



Lehr- und Forschungszentrum  
Francisco Josephinum



Projekt ÜLG 59/2012

# Alterseinstufung obertriadischer Evaporite in Österreich auf der Basis von Schwefelisotopen-Untersuchungen

Endbericht

von

Richard Lein & Micha Horacek

Projektleitung Maria Heinrich

Redaktion: Maria Heinrich & Julia Rabeder

GIS-Bearbeitung: Irena Lipiarska

Die Projektdurchführung erfolgt im Rahmen des Vollzuges des Lagerstättengesetzes im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend.

Wien – Wieselburg, Februar 2014

# Inhalt

1. Zweck der Studie
2. Herkunft des Probenmaterials
3. Lokalisierung der Proben
4. Messmethodik
5. Ergebnisse
6. Diskussion der Ergebnisse
7. Ausblick
8. Literatur

## 1. Zweck der Studie

Aufgabe der vorliegenden Studie war die Aufsammlung/Beprobung karnischer Evaporite und die Ermittlung der Isotopenzusammensetzung ihres Sulfatschwefels, mit dem Ziel, die Datengrundlage der bekannten Schwefelisotopenkurve (LÉTOLLE & ODIN, 1984; HOLSER et al., 1995, vgl. Tafel 20 am Ende des Berichtes; PROKOPH et al., 2008) für den Zeitabschnitt der Obertrias, aus welchem bisher nur wenige Werte vorlagen, deutlich zu erweitern.

Neben allgemein wissenschaftlichem Interesse ist die angestrebte Verbesserung der Schwefelisotopenkurve auch von **praktischer Bedeutung**, wenn es möglich sein sollte, die im alpinen Permomesozoikum im Wesentlichen in drei Hauptniveaus auftretenden evaporitischen Serien allein auf Grund ihrer Schwefelisotopensignatur eindeutig einem dieser Horizonte zuzuordnen.

Die Evaporitabfolgen dieser drei Horizonte (oberpermisches Haselgebirge, Röteevaporite, oberkarnische Gipse) stellen zudem auf Grund ihres rheologischen Verhaltens Schwächezonen dar, entlang derer die kalkalpinen Schichtfolgen intern zerlegt werden. Da diese Evaporite auch auf Grund ihres deutlich geringeren spezifischen Gewichtes entlang von Störungen diapirartig aufsteigen, nehmen sie vielfach die Position tektonisch isolierter Fremdkörper ein. Vielfach markieren sie Decken- bzw. Schuppengrenzen. Auf Grund des milieubedingten Fehlens zeitdiagnostischer Fossilien ist die altersmäßige Zuordnung dieser ortsfremden Evaporitkörper vielfach ungesichert. Für die Rekonstruktion der tektonischen Deformation wäre aber die Einzeitung dieser isolierten Schollen wichtig.

Während schon bisher die oberpermischen von den tieftriadischen Evaporiten auf Grund ihrer stark differierenden Schwefelisotopenwerte klar auseinandergehalten werden konnten (auch wenn in diesem Fall die Datenbasis nach wie vor unzufriedenstellend ist, da die Änderung der S-Isotopenwerte nicht direkt an der Grenze erfolgt, siehe HORACEK et al., 2010), fehlte für die oberkarnischen Evaporitfolgen zunächst noch die nötige Datenbasis völlig.

## 2. Herkunft des Probenmaterials

Mehrere im Frühjahr 2013 im Gebiet der niederösterreichischen Kalkvoralpen abgeteufte Kernbohrungen, welche im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen an bestehenden technischen

Bauwerken (Stollen der 2. Wiener Hochquellenwasserleitung bei Neubruck sowie Zuleitungsstollen zum Kraftwerk Opponitz) zur Erkundung des Untergrundes erforderlich waren, durchörterten unter anderen auch die Opponitzer Schichten (vgl. POSCH-TRÖZMÜLLER & PERESSON, 2014 in Vorb.). Die Bearbeitung des Kernmaterials aus diesen Bohrungen eröffnete die seltene Möglichkeit einer genauen Erfassung und Beprobung jener im Basalbereich der Opponitzer Schichten entwickelten Evaporitabfolge, deren nur untertags erhaltene ursprüngliche Mächtigkeit mehrere Zehnermeter beträgt. Infolge tiefgründiger Verwitterung ist der Gipsanteil dieser Serie an der Oberfläche durch Lösung fast vollständig entfernt. An dessen Stelle treten im Obertageaufschluss Rauhacken und karbonatische Kollapsbreccien. Da andernorts in Dünnschliffen ähnlicher Gesteine noch Reste von Gips zu sehen waren, wurden Rauhacken dieses Horizontes ausgiebig beprobt.

Zahlenmäßig ergänzt und regional erweitert wurde das Untersuchungsmaterial durch bereits vorhandene Aufsammlungen (coll. Lein), die bisher unbearbeitet geblieben waren. Es sind dies Proben von der Kernbohrung Stallburg (bei Küpfern W Weyer), weitere Gipsproben aus dem Westabschnitt der Nördlichen Kalkalpen sowie zum Vergleich eine Kollektion von Keupergipsen aus dem Pennin (Unterengadiner Fenster). Hinzu kommen noch einige Vergleichsproben aus dem außeralpinen Raum, deren karnisches Alter nur auf Vermutungen beruhte.

### 3. Lokalisierung der Proben

Zur Verteilung der Lokalitäten alter und neuer Proben siehe Tafeln 1 – 19 und zu den Koordinaten Tabelle 1.

#### **Nördliche Kalkalpen Ost**

ÖK50 Blatt 70: Kernbohrung Stallburg: Lunzer Decke, Küpfern W Weyer

ÖK50 Blatt 71: Kernbohrung Kraftwerk Opponitz (KB-06\_2011): Lunzer Decke; BMN 31 R562.327, 041 H306.363, Sh. 750 Meter

ÖK50 Blatt 72: Kernbohrung Neubruck KB-06\_2013: NKA, Frankenfelder Decke, 1,2 km N Asang Kogel

#### **Nördliche Kalkalpen West**

ÖK50 Blatt 141: A2752 – A2757: Weg entlang Grenzkamm zwischen Vorarlberg und Liechtenstein

Weitere 18 Proben (bisher unveröffentlicht), A 2740 – A 2751:

ÖK50 Blatt 141: A2744 – A2746: Rellstal, A 2747 – A 2748: Schapina

ÖK50 Blatt 142: A2750 Dalaas, A2751 St. Anton im Montafon (Steinbruch)

#### **Pennin (Unterengadiner Fenster)**

ÖK50 Blatt 145: A2764 Rammelschröfen

ÖK50 Blatt 170: A2759 – A2763 Umgebung Schruns

ÖK50 Blatt 171: A2766 – A2767 Samnaun (Spalla Sattel, Laret W), A 2768 N Compatsch

Tab. 1: Koordinatenliste zu den Probepunkten

NR	RW_M31	HW_M31	RW_M28	HW_M28	RW_M34	HW_M34	ÖK50
A2740-41	253580	263757	179649	260538	327559	275721	115
A2742	245384	260396	171592	256865	319224	272674	115
A2743			133830	231096			143
A2744	178871	219277	106755	213248	251041	234074	141
A2745	180111	220674	107939	214690	252337	235426	141
A2746	180526	221571	108319	215602	252787	236308	141
A2747	177512	224628	105193	218539	249887	239486	141
A2749	178402	229449	105896	223386	250964	244279	141
A2750	198481	226543	126056	221255	270959	240595	142
A2751	187781	226081	115390	220383	260226	240545	142
A2752	168712	228272	96267	221840	241215	243475	141
A2753	168893	228577	96436	222150	241408	243773	141
A2754	167715	227003	95321	220534	240168	242242	141
A2755	168369	224225	96081	217786	240716	239435	141
A2756	168566	223979	96286	217547	240903	239181	141
A2757	169041	224898	96726	218484	241415	240083	141
A2759	221056	206147	149379	201753	292776	219304	170
A2760	220186	205780	148524	201353	291891	218970	170
A2761	218942	204980	147313	200507	290615	218217	170
A2762	219605	204869	147979	200421	291274	218080	170
A2763	219678	205309	148035	200863	291364	218518	170
A2764	249920	217946	177754	214642	322126	230005	145
A2765	212203	186650	141283	181945	283164	200123	170
A2766	226382	209319	154576	205124	298230	222275	171
A2767	224338	207836	152592	203565	296127	220869	171
A2768	227245	210869	155380	206705	299154	223793	171
A4316A	323578	230458	250857	229966	396325	239691	149
A4518	494276	292812	419089	298891	569452	295454	67
KB-06_2011	562327	306363	486633	315091	637990	306357	71
KB-06_2013	588083	316972	511990	326710	664137	315957	72
MS229	390600	179300	319797	181406	461413	461413	178
Stallburg	546201	302308	470657	310407	621718	302931	70
Vi-B-03/01	314935	203595	243251	202795	386644	213144	175

## 4. Messmethodik

### Aufbereitung und Isotopenanalytik

Die Proben wurden gemahlen und das Mahlgut in Bechergläser überführt. Die Bechergläser wurden mit Wasser gefüllt und auf eine Magnetrührplatte gestellt und 24 Stunden gerührt. Danach wurden die Proben filtriert und angesäuert und SrCl zugesetzt. Nach 24 Stunden wurden die Proben filtriert und der Filtrerrückstand mit Aqua<sub>dest.</sub> gespült. Anschließend wurden die Filter im Trockenschrank getrocknet und das gewonnene Strontiumsulfat-Pulver in Proben-gefäße überführt.

Zur Messung wurden ca. 0,5mg Strontiumsulfat in Zinnkapseln eingewogen und mittels eines Elementaranalysators (EA), der über ein ConFlo an ein Isotopenverhältnismassenspektrometer (IRMS) angeschlossen ist, gemessen. Fast alle Proben wurden mit einem Thermo (Flash HT) EA, der über ein ConFlo IV an ein Delta V IRMS angeschlossen ist, gemessen. Mit den Proben wurden in regelmäßigen Abständen zertifizierte Standards (IAEA-S-4, NBS 127) mitgemessen und die Rohwerte der Analysen gegebenenfalls korrigiert.

Die Ergebnisse werden in der konventionellen  $\delta$ -Notation in Promill (‰) Abweichung vom CDT (Canyon Diabolo Troilit)-Standard angegeben. Die Meßgenauigkeit ist besser als 1‰.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Nördliche Kalkalpen Ost: (ober)karnische Gipse aus dem Niveau der Opponitzer Rauhwacke

Aus den Proben in der Liste ohne Messergebnisse konnte kein Sulfat extrahiert werden.

<b>KB Opponitz (Kraftwerk, KB-06_2011)</b>		$\delta^{34}\text{S}$ (CDT) <sup>o</sup> /‰
m	94,2	18,3
	95,5	18,0
	98,7	17,8
	105,02	17,6
	112,15	17,3
	112,5	
	113,0 – 113,1	18,3
	117,05	18,0
	120,0	17,4
	123,0	17,3
	127,6	17,6
<b>KB Neubruck (KB- 06_2013)</b>		
m	36,2	
	42,7	
<b>KB Stallburg</b>		$\delta^{34}\text{S}$ (CDT) <sup>o</sup> /‰
m	170,9	
	202,5	16,2
	393,4	

### Opponitzer Rauhwacken

kein extrahierbares Sulfat

A2769 Schrambach

A5907 Waidhofen, ÖK 70

A5921 Lunz, ÖK 71

A5923

A5924 und weitere 38 Proben

### Kalkalpine Gipsproben unsicherer Altersstellung

$\delta^{34}\text{S}$  (CDT) $^{\circ}/_{\infty}$

A 4518 (Grünau, wahrscheinlich Haselgebirge (Perm)) 13,0

### **5.2 Nördliche Kalkalpen West: Gipse der Raibler Schichten, (?) basales Oberkarn**

$\delta^{34}\text{S}$  (CDT) $^{\circ}/_{\infty}$

A 2752A 14,4

A 2752B 16,2

A 2753 15,9

A 2755 16,0

A 2756 17,3

A 2757 17,2

Ergebnisse von GÖTZINGER et al. (2001):

(im Detail unveröffentlicht)

A 2740	Reutte, Alpenbad	+ 15,8
A 2741A	Reutte, Alpenbad	+ 15,3
A 2741B	Reutte, Alpenbad	+ 15,5
A 2742	Bgb. Weißenbach b. Rt.	+ 15,4
A 2743	Oberlech, Grubenalm	+ 16,3
A 2744	Rellstal, Lünerkrinne	+ 15,5
A 2745A	Rellstal, Gipsköpfe	+ 15,8
A 2745B	Rellstal, Gipsköpfe	+ 16,0
A 2746A	Rellstal, E Heinr. Hueter Ht.	+ 15,8
A 2746B	Rellstal, E Heinr. Hueter Ht.	+ 15,9
A 2747	KB1 Tschapina, 96,0-96,1	+ 15,9
A 2748	KB1 Tschapina, 44,0-44,1	+ 15,3
A 2749A	Doline S Mühlebach	+ 16,1
A 2749B	Doline S Mühlebach	+ 16,8
A 2749C	Doline S Mühlebach	+ 15,5
A 2750	Dalaas, Bgb. Mühltoibel	+ 16,4
A 2751A	St. Anton/Montafon, Bgb.	+ 16,1
A 2751B	St. Anton/Montafon, Bgb.	+ 15,9

$\delta^{34}\text{S}$  (CDT) $^{\circ}/_{\infty}$

MS 299 (Abfaltersbach Fm. Unterkarn, Lienzer Dol.) 18,6

### 5.3 Keupergipse (? Karn) des Pennin (Unterengadiner Fenster)

	$\delta^{34}\text{S (CDT)}^\circ/\text{‰}$
A 2759	17,9
A 2760	18,5
A 2761	17,6
A 2762	17,8
A 2763	17,5
A 2764	16,8
A 2765	15,8
A 2766	18,3
A 2767	17,3
A 2768	24,0

Vi-B-03/01 (Tauernfenster, Vigaun, Brennerbasistunnel)

A 4316A (Tarntaler Berge)

### 5.4 Keupergipse außeralpin (Vorland der Dinariden – Helleniden)

Vergleichsproben, die nicht in Tabelle und 1 und den Tafeln aufscheinen.

	$\delta^{34}\text{S (CDT)}^\circ/\text{‰}$
A 4042 bzw. 43 (Albanien, Bulshi –Fenster)	17,8
A 2665A (Griechenland, Ion. Zone)	
92/G (Kreta, Tripoli-Einheit)	

### 5.5 Weitere Vergleichsproben – außeralpin (Untertrias-S)

	$\delta^{34}\text{S (CDT)}^\circ/\text{‰}$
Iran (Zagros, Kuh-e-Surmeh)	
CSU 7.5 höheres Griesbach	17,1
CSU 16 Diener	27,6
CSU16.46 Diener	28,3
SL 109 wahrscheinlich Spath	30,3
SL 123 wahrscheinlich Spath	31,1
Evaporit 1 Spath	28,4
Evaporit 2 Spath	30,0
Evaporit 3 Spath	33,8
Evaporit 4 Spath	34,2
Evaporit 5 Spath	33,9
Evaporit 6 Spath	34,0
Evaporit 8 Spath	28,6
Evaporit 9 Spath	32,2

## 6. Diskussion der Ergebnisse

Gegenüber dem zuletzt dokumentierten summarischen Kenntnisstand (WEBER, Hrsg., 1997, Tab. 26) betreffend die Schwefelisotopenzusammensetzung karnischer Evaporite der **Nördlichen Kalkalpen**, der damals auf wenige Einzeldaten räumlich isolierter Vorkommen (Abtenau, Werfen, Rofan) beschränkt war, liegt nun gegen Ende dieser Studie (unter Einschluss bisheriger Vorarbeiten, siehe GÖTZINGER et al. 2001) ein umfangreicher Datensatz vor, der aus zwei verschiedenen Quellen gespeist wird.

Einerseits handelt es sich um Daten aus Kernbohrungen, wo an Hand zahlreicher Proben die vertikale Variationsbreite ermittelt wurde, andererseits um ein regional gestreutes Set von Proben aus dem Westabschnitt der Kalkalpen. Beide Datensätze zeichnen sich jeweils durch große Einheitlichkeit der Schwefelisotopenwerte aus. Allerdings fällt auf, dass die aus dem Westabschnitt der Kalkalpen ermittelten Durchschnittswerte (15,85 nach GÖTZINGER et al., 2001, bzw. neu ermittelt 16,1) von dem aus der Kernbohrung Opponitz gewonnenen Ergebnis (17,7) leicht abweichen. Ob diesem Unterschied eine grundsätzliche Bedeutung beizumessen ist (im Sinne einer zeitlichen Differenz der beiden räumlich weit getrennten karnischen Evaporitvorkommen), muss vorerst offen bleiben. Es war zwar geplant, der Frage der vertikalen Variabilität der Isotopenwerte des Sulfatschwefels in jenen Bereichen der niederösterreichischen Kalkvorbergen nachzugehen, wo im Opponitzer Kalk zwei räumlich getrennte Evaporithorizonte entwickelt sind (Opponitzer Liegend- und Hangendrauhwacke), doch war es bisher nicht möglich, aus dem bisher aufgesammelten reichen Probenmaterial deren Schwefelisotopenwerte zu ermitteln. Ob in dem gegenständlichen Fall die in den Rauhwacken erhaltenen Restmengen von Sulfatschwefel für die Isotopenanalyse zu gering sind, oder aber die Probenaufbereitung zu modifizieren wäre, werden die noch anschließend durchgeführten Versuche zeigen.

Nur in einem einzigen Fall konnte auch aus einem wesentlich tieferen Niveau der Obtertrias (basales Cordevol) eine Evaporitprobe aufgetrieben und gemessen werden. Während in den Nördlichen Kalkalpen zwischen dem Rötniveau (Reichenhaller Schichten) und dem oberkarnischen (Opponitzer/Raibler) Evaporithorizont weitere derartige Zwischenschaltungen fehlen, treten in den Lienzer Dolomiten in einer vorlandnäheren Sonderentwicklung des Oberladin bis Cordevol (Abfaltersbach-Schichten) abermals Gipse auf, die im Untertageaufschluß große Mächtigkeiten (über 100m) erreichen können, jedoch - ähnlich dem Horizont der Opponitzer Rauhwacke - obertags kein brauchbares Probenmaterial aufweisen. Die Analyse einer aus einer Kernbohrung stammenden Gipsprobe dieses Niveaus erbrachte ein interessantes Ergebnis (18,6), welches jedoch wegen seiner Singularität zunächst nicht überinterpretiert werden soll. Die Beschaffung von weiteren Proben wäre jedenfalls von allergrößter Wichtigkeit.

Die Untersuchung von **Keupergipsen des Pennin** (von 10 räumlich getrennten Gipsvorkommen im Unterengadiner Fenster) erbrachte sehr einheitliche Ergebnisse. Der Durchschnittswert dieser Proben liegt bei 18,2 und damit nahe der Größenordnung der aus den Opponitzer Evaporiten ermittelten Werte. Daraus aber ableiten zu wollen, dass diese penninischen Gipse ebenfalls ins Karn einzustufen wären, muss jedoch solange offen bleiben, bis letztlich der Verlauf der Schwefelisotopenkurve auch für den Zeitabschnitt Nor und Rhät ausreichend abgeklärt ist.

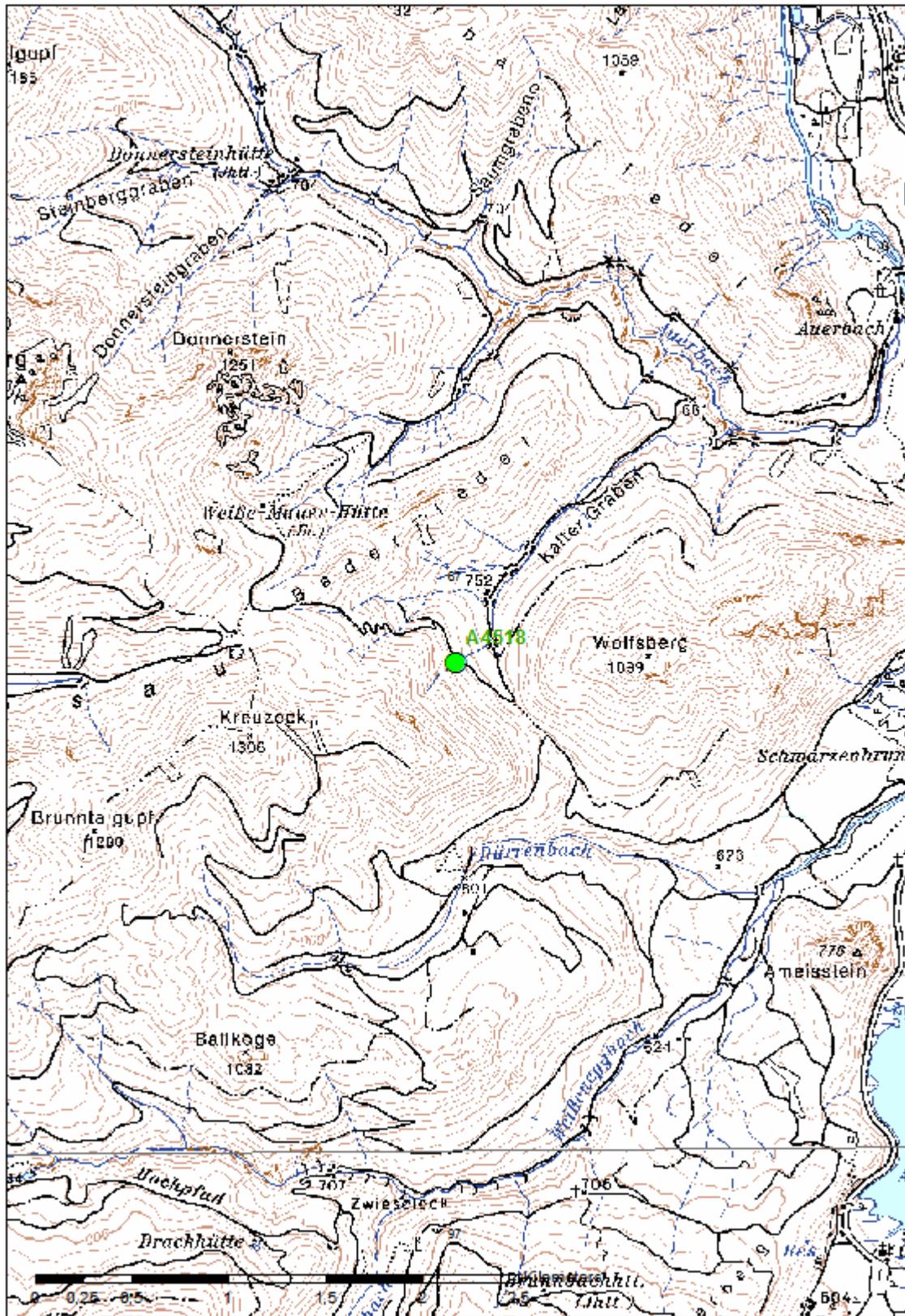
Zum Zwecke des Vergleiches wurden/werden noch weitere Proben von Keupergipsen aus den Dinariden bzw. Helleniden, soweit sie bereits vorlagen, in die Studie miteinbezogen. Weiters wurden noch einige Sulfatproben aus der Untertrias beprobt, um die in der Einleitung angedeutete Unsicherheit des starken Anstiegs der Schwefelisotope in diesem Abschnitt verringern zu können. Die jetzige Datenlage (inklusive der Ergebnisse lt. Publikation HORACEK et al., 2010) deutet auf einen raschen Anstieg vom Griesbach bis ins Diener an, es wäre jedoch auch hier äußerst interessant und wünschenswert den Anstieg noch weiter zeitlich ein- und exakt zuordnen zu können.

## **7. Ausblick**

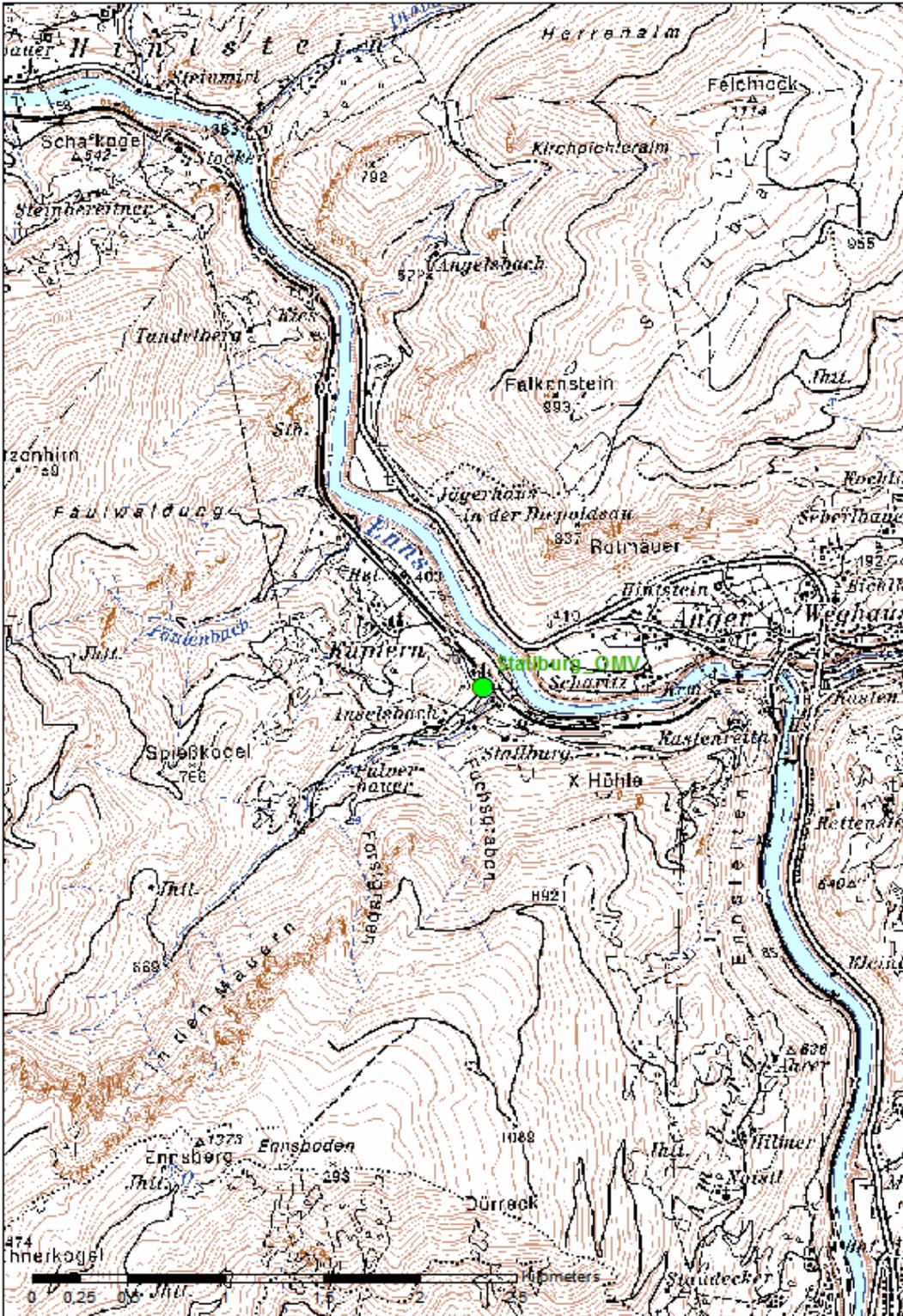
Wie bereits in der Diskussion angemerkt, ist die weitere Untersuchung der marinen Trias-Meerwassersulfat-Isotopenkurve notwendig, um die exakte zeitliche Entwicklung abbilden zu können und damit Sulfatvorkommen anhand ihrer Schwefel-Isotopenwerte exakt zuordnen oder die möglichen Alter bestimmen zu können. Aus diesem Grund ist eine Fortsetzung der Studie geplant, in der weitere Sulfatvorkommen aus der gesamten Trias auf ihre Schwefel-Isotopie untersucht werden sollen, um eine möglichst detaillierte Kurve erstellen zu können. Großes Augenmerk wird dabei auf die Auswahl von Sulfatproben gelegt, die ein möglichst exakt bekanntes Alter aufweisen sollen, um dann die Messpunkte genau auf der Isotopenkurve positionieren zu können. Nach Möglichkeit sollen Proben aus Österreich untersucht werden, zum Schließen von größeren Zeitlücken ist aber auch die Verwendung von Proben aus dem Ausland geplant.

## 8. Literatur

- BRANDNER, R. & SPERLING, M.: Zur "Terrane"-Geschichte der Lienzer Dolomiten (Drauzug) aus stratigraphischer und struktureller Sicht. – In Geologie von Osttirol Schwerpunkt Blatt 179 Lienz Arbeitstagung 1995 Lienz 2.-6. Oktober 1995, S.23 -33, illustr. und Exk.C, Wien, 1995.
- GÖTZINGER, M. A., LEIN, R. & PAK, E.: Geologie, Mineralogie und Schwefelisotopie ostalpiner "Keuper"-Gipse: Vorbericht und Diskussion neuer Daten. – Mitt. Österr. Mineralog. Ges., 146, 95 - 96, Wien, 2001.
- GÖTZINGER, M.A. & PAK, E.: Zur Schwefelisotopenverteilung in Sulfid- und Sulfatmineralen triadischer Gesteine der Kalkalpen, Österreich. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 29, S. 191–198, 1 Abb., Wien, 1983.
- HOLSER, W. T., MAGARITZ, M. & RIPPERDAN, R. L.: Global isotopic events. – In WALLISER, O. H. (ed.): Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic Results of the IGCP-Project 216, Springer, 63 - 84, Berlin, 1995.
- HORACEK, M., BRANDNER, R., RICHOSZ, S. & POVODEN-KARADENIZ, E.: Lower Triassic sulphur isotope curve of marine sulphates from the Dolomites, N-Italy. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 290 (2010), S. 65 - 70, 2010.
- LÉTOLLE, R. & ODIN, G.S.: Isotopes stables, paleoenvironments et correlations stratigraphiques. Bulletin societe geologique Francais, ser. 7, vol. 26/3, p. 391-405, 1984.
- NIELSEN, H.: Schwefelisotope im marinen Kreislauf und das  $\delta^{34}\text{S}$  der früheren Meere. – Geol. Rundschau, Vol. 55 (1966), S. 160 - 172, Göttingen, 1966.
- NIELSEN, H.: Sulfur isotope ratios in strata-bound mineralizations in Central Europe. – Geol. Jb., D, 70, S. 225 - 262, 1985.
- POSCH-TRÖZMÜLLER, G. & PERESSON, M.: Geologische Bearbeitung kurzfristiger Aufschlüsse in Niederösterreich mit Schwerpunkt auf infrastrukturelle Bauten in schlecht aufgeschlossenen Regionen und auf rohstoffwissenschaftliche, umweltrelevante und grundlagenorientierte Auswertungen. – Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt N-C-083/2012-2014, Jahresendbericht 2013, Bibl. Geol B.-A., Wiss. Archiv, Wien, 2014 in Vorb.
- PROKOPH, A., SHIELDS, G.A., VEIZER, J.: Compilation and time-series analysis of a marine carbonate  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  and  $\delta^{34}\text{S}$  database through Earth history. Earth Science Reviews, vol. 87, p. 113-133, 2008.
- WEBER, L. (Hrsg.): Metallogenetische Karte von Österreich 1:500.000, Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 19, 607 S., 393 Abb., 37 Tab., 2 Farbktn. (Beil.), 1 Liste (Beil.), Wien, 1997.



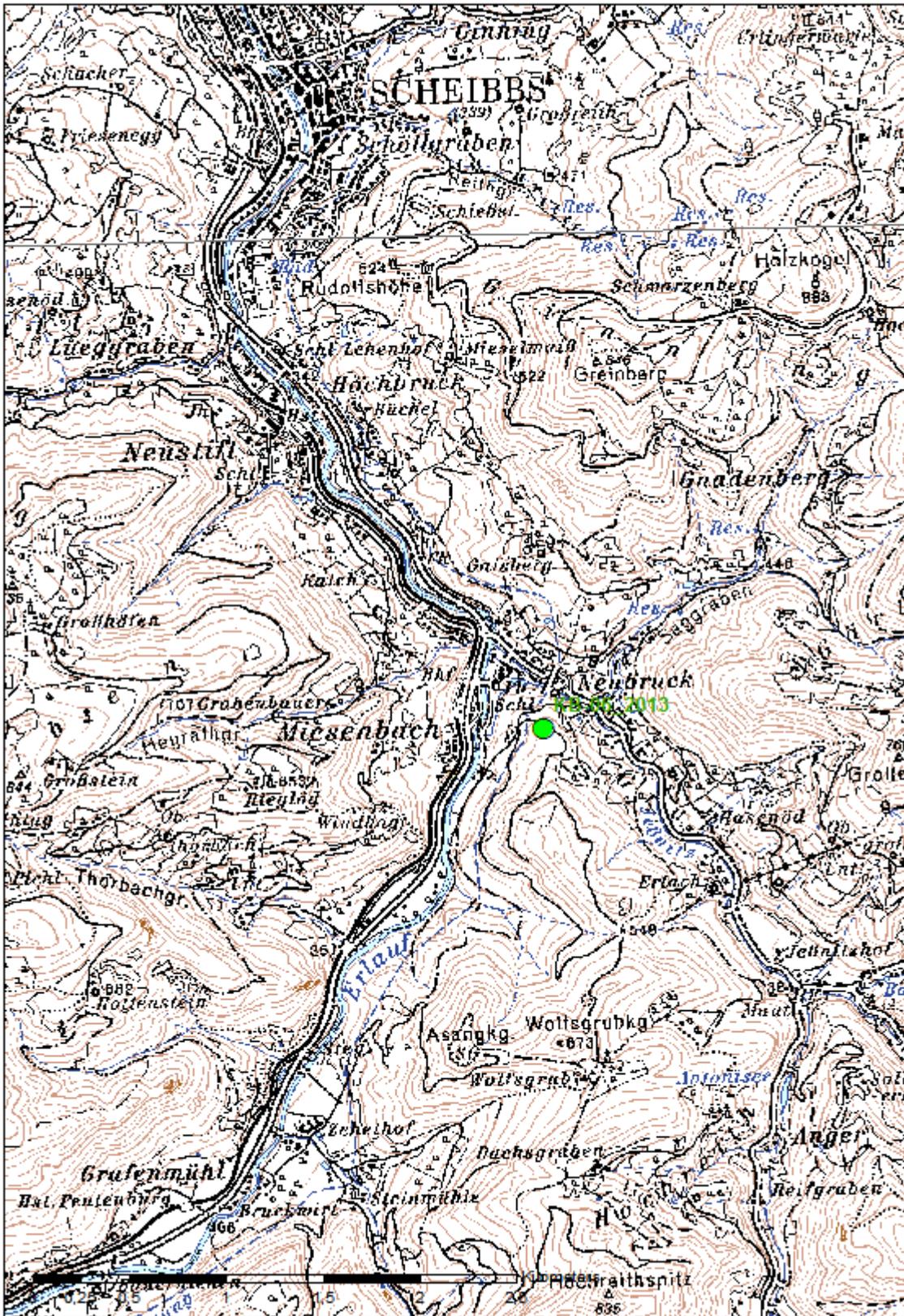
Tafel 1: Lage der Probe A4518 auf ÖK50 Blatt 67.



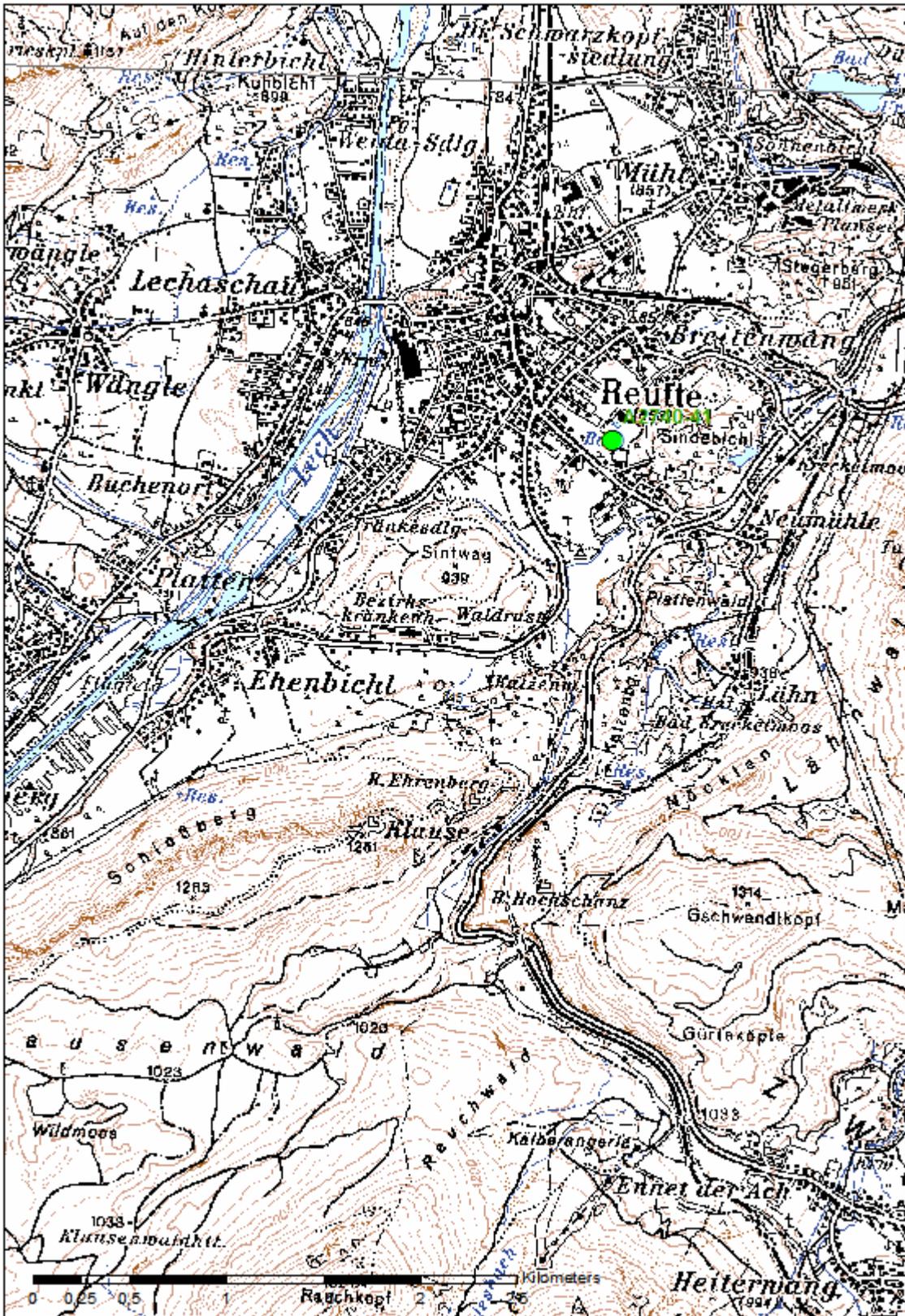
Tafel 2: Lage der Bohrung Stallburg in den Nördlichen Kalkalpen auf ÖK50 Blatt 70 mit der analysierten Probe m 202,5.



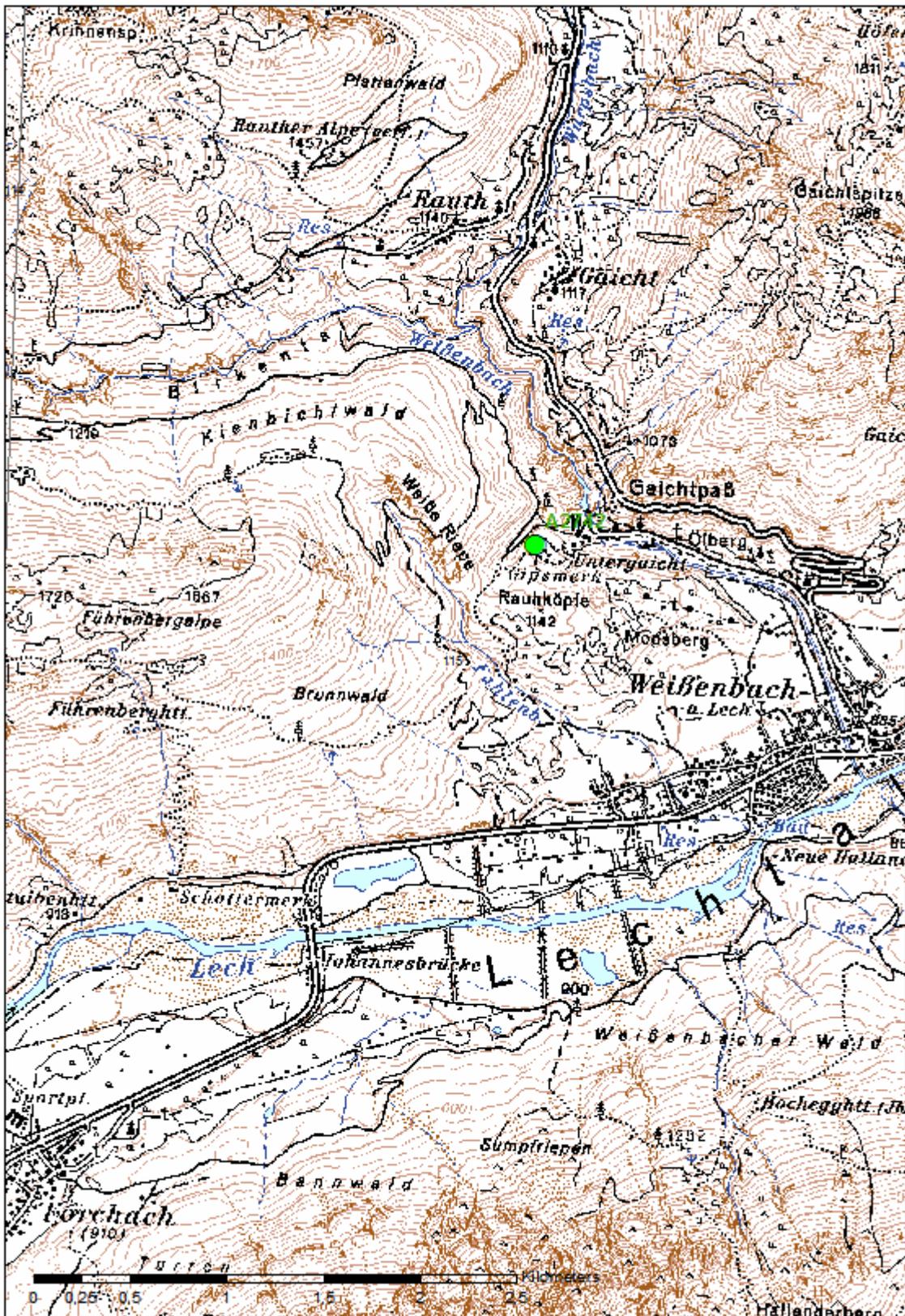
Tafel 3: Lage der Bohrung KB-06\_2011 Opponitz in den Nördlichen Kalkalpen auf ÖK50 Blatt 71 mit analysierten Proben zwischen m 94,2 und 127,6.



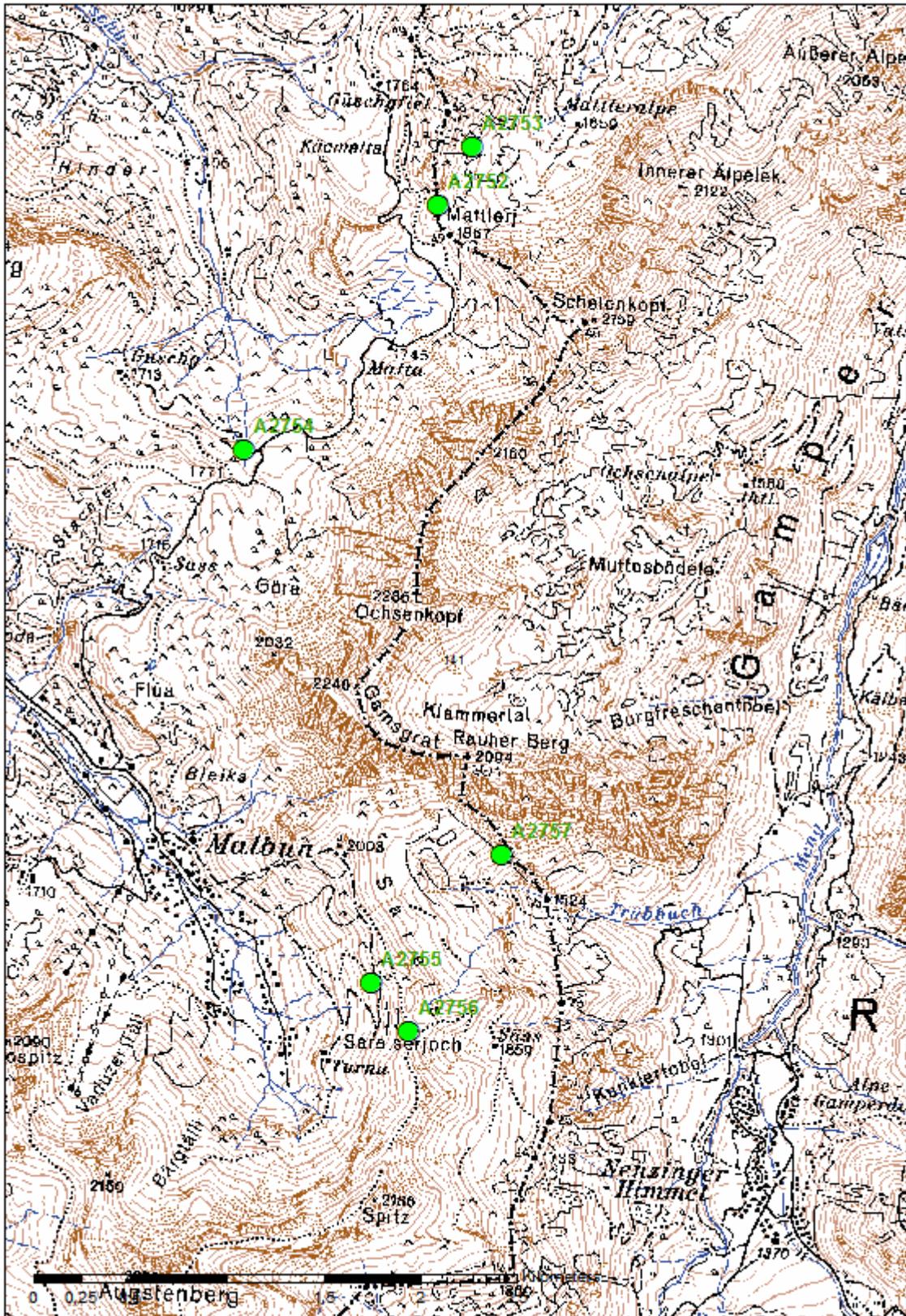
Tafel 4: Lage der Bohrung KB-06\_2013 Neubruck in den Nördlichen Kalkalpen auf ÖK50 Blatt 72, bisher keine analysierte Probe.



Tafel 5: Lage der Proben A 2740 und 2741 im Bereich Reutte (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 115.

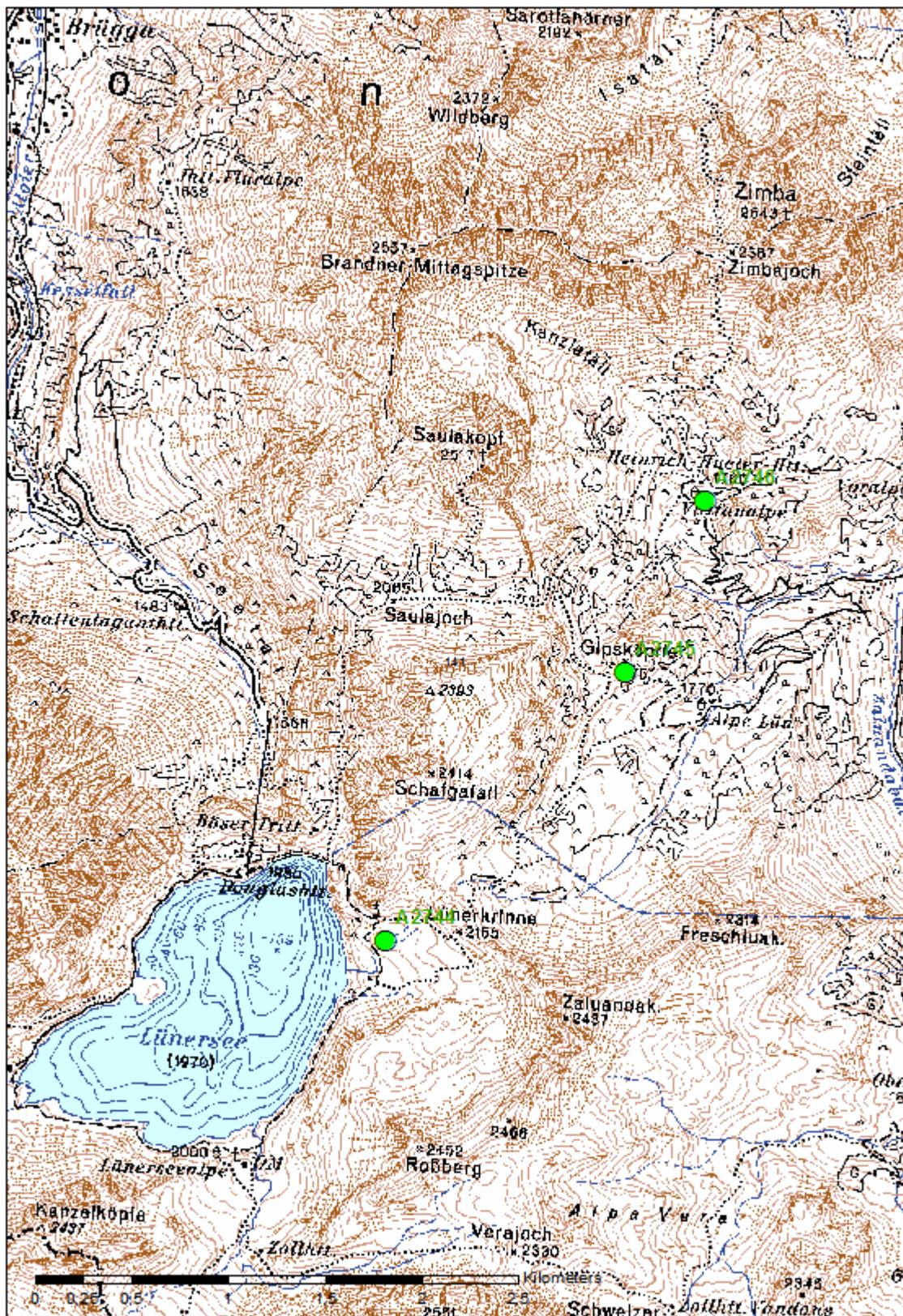


Tafel 6: Lage der Probe A 2742 im Bereich Gaichtpass (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 115.

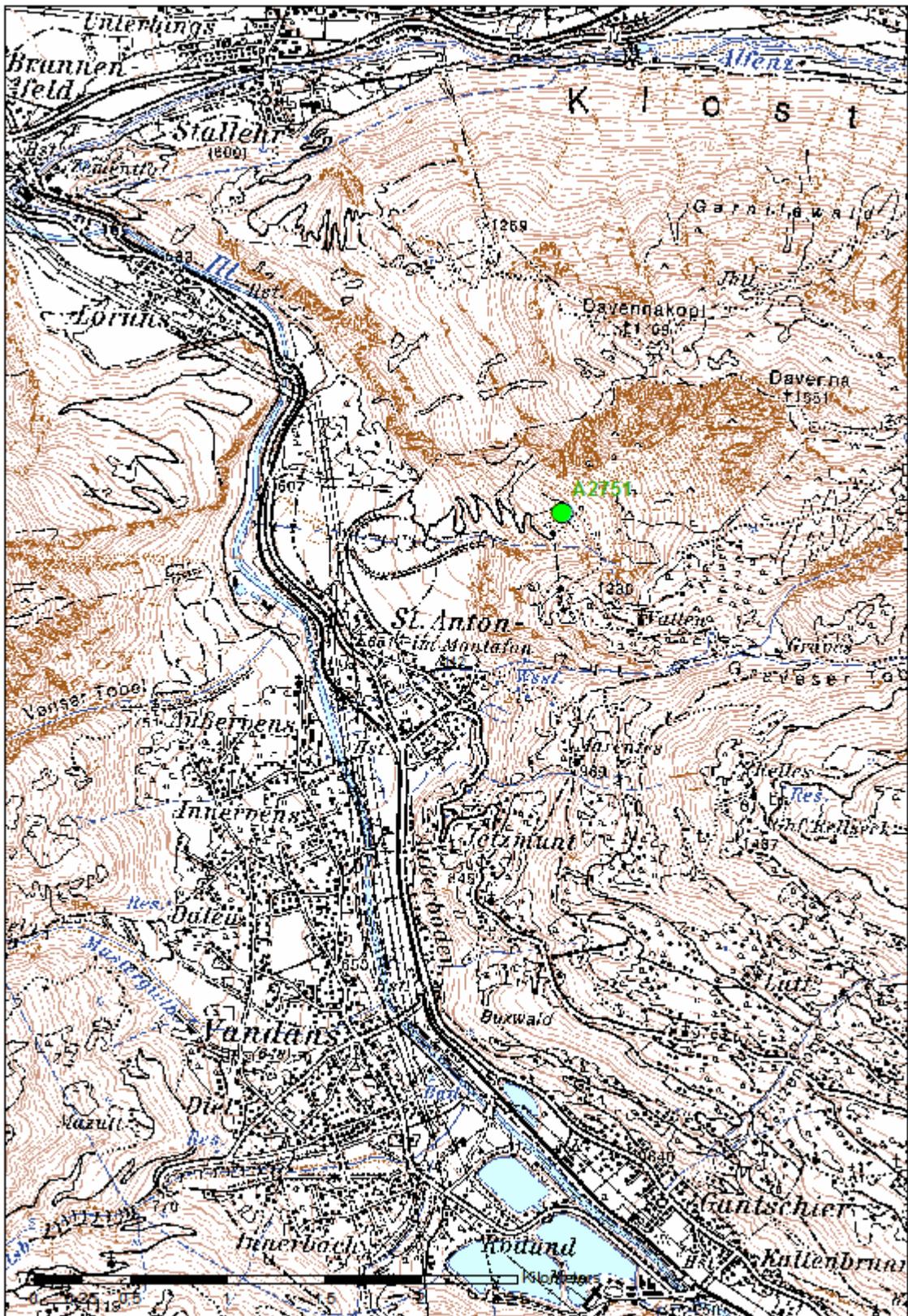


Tafel 7: Lage der Proben im Bereich Grenzkamm - Malbun (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 141.

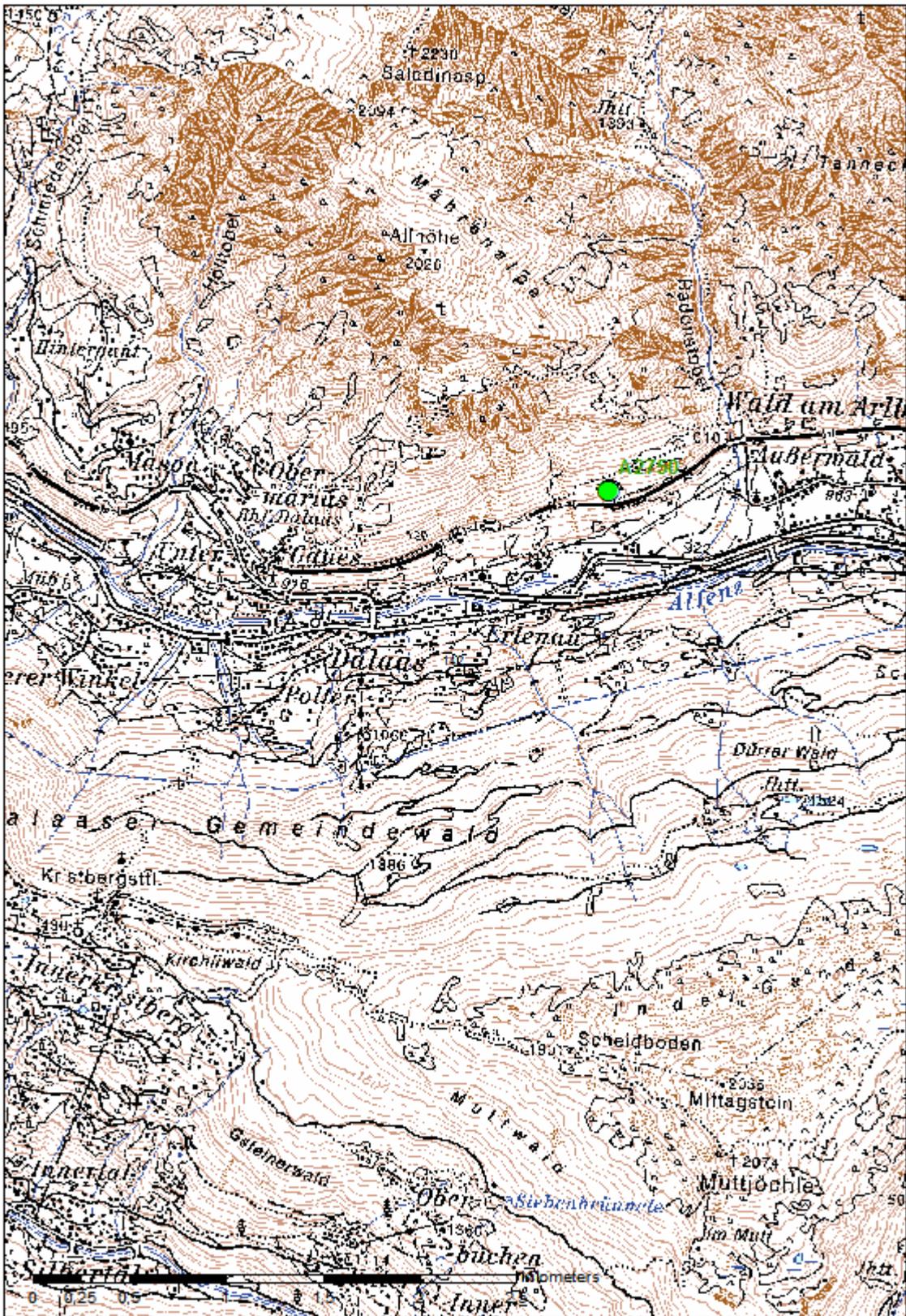




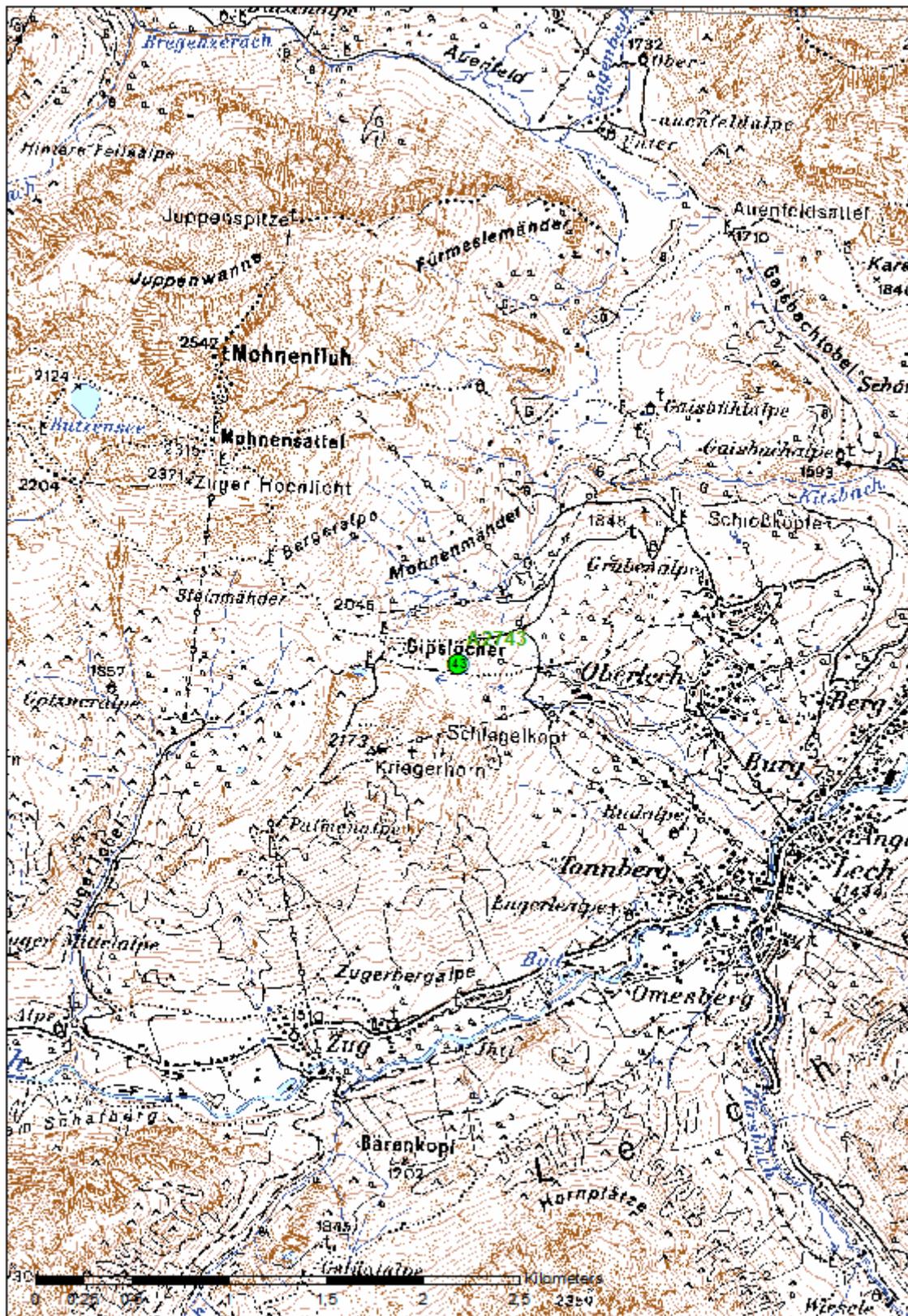
Tafel 9: Lage der Proben im Bereich Lünersee - Rellstal (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 141.



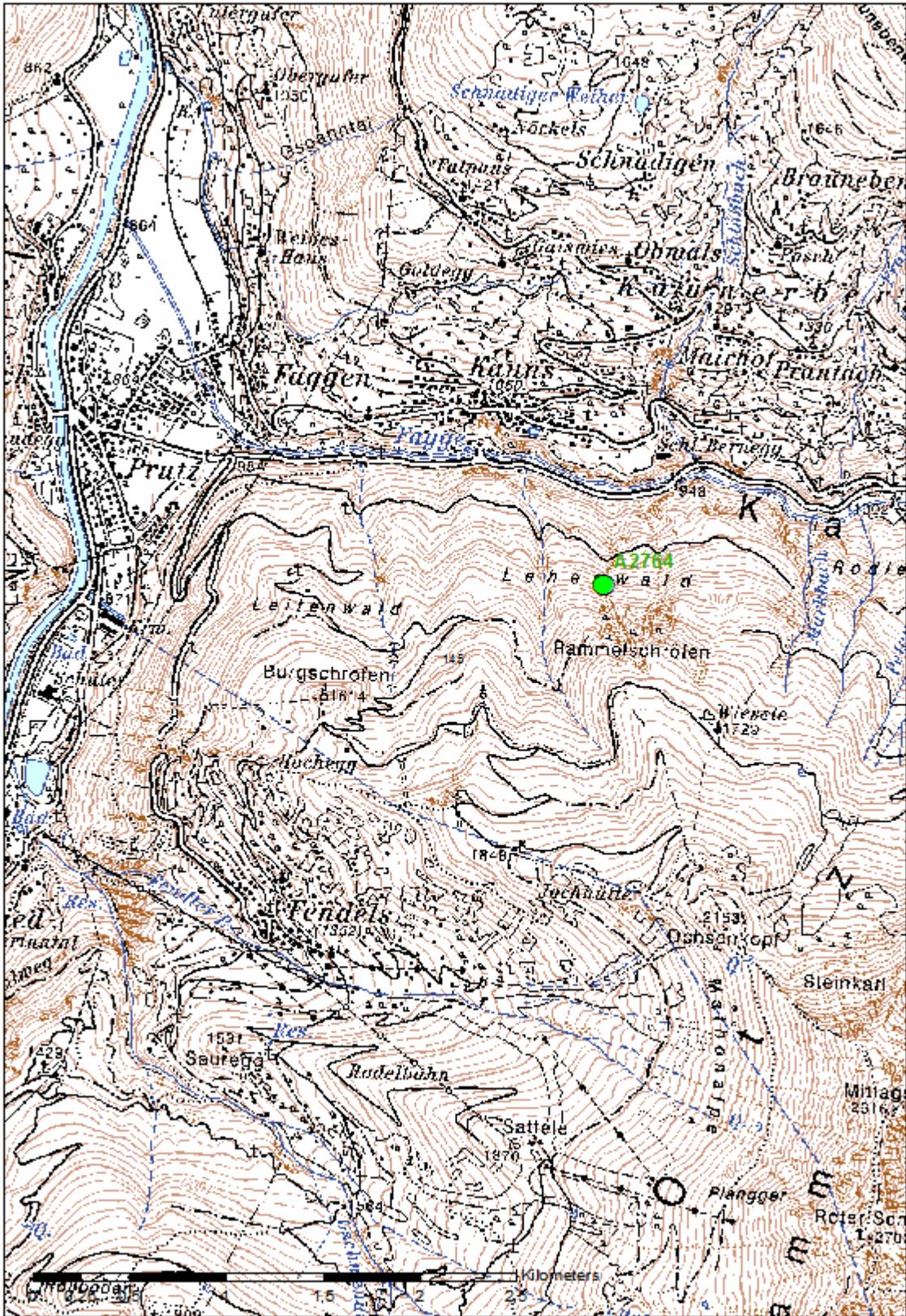
Tafel 10: Lage der Probe A 2751 im Bereich St. Anton im Montafon (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 142.



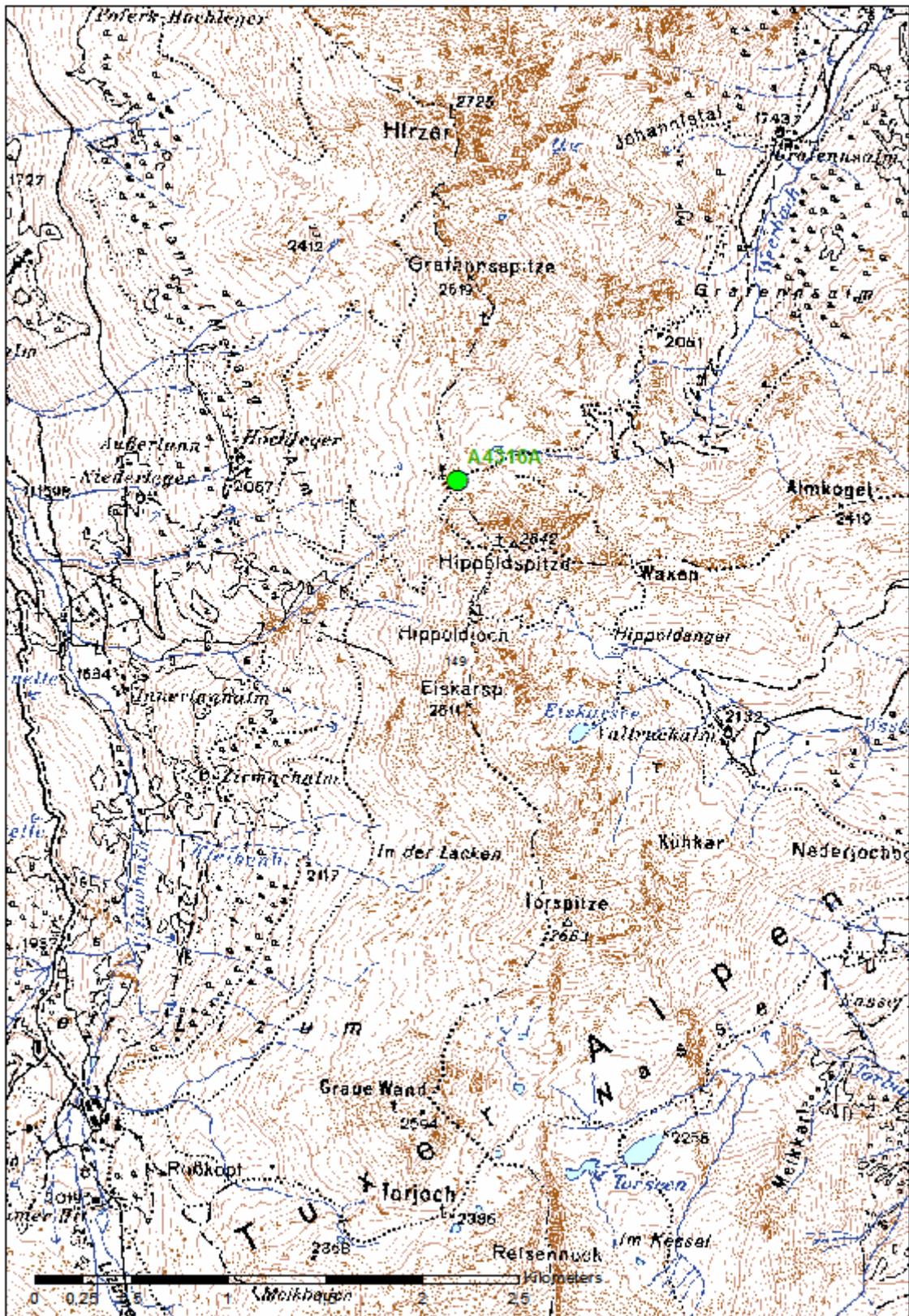
Tafel 11: Lage der Probe A 2750 im Bereich Dalaas-Mühletobel (Nördliche Kalkalpen) auf ÖK50 Blatt 142.



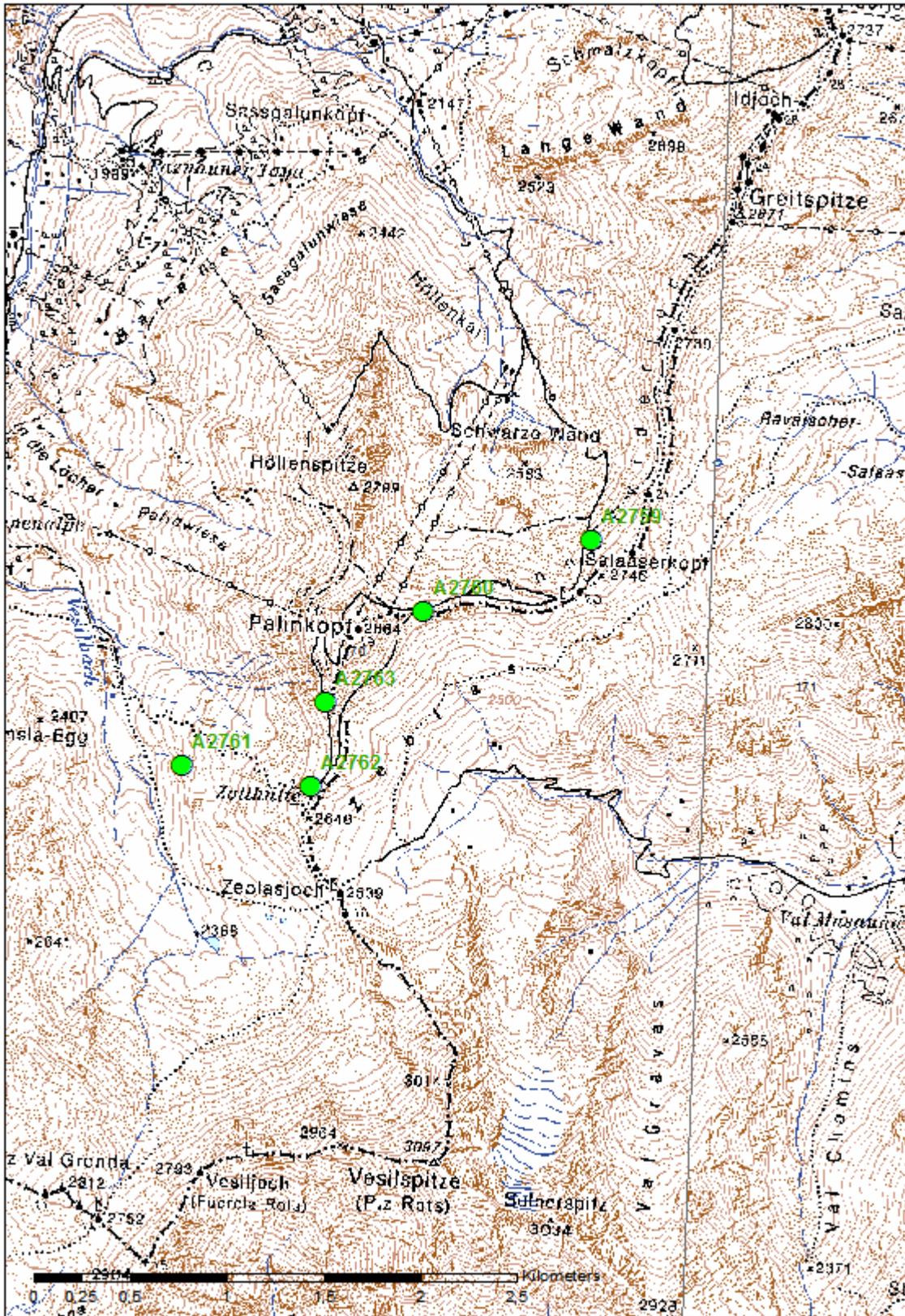
Tafel 12: Lage der Probe A2743 auf GK50 Blatt 143.



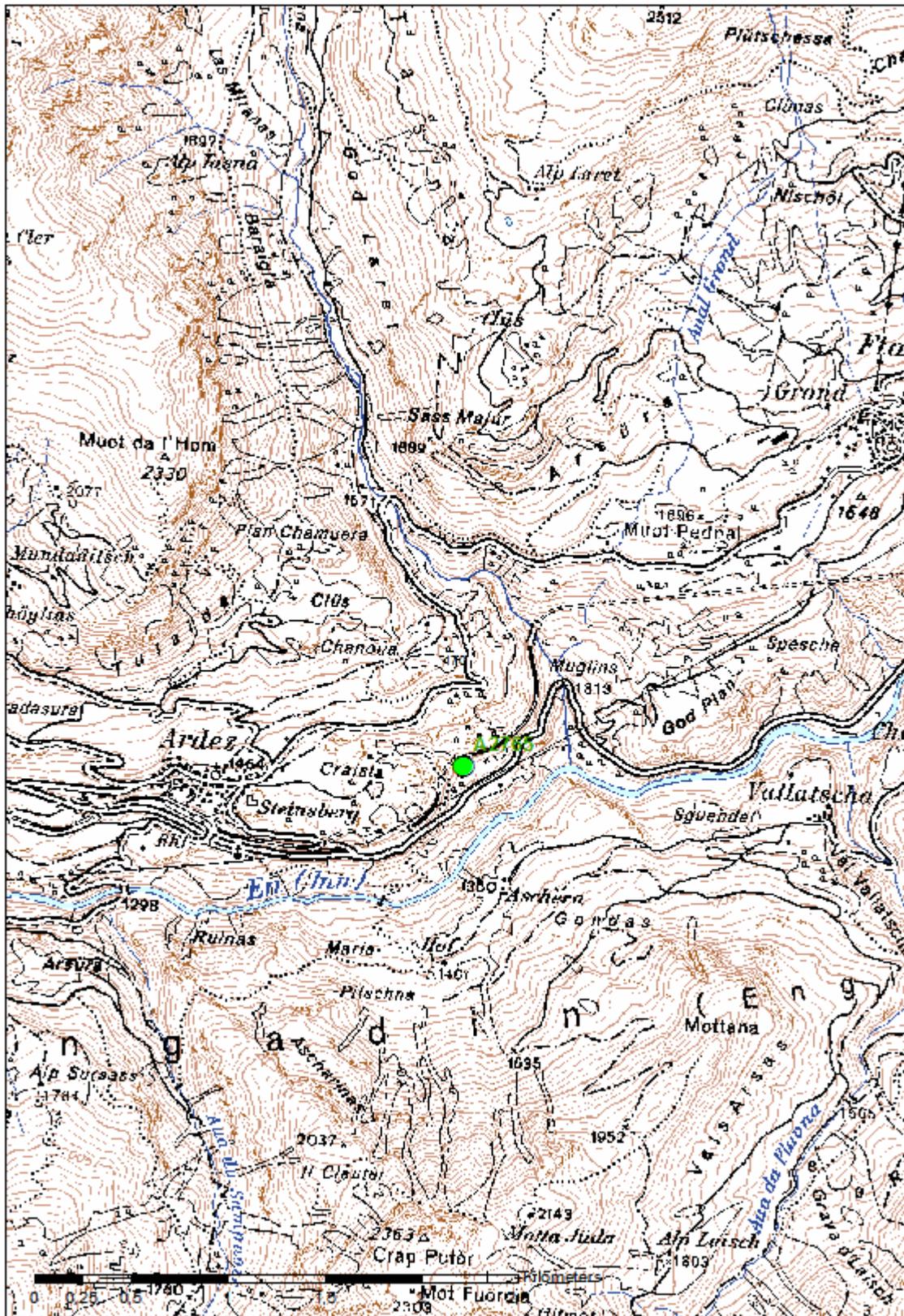
Tafel 13: Lage der Probe A 2764 im Bereich Rammelschrofen - Prutz (Penninikum, Unterengadiner Fenster) auf ÖK50 Blatt 145.



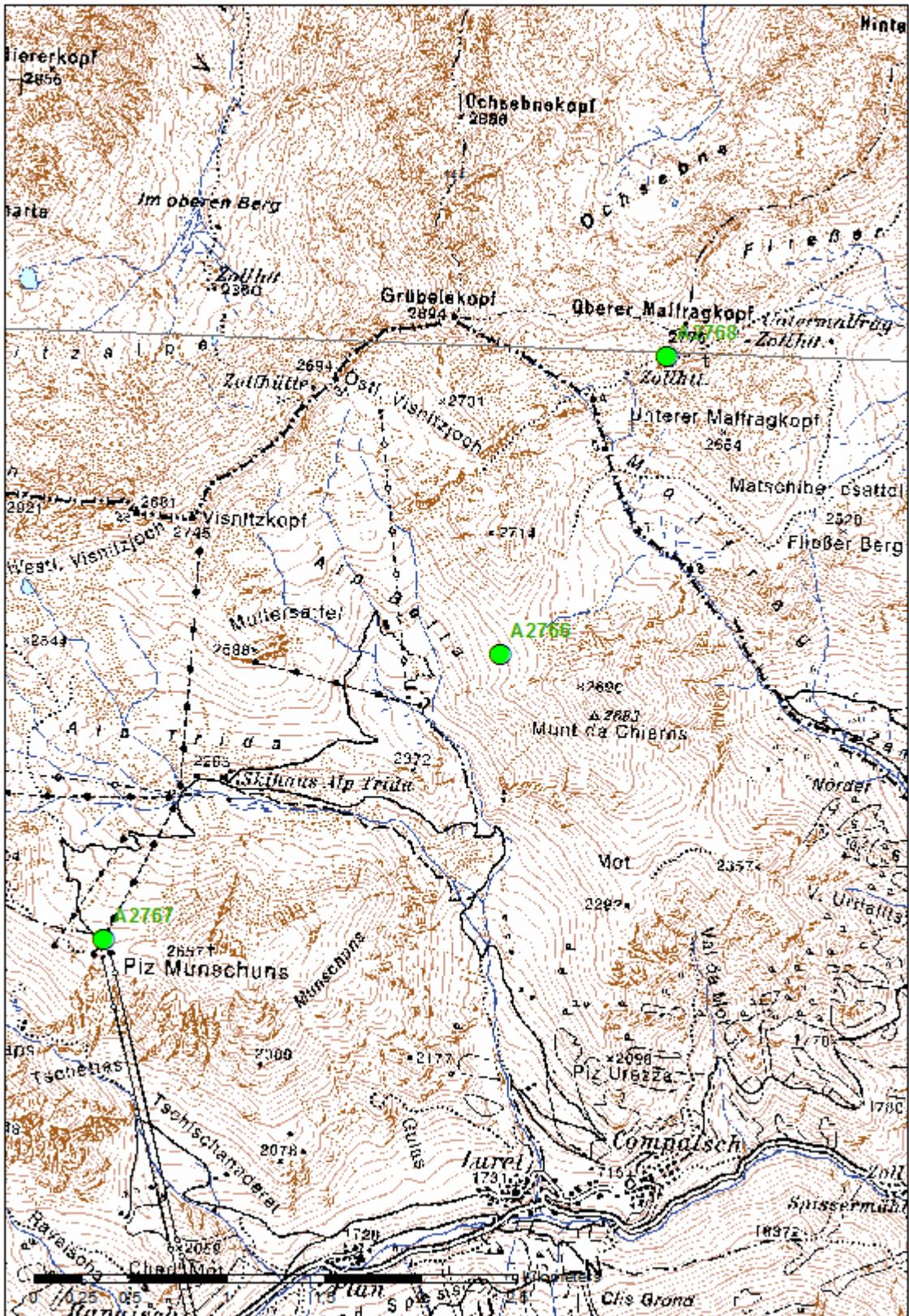
Tafel 14: Lage der Probe A4316A auf ÖK50 Blatt 149.



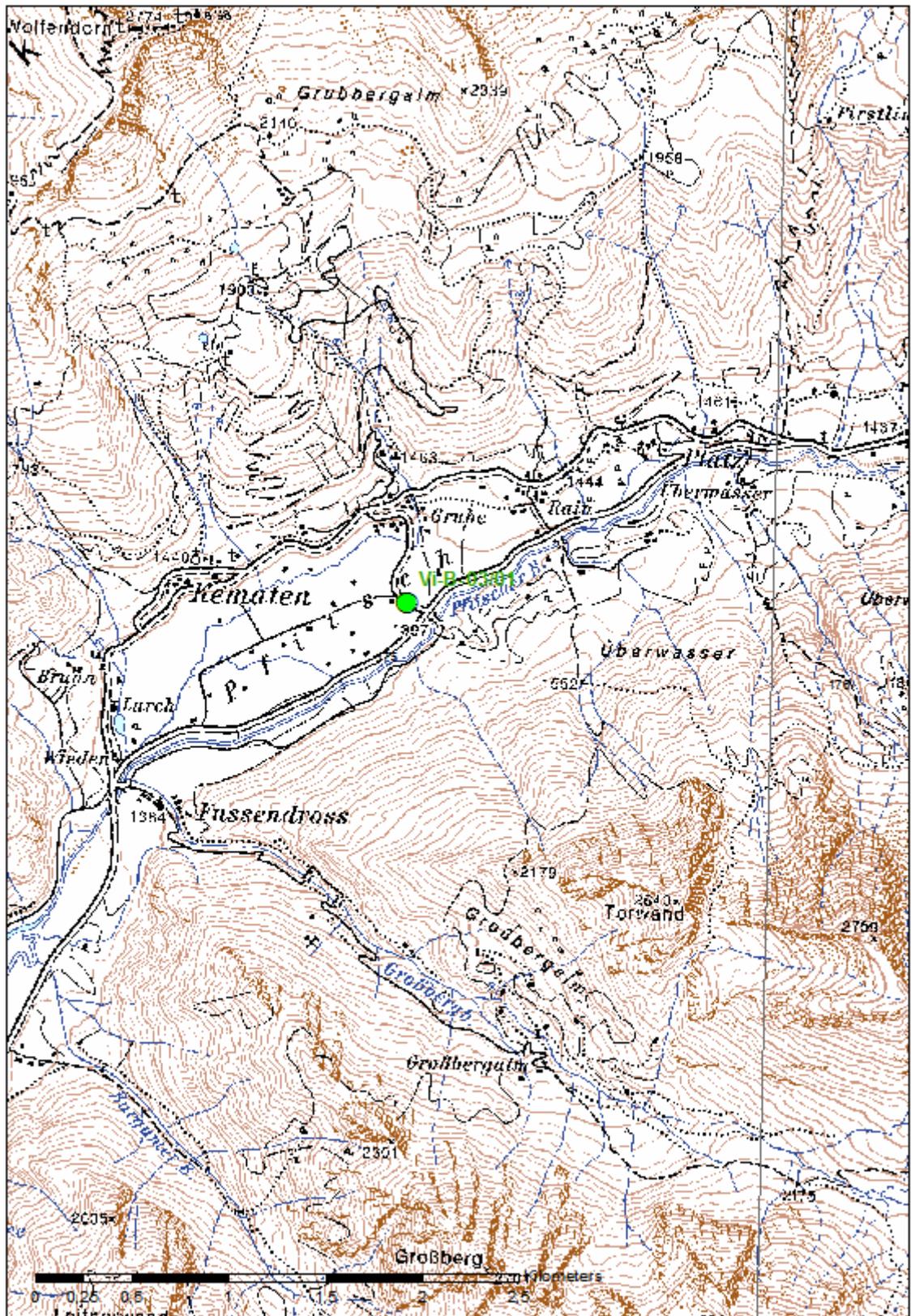
Tafel 15: Lage der Proben im Bereich Palinkopf - Umgebung Schruns (Penninikum, Unterengadiner Fenster) auf ÖK50 Blatt 170.



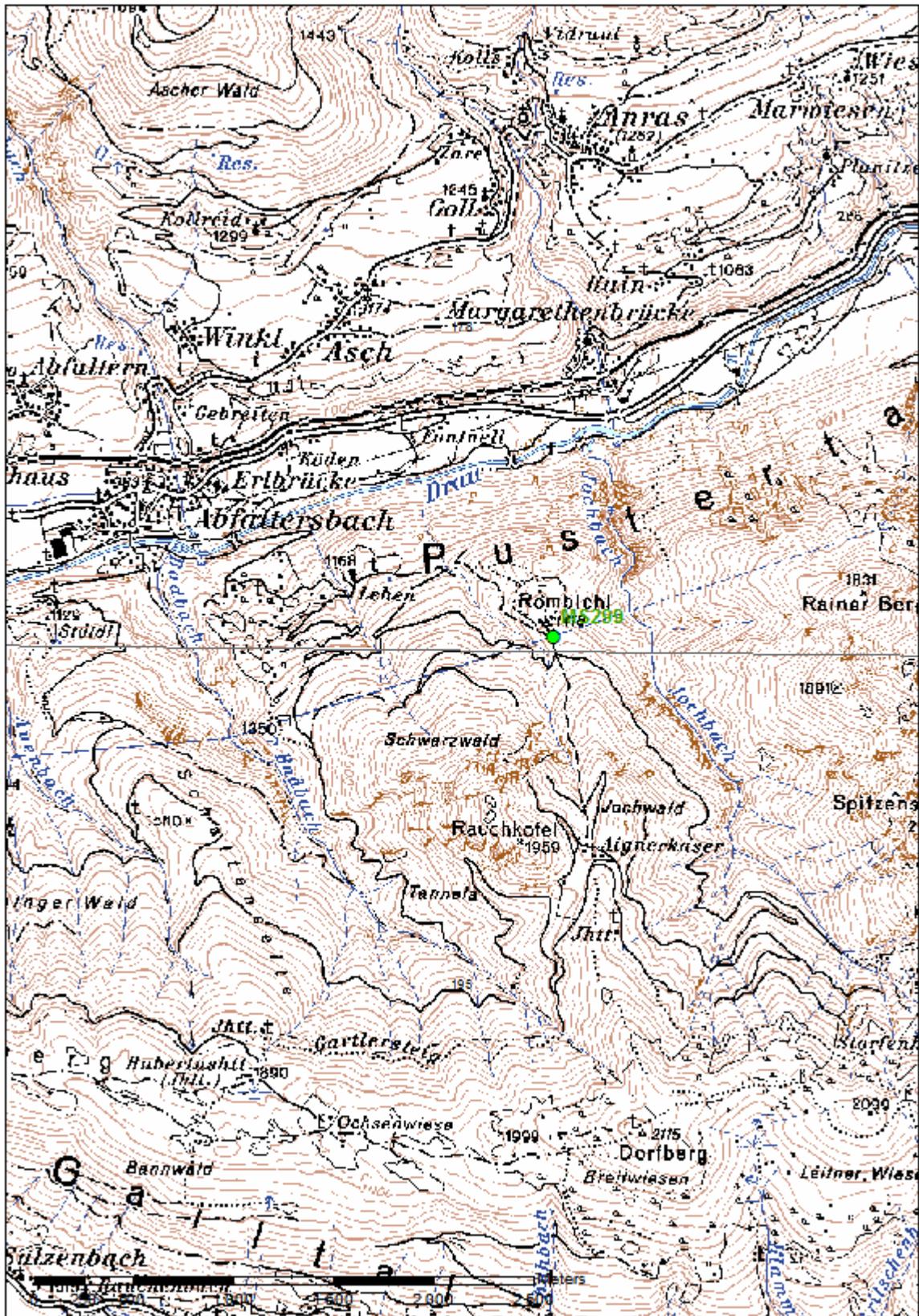
Tafel 16: Lage der Probe A2765 auf ÖK50 Blatt 170.



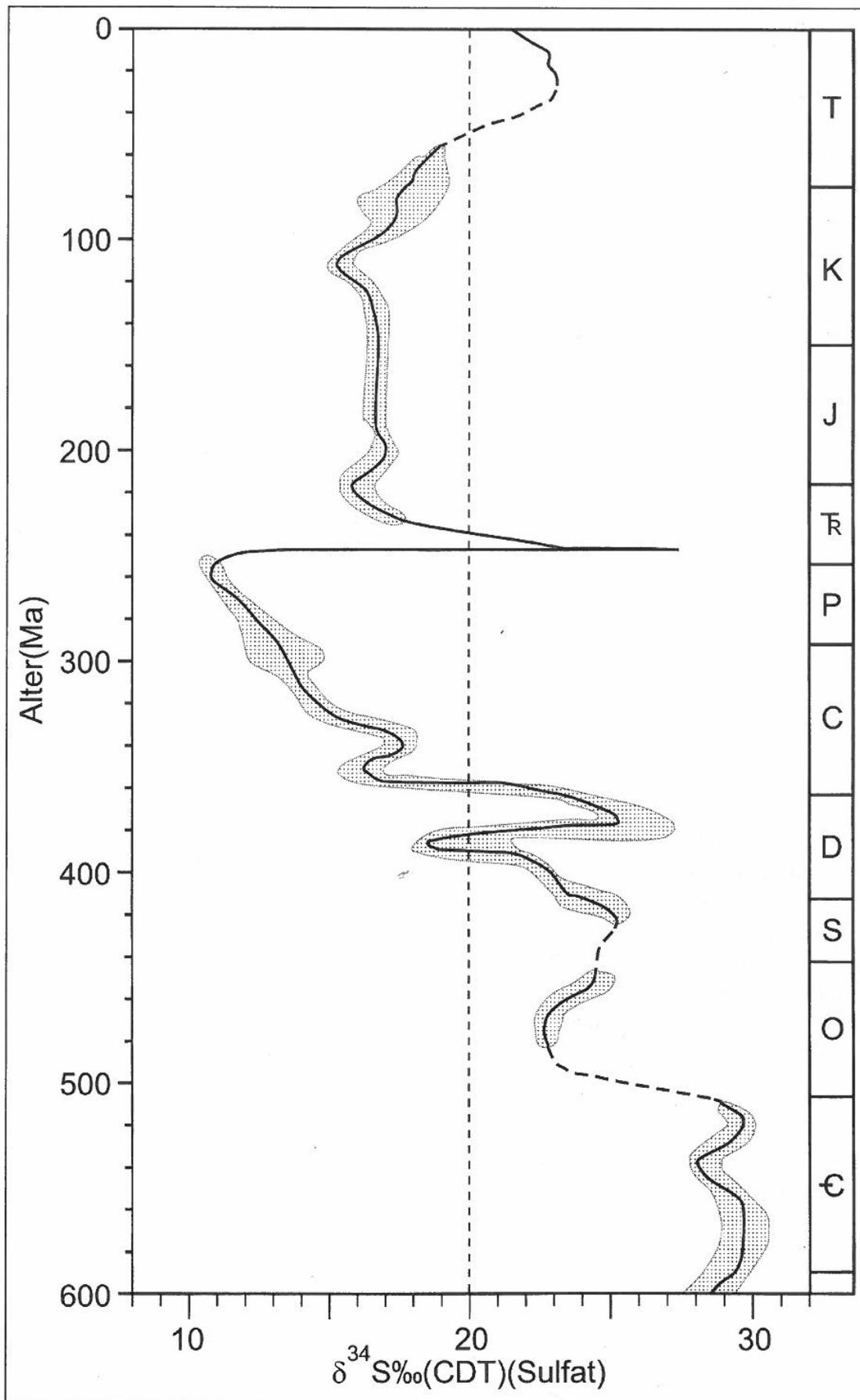
Tafel 17: Lage der Proben im Bereich Samnaun – Spalla Sattel (Penninikum, Unterengadiner Fenster) auf ÖK50 Blatt 171.



Tafel 18: Lage der Bohrung Vi-B-03/01 auf ÖK50 Blatt 175.



Tafel 19: Ungefähre Lage der Probe MS 299 Abfallersbach (m 1847,6 – 1860,0) aus dem Stollen des Draukraftwerkes Strassen – Amlach im Abschnitt Rombichl – Jochbach, lokalisiert nach BRANDNER & SPERLING (1995), GK50 Blatt 178.



Tafel 20: Zeitabhängigkeit des Meerwassersulfates nach Holser et al. (1995)

