16,45	38,22	23,98	14,9	14,14	4,46	4,91	4,86	15,91	
Rb/Tl	232,76	220,29	236,96	212,22	204,79	241,58	242,14	158,87	240,23	234,27	240,68	244,11	263,99	208,7	199,61	285,35	281,52	233,13	300,68	
Herkunft	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Fres.	

Proben MRP-	145-I	146-A	146-I	147-A	147-I	148-A	148-I	149-A	149-I	150-A	150-I	151-A	151-I	152-A	152-I	153-A	153-I	154-2A	154-2I
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,75	8,66	8,68	8,47	8,42	8,81	8,58	8,11	8,17	8,69	8,69	9,41	9,2	9,04	9,06	8,87	8,78	8,75	8,77
Na	0,64	0,59	0,52	0,72	0,67	0,4	0,45	0,81	0,8	0,56	0,52	0,38	0,34	0,39	0,46	0,27	0,44	0,38	0,39
Fe	1,61	2,2	1,81	1,13	1,13	2,37	2,51	0,95	0,99	1,08	1,32	3,24	3,14	2,98	2,98	2,84	1,83	1,1	1,31
Al	19,73	18,72	18,95	19,96	19,9	17,81	18,15	19,74	19,89	19,61	19,32	16,2	16,7	18,63	18,66	18,29	18,79	19,43	18,94
Mg	0,45	0,48	0,36	0,3	0,31	0,59	0,56	0,41	0,43	0,33	0,38	1,18	1,15	0,37	0,3	0,28	0,28	0,48	0,57
Si	20,49	20,53	20,25	20,82	20,39	20,82	20,66	20,48	20,55	20,05	20,01	21,56	21,54	20,82	20,69	20,56	20,06	20,45	20,19
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	32,35	31,51	32,61	24,57	28,42	63,24	62,57	28,26	28,63	82,95	79,48	51,69	50,92	33,32	37,32	21,84	20,69	31,21	41,77
Be	7,64	9,69	8,66	14,89	15,6	5,74	5,94	14,01	16,09	4,87	4,69	37,21	36,46	31,05	32,57	34,32	34,43	9,69	11,37
Ca	378,85	246,33	301,77	512,86	513,83	178,19	187,54	180,43	192,77	164	186,39	467,94	595,79	506,93	460,71	368,44	435,41	377,99	194,72
Cr	0,17	1,61	33,65	0,14	0,53	0,44	0,53	0,59	0,58	1,34	0,5	0,17	0,17	0,23	0,25	0,06	0,06	1,92	4
Mn	83,04	127,46	78,48	67,53	75,19	105,14	86,35	10,21	9,35	84,28	76,73	166,68	330,99	145,19	149,56	276,09	222,16	200,5	187,95
Co	0,15	0,35	0,19	0,23	0,18	1,19	1,01	0,76	0,72	1,05	1	0,32	1,04	0,36	0,39	0,22	0,15	0,54	0,53
Cu	0,03	0,28	0,28	0,08	0,05	0,04	0,01	0,82	0,08	0,08	0,05	0,57	0,26	0,24	0,4	0,74	0,22	1,11	0,91
Zn	54,45	47,21	11,22	42,43	25,93	82,11	66,62	42,13	39,53	20,78	42,58	165,97	159,69	133,18	128,92	148,35	111,65	17,33	11,84
Ga	64,63	59,55	65,56	62,02	66,71	55,33	55,28	55,2	53,33	31,53	36,42	40,78	37,78	46,17	46,95	40,83	39,37	58,58	54,69
Ge	2,93	2,09	1,94	3,11	3,41	2,3	2,09	3,35	3,01	2,32	1,93	4,28	4,44	3,58	4,04	4,75	4,22	2,11	1,94
Rb	559,46	381,81	408,79	459,71	742,31	355,59	320,68	545,18	490,23	312,65	287,54	629,02	621,25	550,24	551,68	702,85	624,19	250,86	255,81
Sr	1,57	5,65	4,43	31,8	3,62	22,45	35,92	3,17	8	14,86	14,73	2,09	2,09	1,57	1,49	0,47	0,68	15,8	17,67
Zr	1,17	0,62	1	0,27	0,86	0,56	0,45	1,01	0,65	0,82	0,7	0,39	0,32	0,31	0,34	0,16	0,25	1,08	1,35
Nb	61,91	51,74	50,23	76,49	82,33	48,98	39,05	58,3	51,57	14,12	27,09	79,83	83,82	64,97	65,34	37,14	56,82	28,28	30,12
Sn	65,5	45,38	45,89	48,04	62,28	25,47	23,48	64,56	49,81	26,5	17,94	65,35	54,28	47,35	52,92	55,41	78,73	25,78	26,97
Cs	9,12	5,07	5,54	9,31	19,84	10,66	7,81	11,57	9,89	5,53	3,7	16,93	22,47	10,47	11,46	36,26	27,29	4,3	3,4
Ba	14,41	92,47	98,53	77,37	5,57	895,87	983,62	113,23	112,72	1329,08	1659,56	11,9	28,79	10,87	10,18	8,27	5,67	1415,28	1497,64
Ta	3,63	3,17	2,57	14,18	9,52	5,9	3,03	3,54	3,2	3,77	2,81	20,89	22,27	12,73	12,04	9,19	13,94	1,46	1,42
W	12,11	15,04	16,57	9,39	10,93	9,21	6,69	5,73	5,24	4,28	13,43	4,3	7,21	3,92	4,22	5,69	5,81	23,69	25,27
Tl	1,84	1,78	2	1,6	2,19	1,67	1,51	2,44	1,8	1,26	1,21	1,99	2,06	1,44	1,68	2,32	2,08	0,96	0,94
Pb	18,17	27,15	12,9	44,89	38,08	21,94	23,1	44,61	77,5	24,65	24,36	19,43	38,9	9,68	10,49	5,03	14,31	15,59	16,61
K/Rb	156,45	226,9	212,39	184,23	113,48	247,67	267,49	148,69	166,74	277,86	302,05	149,58	148,09	164,36	164,18	126,15	140,63	348,61	342,64
Nb/Ta	17,04	16,33	19,51	5,4	8,65	8,31	12,88	16,47	16,12	3,74	9,65	3,82	3,76	5,1	5,43	4,04	4,07	19,32	21,15
Rb/Tl	304,05	214,5	204,4	287,32	338,95	212,93	212,37	223,43	272,35	248,13	237,64	316,09	301,58	382,11	328,38	302,95	300,09	261,31	272,14
Herkunft	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Fres.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Weis.	Weis.

Proben MRP-	154-A	154-I	155-A	155-I	156-A	156-I	157-2A	157-2I	157-A	157-I	158-A	158-I	159-A	159-I	160-A	160-I	161-A	161-I	162-A
REM-EDS																			
[%]																			
K	8,53	8,79	8,64	8,71	8,77	8,76	8,78	9,13	8,82	8,68	8,75	8,37	8,99	9,2	9,05	8,74	8,58	8,49	8,61
Na	0,52	0,52	0,34	0,44	0,39	0,45	0,36	0,32	0,32	0,29	0,54	0,47	0,59	0,43	0,37	0,33	0,61	0,47	0,55
Fe	0,89	0,93	2,37	1,97	1,31	1,97	3,41	2,64	2,62	3,25	1,82	1,56	1,56	1,6	3,09	3,18	1,35	1,81	1,72
Al	19,17	19,99	18,45	18,85	18,94	19,74	17,41	17,59	17,1	16,96	19,26	19,29	19,08	19,23	17,22	17,38	19,77	19,35	18,97
Mg	0,37	0,41	0,55	0,39	0,57	0,5	0,63	0,65	0,76	0,67	0,47	0,41	0,56	0,51	0,61	0,72	0,31	0,29	0,39
Si	20,18	20,36	20,57	19,9	20,19	20,4	20,6	20,45	21,09	20,73	20,27	20,35	20,28	20,45	21,61	21,28	20,48	20,14	20,54
LA-ICP-MS																			
[ppm]																			
Li	39,87	38,22	124,81	133,55	111,11	94,21	43,49	68,29	47,85	45,2	26,57	52,07	87,83	92,34	38,62	56,21	77,16	76,52	45,55
Be	9,59	10,78	25,07	22,68	27,18	22,45	6,1	7,26	7,4	7,28	14,15	14,54	5,27	5,12	20,47	13,53	21,64	20,16	28,61
Ca	194,67	205,02	312,51	238,85	189,95	171,65	267,83	231,13	229,37	239,16	165,08	243,19	441,09	502,79	431,19	454,87	220,38	249,36	537,02
Cr	0,49	7,84	0,76	0,68	0,54	2,24	0,46	0,46	0,57	0,4	0,76	0,69	0,21	0,11	0,08	0,13	0,55	0,54	0,72
Mn	193,62	187,5	175,65	127,48	108,34	128,93	151,55	154,35	164,75	149,18	119,71	111,62	64,25	67,78	309,4	310,46	171,62	192,77	235,88
Co	0,45	0,69	0,86	0,63	0,68	0,76	1,01	1,06	0,94	0,84	0,22	0,2	0,95	0,99	0,7	0,74	0,2	0,15	0,25
Cu	0,47	3,66	0,17	0,11	0,09	0,12	0,1	0,03	4,19	0,16	0,3	0,11	0,27	0,22	0,5	0,76	0,09	0,07	0,17
Zn	36,26	9,82	96,5	76,11	63,86	46	105,77	103,57	109,9	103,11	57,54	53,48	52,93	57,14	211,1	212,64	49,54	44,79	80,51
Ga	51,24	54,38	61,13	58,9	67,01	71,46	53,47	51,63	55,01	56,47	85,53	85,16	72,88	71,26	53,44	52,56	76,55	76,82	61,96
Ge	1,98	2,43	3,05	2,43	2,65	3,04	2,38	2,27	2,26	2,35	2,92	2,86	1,65	1,64	2,29	2,02	3,21	3,1	3,02
Rb	260,33	241,69	419,19	377,51	501,6	486,99	428,44	403,56	420,44	419,81	729,55	749,92	393,62	390,82	595,7	595,26	888,33	937,02	448,65
Sr	14,15	15,2	7,3	5,39	2,04	2,92	10,17	11,34	7,77	8,6	1,39	0,96	11,35	12,41	10,62	9,42	0,83	0,79	5,05
Zr	1,15	0,93	0,37	1,38	1,13	1,04	0,49	0,52	0,6	0,42	1,64	1,48	1,8	1,79	0,34	0,35	0,92	1,07	1,62
Nb	29,85	25,7	46	36,2	56,03	46,58	51,81	46,19	54,55	52,76	84,13	83,61	53,76	52,79	54,26	57,23	93,51	98,69	50,98
Sn	29,53	30,61	72,79	47,82	63,19	73,58	47,43	46,43	49,45	50,19	122,89	118,59	62,14	58,98	61,2	64,81	102	110,77	56,91
Cs	3,34	3,61	11,2	6,25	7,65	7,74	6,85	5,68	6,75	6,17	17,32	16,74	6,31	6,05	33,71	35,63	25,22	29,18	8,12
Ba	1045,89	1505,39	57,11	81,61	39,42	37,03	60,19	59,67	44,58	58,52	2,8	1,88	104,23	108,39	29,39	28,38	2,75	1,83	201,02
Ta	1,42	1,7	3,06	1,77	3,85	3,08	3,62	2,56	4,58	3,76	5,68	5,67	3,18	3,14	5,08	5,73	5,57	6,04	2,9
W	15,16	15,58	22,06	20,32	13,53	13,85	22,88	20,99	23,94	21,96	17,47	16,92	32,59	31,65	15,88	19,51	7,86	6,94	13,84
Tl	1	1,07	1,89	1,55	2,27	2,43	2,02	1,75	1,99	1,98	3,15	3,16	1,21	1,08	2,17	2,13	4,64	4,92	1,55
Pb	15,54	26,28	8,54	16,94	26,05	39,34	6,17	9,65	9,97	5,78	10,28	9,62	18,58	16,57	9,86	10,22	18,14	17,74	25,52
K/Rb	327,79	363,77	206,01	230,62	174,74	179,89	204,87	226,35	209,78	206,87	119,91	111,58	228,41	235,42	152	146,9	96,64	90,65	191,84
Nb/Ta	20,98	15,14	15,02	20,43	14,57	15,14	14,3	18,06	11,92	14,01	14,82	14,75	16,89	16,8	10,68	9,99	16,8	16,33	17,56
Rb/Tl	260,33	225,88	221,79	243,55	220,97	200,41	212,1	230,61	211,28	212,03	231,6	237,32	325,31	361,87	274,52	279,46	191,45	190,45	289,45
Herkunft	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.

Proben MRP-	162-I	163-A	163-I	164-2A	164-2I	164-A	164-I	165-A	165-I	166-A	166-I	166a-A	166a-I	167-A	167-I	168-2A	168-2I	168-A	168-I	
REM-EDS																				
[%]																				
K	8,69	8,84	8,55	8,74	8,94	8,52	8,68	8,72	8,87	8,76	8,8	8,79	8,71	8,72	8,81	8,57	8,53	8,82	8,81	
Na	0,64	0,43	0,64	0,62	0,35	0,66	0,36	0,39	0,33	0,53	0,46	0,5	0,56	0,54	0,49	0,65	0,53	0,47	0,51	
Fe	1,33	1,94	1,68	1,79	2,03	1,39	2,28	2,89	2,85	1,65	2,22	1,64	1,43	1,1	0,85	1,65	1,7	1,27	1,32	
Al	19,6	19,56	19,14	18,95	18,76	19,1	18,35	17,98	18,17	19,47	18,88	19,31	19,29	19,69	19,9	19,23	19,12	19,37	19,48	
Mg	0,51	0,43	0,48	0,42	0,38	0,46	0,46	0,49	0,48	0,38	0,34	0,39	0,44	0,35	0,26	0,43	0,47	0,33	0,35	
Si	20,55	20,56	20,48	20,09	20,28	20,06	20,01	19,99	19,87	20,25	20,17	20,04	20,06	20,01	20,18	20,09	20,1	20,05	20,26	
LA-ICP-MS																				
[ppm]																				
Li	45,18	70,18	221,58	122,53	133,16	74,07	148,38	396,52	398,96	294,03	312,97	354,07	344,44	39,09	110,18	96,3	95,72	20,76	34,91	
Be	30,74	4,69	3,58	7,63	8,63	8,04	6,75	7,52	8,18	31,22	27,67	10,71	9,61	15,17	13,45	21,64	21,26	13,58	14,61	
Ca	452,76	492,81	540,39	228,91	162,97	1213,99	528,05	238,96	245,03	238,2	217,04	248,13	211,15	148,53	178,38	246,91	164,44	269,2	284,49	
Cr	0,17	0,08	0,14	0,71	0,61	0,82	0,74	0,5	0,48	0,45	0,66	1,4	1,18	0,49	0,54	13,11	3,27	0,53	0,58	
Mn	259,71	85,24	92,2	107,71	106,31	130,98	89,05	61,6	63,78	181,01	193,8	96,96	125,07	176,63	137,17	129,44	129,55	165,88	145,02	
Co	0,32	0,52	0,49	0,76	0,71	0,93	0,56	0,9	0,9	0,59	0,47	0,43	0,42	0,04	0,04	0,14	0,12	0,23	0,15	
Cu	0,28	0,15	0,12	0,86	0,35	1,05	0,16	0,07	1,32	0,08	0,09	0,13	0,12	0,38	0,29	2,92	0,07	3,45	1,64	
Zn	131,36	78,73	53,75	83,49	80,14	89,63	58,39	78,54	80,7	86,02	72,31	46,29	54,08	53,64	46,84	29,82	79,37	61,9	56,99	
Ga	56,74	70,86	68,37	52,91	53,11	50,08	64,73	63,31	62,44	69,14	69,31	77,78	76,34	77,58	83,56	126,31	115,11	67,49	74,14	
Ge	3,19	1,68	1,51	1,87	1,9	1,95	1,64	2,68	2,54	2,37	1,9	1,92	1,88	3,07	3,16	6,13	5,41	2,31	2,39	
Rb	465,3	406,2	380,89	367,3	414,04	397,58	348,81	465,54	430,46	543,42	460,87	452,37	479,92	793,73	835,62	1471,03	1300,3	600,02	604,41	
Sr	6,6	9,58	10,57	11,2	11,27	14,2	11,9	5,3	6,06	4,93	4,89	5,15	7,93	0,37	0,27	1,25	0,85	6,03	2,18	
Zr	0,6	1,23	2,28	1,63	0,91	0,56	2,11	1,19	1,45	0,9	1,01	1,83	1,01	0,85	1,17	1,22	0,98	0,36	0,97	
Nb	50,49	44,82	47,36	41,38	47,39	46,38	41,48	60,83	53,16	85,73	66,96	52,11	61,63	90,44	96,06	275,78	255,02	74,41	62,17	
Sn	72,58	53,36	41,74	63,64	76,4	80,62	44,48	65,59	60,93	143,11	86,24	81,22	124,78	105,96	115,61	397,91	330,68	92,99	81,8	
Cs	12,65	6	4,22	6,36	8,43	18,64	4,36	8,22	7,07	39,57	13,28	7	23,22	14,46	15	111,97	99,33	15,37	10,56	
Ba	140,3	65,51	69,82	108,38	60,01	108,69	111,19	26,36	28,35	35,04	51,95	36,17	31,42	1,61	1,07	12,73	3,04	49,86	7,05	
Ta	4,53	1,97	1,89	1,96	3,38	5,88	1,65	4,16	3,39	18,67	6,05	2,87	4,76	5,24	5,25	30,86	31,18	7,28	3,41	
W	12,38	30,47	32,06	26,89	24,1	21,42	27,41	25,7	22,49	21,66	27,22	21,67	22,66	10,29	10,5	14,46	13,87	14,03	13,45	
Tl	1,74	1,33	1,08	1,54	1,75	1,69	1,31	1,92	1,73	2,58	1,94	2,07	2,34	3,77	4,09	7,41	6,24	2,9	2,8	
Pb	26,94	15,7	7,79	13,02	11,78	9,49	9,34	12,75	16,33	9,82	7,48	9,24	17,35	8,24	6,63	13,68	12,83	8,06	12,93	
K/Rb	186,78	217,59	224,45	237,97	215,95	214,31	248,78	187,41	206,01	161,12	190,85	194,25	181,52	109,89	105,44	58,28	65,56	147,01	145,81	
Nb/Ta	11,15	22,7	25,03	21,06	14	7,89	25,09	14,62	15,66	4,59	11,07	18,14	12,95	17,26	18,31	8,94	8,18	10,22	18,23	
Rb/Tl	267,41	305,41	352,68	238,51	236,59	235,25	266,27	242,47	248,82	210,63	237,56	218,54	205,09	210,54	204,31	198,52	208,38	206,9	215,86	
Herkunft	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Weis.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	

Proben MRP-	169-A	169-I	170-2A	170-2I	170-A	170-I	171-A	171-I	172-A	172-I
REM-EDS										
[%]										
K	8,64	8,35	8,72	8,63	8,92	8,68	8,73	8,72	8,7	8,44
Na	0,66	0,67	0,23	0,3	0,33	0,27	0,55	0,47	0,45	0,55
Fe	1,42	1,07	4,21	4,47	3,37	3,42	1,13	1,04	1,7	1,37
Al	19,55	19,37	15,85	15,22	16,79	16,36	19,62	19,63	19,53	
Mg	0,38	0,31	0,89	0,95	0,75	0,84	0,4	0,24	0,28	0,36
Si	20,21	20,04	21,48	21,01	20,56	20,88	19,98	20,07	20,4	20,09
LA-ICP-MS										
[ppm]										
Li	123,73	224,13	478,43	418,01	389,11	382,02	49,02	69,57	108,78	108,74
Be	25,96	21,97	26,09	24,43	24,91	25,61	30,57	26,51	11,99	10,33
Ca	336,33	197,04	569,85	365,56	441,42	519,23	155,91	257,22	195,76	186,14
Cr	0,47	0,47	0,12	0,06	0,06	0,06	12,3	1,21	1,78	1,72
Mn	113,7	108,56	649,08	531,46	228	410,65	98,93	74,41	176,76	192,03
Co	0,36	0,35	0,96	0,79	0,65	0,64	0,71	0,38	0,52	0,46
Cu	0,11	0,07	3,96	0,7	0,41	0,88	13,42	0,96	0,11	0,32
Zn	96,89	90,37	744,56	592,05	543,52	500,48	13,74	47,17	44,36	114,91
Ga	68,03	58,89	52,31	49,27	54,35	68,11	56,32	42,42	67,41	75,4
Ge	2,24	2,46	4,25	3,35	3,19	3,37	2,37	2,67	1,97	1,6
Rb	519,59	519,79	1003,58	1020,2	1031,61	992,07	547,11	462,23	415,62	425,17
Sr	3,28	2,45	5,5	4,92	4,12	3,49	4,79	4,57	2,25	1,98
Zr	0,67	0,92	3,72	1,16	0,65	3,36	0,51	0,42	0,71	0,94
Nb	65,83	64,42	186,39	199,87	205,06	243,33	61,61	15,2	64,13	60,3
Sn	83,89	77,11	163,44	144,93	179,2	326,74	103,66	78,4	59,5	44,46
Cs	9,54	7,47	104,02	97,65	117,26	89,93	20,87	12,69	4,95	3,49
Ba	87,04	72,19	38,29	36,16	34,42	31,09	38,46	38,25	48,31	61,92
Ta	3,97	4,34	20,83	27,12	11,87	12,14	17,98	2,84	2,35	1,99
W	14,7	12,84	4,38	4,36	6,52	15,41	8,43	6,93	27,78	28,49
Tl	2,42	2,51	3,75	3,6	3,78	3,48	3,19	2,43	1,84	1,91
Pb	18,07	10,09	14,63	10,7	9,2	7,42	22,76	15,04	11,55	7,88
K/Rb	166,31	160,63	86,91	84,55	86,47	87,53	159,6	188,65	209,26	198,5
Nb/Ta	16,59	14,85	8,95	7,37	17,27	20,04	3,43	5,35	27,28	30,3
Rb/Tl	214,71	207,09	267,62	283,39	272,91	285,08	171,51	190,22	225,88	222,6
Herkunft	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.

Tabelle 9: Messwerte (Gew.%) und Herkunft der Muskovite, Frat: Fratres, Fres: Fresach, Egel: Egelsee, Hahn: Hahnenkofel, Lipp: Lippnik-Edling, Mill.: Millstätter Alpe, Spod: Spodumenpegmatit, Weis: Weißenstein, Wolf: Wolfsberg, Woll: Wollanig; A: Muskovit-Rand, I: Muskovit-Innen