

## Bericht Vermessung Karstdoline westlich Lai da Palpuogna bei Preda / Albulapass.

Aleksandra J. Heer<sup>1,2,\*</sup>, Ueli Wittorf<sup>1</sup>, Schülerinnen und Schüler der Atelierschule<sup>1</sup>, Klasse 10A/2011

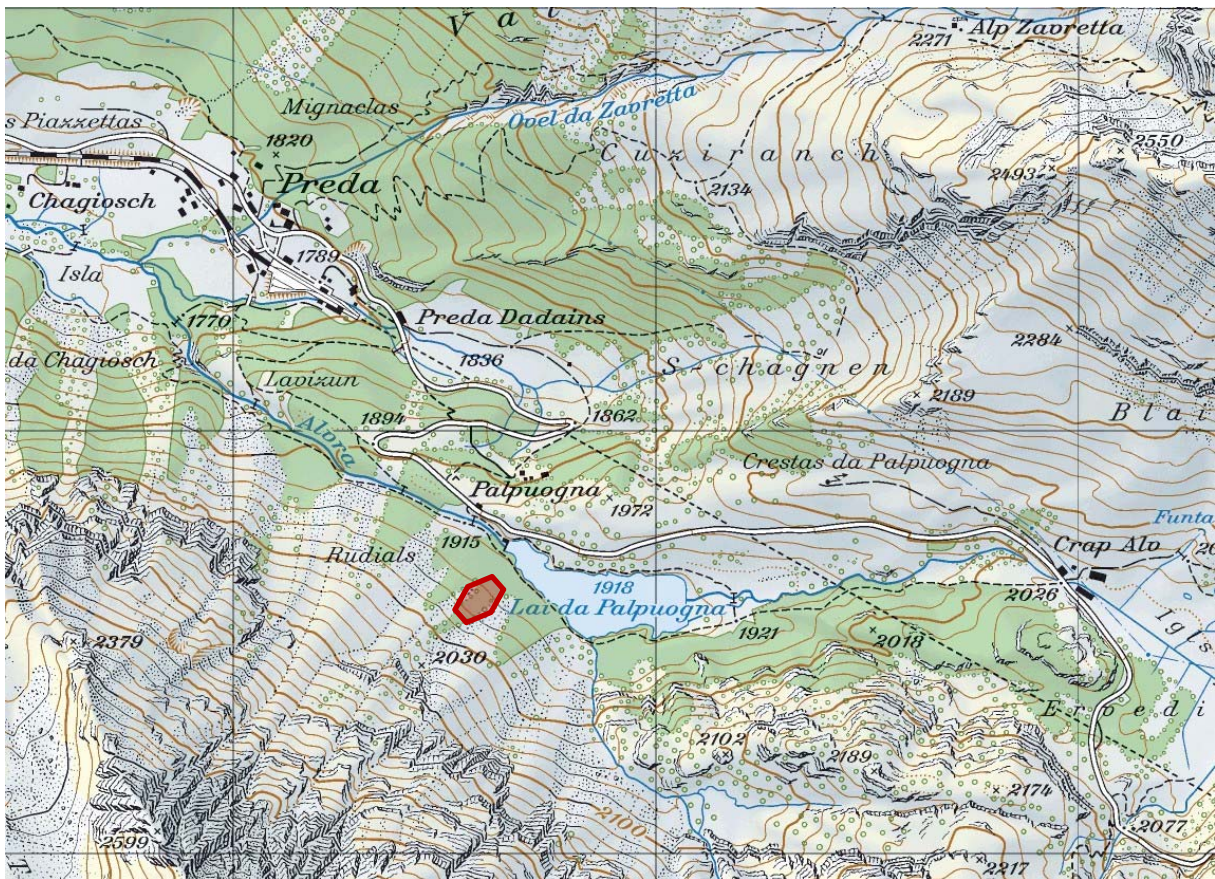
<sup>1</sup>Atelierschule Zürich, Plattenstrasse 37, 8032 Zürich

<sup>2</sup>Geografisches Institut Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern

\*Korrespondenz: [heer@giub.unibe.ch](mailto:heer@giub.unibe.ch)

### Einführung

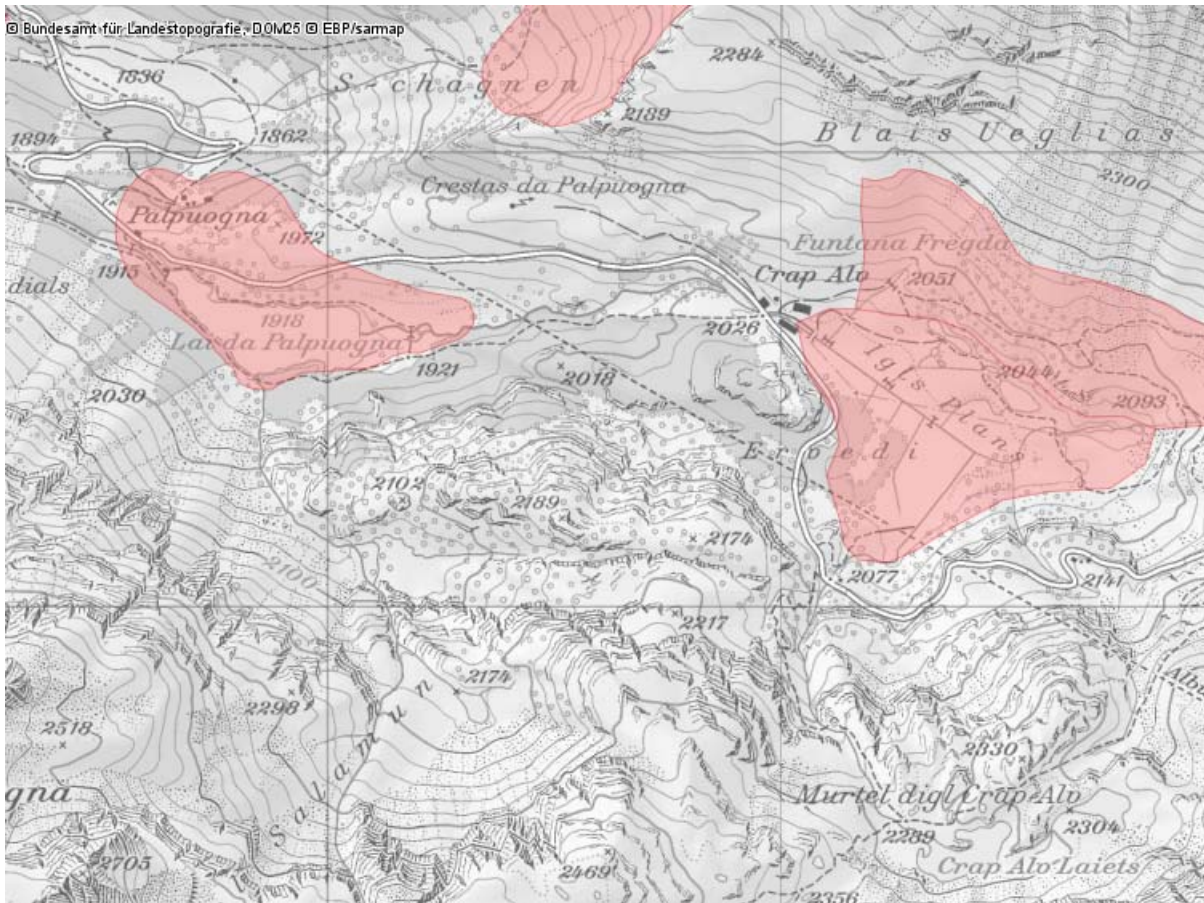
W' des Albula Passes, aufgestaut durch eine niedrige Staumauer im Lauf der Alvra, liegt auf 1918 m ü.NN der Lai da Palpuogna (Abb. 1). Gespiesen wird der See hauptsächlich durch die Alvra, welche von NE her das überwiegend karbonatische Gebirge der Albula Zone entwässert und von einem Bach, welcher von Lai Alv im Süden überwiegend das Kristallin der Er-Decke entwässert. Den Seeuntergrund bildet verkarsteter Hauptdolomit und die Rauwacke der Albula-Zone, welche hier die austroalpinen Decken Ella im NE und Err im SW trennt (siehe z.B. Schmid und Frotzheim 1993). Der Hauptdolomit bildet einige Klippen über dem Talboden oder wird durch Einsturztrichter angezeigt, wie z.B. unter dem sehr groben, kristallinen Hangschutt S' und SW' des Lai da Palpuogna im Gelände erkennbar.



**Abb. 1** Lai da Palpuogna. Ausschnitt aus der topographischen Karte der Schweiz 1:25'000, Albula Pass, Nr. 1237. Gestrichelte Linie zeigt den Verlauf des heutigen Albula-Tunnels nichtweit unter dem Lai da Palpuogna und quer durch die verkarstete Albula-Zone. Das rote Polygon zeigt die ungefähre Lage der vermessenen Doline (nicht massstäblich).

## Neubau des Albula-Tunnels

Wegen der starken Verkarstung der Albula-Zone ist zu erwarten, dass durch den geplanten Neubau des Albula-Tunnels, sich neue Einsturztrichter bilden bzw. der Grundwasserfluss und die Verteilung der Oberflächengewässer verändern könnten. Besonderes Interesse gilt in diesem Zusammenhang dem Lai da Palpuogna, der sich im Gewässer- und Landschaftsschutzbereich befindet (Abb. 2). Deswegen sollen die aktuell vorhandenen Karstformen vor dem Baubeginn kartographiert und so ein System zur Dokumentation und Überwachung dieser möglichen Veränderungen geschaffen werden.



**Abb. 2** Gewässerschutzbereiche W' des Albula Passes, Massstab 1:10'000. Quelle: <http://mapserver1.gr.ch/gewaesserschutz/gewaesserschutz.phtml>

## Vermessungsprojekt der Atelierschule

Als Beitrag zu diesem monitoring System, haben Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse der Atelierschule Zürich, während eines Feldmesspraktikums im Juni 2011, eine Karstdoline im Hang SW' oberhalb des Lai da Palpuogna kartiert (Abb. 1). Das Projekt entstand auf Anregung des Amtes für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden. Die Gerätschaften (Theodolite und Nivelliergeräte) wurden von der ETH Zürich zur Verfügung gestellt.

Ziele der Vermessung waren:

- a) Kartierung und Dokumentation des grösseren von zwei benachbarten Einsturztrichter
- b) Das Erstellen von morphologischen Profilen,

- c) Identifizieren und im Plan Eintragen von Geländeelementen (grosse Bäume, Steinblöcke, usw.), welche das Nachverfolgen von Veränderungen der Doline / Hangbewegungen ermöglichen.

Die Dokumentation besteht aus:

- a) einem Plan der Doline im Massstab 1:200 mit eingetragenen Punkten, welche das Monitoring der Hangbewegungen ermöglichen (Abb. 7)
- b) einer Skizze des Positionspolygons mit Seitenlängen und Winkelgrössen (Abb. 9)
- c) einem Situationsplans der Kartierung des Randes des Einsturztrichters (Abb. 10)
- d) zwei Geländeprofilen: einem in der Falllinie und einem quer zur Falllinie des Hanges (Abb. 8)
- e) Fotos (Abb. 11-22), welche die auf der Karte eingetragenen Orientierungspunkte einwandfrei identifizieren.
- f) Ein Schülerbericht über die Durchführung der Vermessung mit Illustrationen (Abb. 3-6) ist beigefügt.

### **Schülerbericht Phöbe Büchel**

#### **Die Vermessung der Doline**

Die Doline liegt oberhalb des Lai da Palpuogna am Hang zwischen zwei Geröllhalden (Abb. 1). Das Wasser hat unter der Erde im Kalkgestein eine Höhle ausgewaschen bis die Decke der Höhle so dünn wurde, dass sie einstürzte und die Doline bildete.

Wir hatten die Aufgabe, die Doline zu vermessen.

Um die Grösse der Doline zu bestimmen, steckten wir ein Polygon um sie herum ab (Abb. 3). So konnten wir mit dem Theodolit die Winkel des Polygons und den Rand der Doline bestimmen (Abb. 4). Mit dem Nivelliergerät massen wir die Steigung des Hanges. Das steile, schwierige Gelände erschwerte uns die Arbeit beträchtlich (Abb. 5).

Um die Tiefe der Doline zu bestimmen, spannten wir ein Seil von oben bis unten (Abb. 6). An diesem befestigten wir alle vier Meter eine Senkrecht hängende Schnur. Diese schnitten wir direkt über dem Boden ab. Die Schnüre wurden ausgemessen und mit diesen Massen konnten wir ein Höhenprofil zeichnen. Dasselbe machten wir für ein Querprofil. Aus diesen Profilen konnten wir die tiefste Stelle in der Doline errechnen.

Unsere genaue Vermessung wird in Zukunft sehr wichtig sein, um festzustellen, ob sich der Boden noch weiter bewegt. Der Albula-Tunnel ist sehr sanierungsbedürftig und um ihn während der Sanierungszeit nicht schliessen zu müssen steht die Frage, einen zweiten Tunnel zu bauen. Um aber bohren zu können, ohne dass die Doline weiter einstürzt (oder der See ausläuft), muss beobachtet werden können, ob sich die Doline bewegt.

Trotz des Regens und mit der Hilfe von Frau Heer konnten wir die Vermessung genau und ordentlich zu Ende bringen. Unsere Gruppe war motiviert und ehrgeizig. Es war uns ein Trost, zu wissen, dass wir nicht ohne guten Grund in Kälte und Nässe ausgeharrt haben um zu vermessen.



**Abb. 3** Jalons welche den Rand der Doline markieren und mit dem Theodolit eingemessen wurden (siehe Abb. 10).



**Abb. 4** Vermessen mit dem Theodolit im Wald. Die resultierenden Polygonwinkel sind in der Abb. 9 eingetragen.



**Abb. 5** Nivellierzug im Wald. Das Resultat sind die Höhenlinien in der Abb. 7.



**Abb. 6** Seilkonstruktion zur Vermessung des Geländeprofiles in der Falllinie. Das obere Seilende ist im Punkt B2 befestigt. Resultat ist dargestellt in der Abb. 8.

## Schlussfolgerungen

Die Doline hat die Form einer Ellipse, deren Längsachse der Hangneigung folgt. In der gleichen Richtung, unterhalb der vermessenen Doline, befindet sich ein weiterer, kleinerer, aber nicht minder tiefer Einsturztrichter, welcher in diesem Projekt nicht vermessen wurde. Während der Vermessungsarbeit, die eine Woche lang dauerte, befand sich im tiefsten Bereich (Punkt P und 1942,5 in der Abb. 7) der vermessenen Doline immer Wasser. Die maximale Tiefe beträgt 10.17 m und wurde entlang des Profils Y1-Y2 gemessen (Abb. 8). Es wurden keine Anzeichen festgestellt, welche auf eine bestehende Verbindung der Doline mit einem grösseren Höhlensystem hindeuten wurden (z.B. Austritt kühler Luft oder Abfluss des Wassers aus dem tiefsten Bereich).

Diese Beobachtungen lassen vermuten, dass die Genese der Doline mit dem Hangabfluss bzw. dem früheren Abfluss von der Gletscherflanke zur Talachsel hin, bedingt durch ein Kluftsystem, in etwa senkrecht zur Deckenstirn, zusammen hängt. Die Sohle des Einsturztrichters staut den Hangabfluss, wofür zwei Erklärungen plausible erscheinen: 1) der Höhlenlehm wirkt als Stauhorizont und/oder 2) der Dolomit wird in geringer Tiefe (maximal ca. 10 m; siehe Abb. 8) durch das Kristallin (tritt Hangaufwärts und weiter südlich zutage) unterlagert und der Einsturztrichter entwickelte sich somit bis zum Kontakt der beiden Gesteinsarten, wobei der Abfluss entlang des Kontakts auf der Oberfläche des Kristallin erfolgt. Solche Erscheinungen wurden bereits in geologisch ähnlich aufgebauten Gebieten beobachtet und z.T. touristisch erschlossen (z.B. Pitztal). Um der zweiten Möglichkeit mehr Sicherheit zu geben, müsste aufgrund der genauen geologischen Kartierung der Kalk-Granitgrenze die Grenzfläche räumlich dargestellt werden.

Allerdings, gestauteres Hangwasser wurde im unteren, kleineren, steileren und hier nicht vermessenen Einsturztrichter, nicht beobachtet, so dass möglicherweise unterschiedliche Untergrundverhältnisse in den beiden benachbarten Trichtern zu erwarten sind. Die kleine Geländestufe, welche die beiden Hohlformen trennt, könnte somit auf eine tektonische Diskontinuität hindeuten. Damit wäre es möglich, dass der untere Trichter mit dem Karstsystem des Lai da Palpuogna in Verbindung steht, nicht aber der obere.

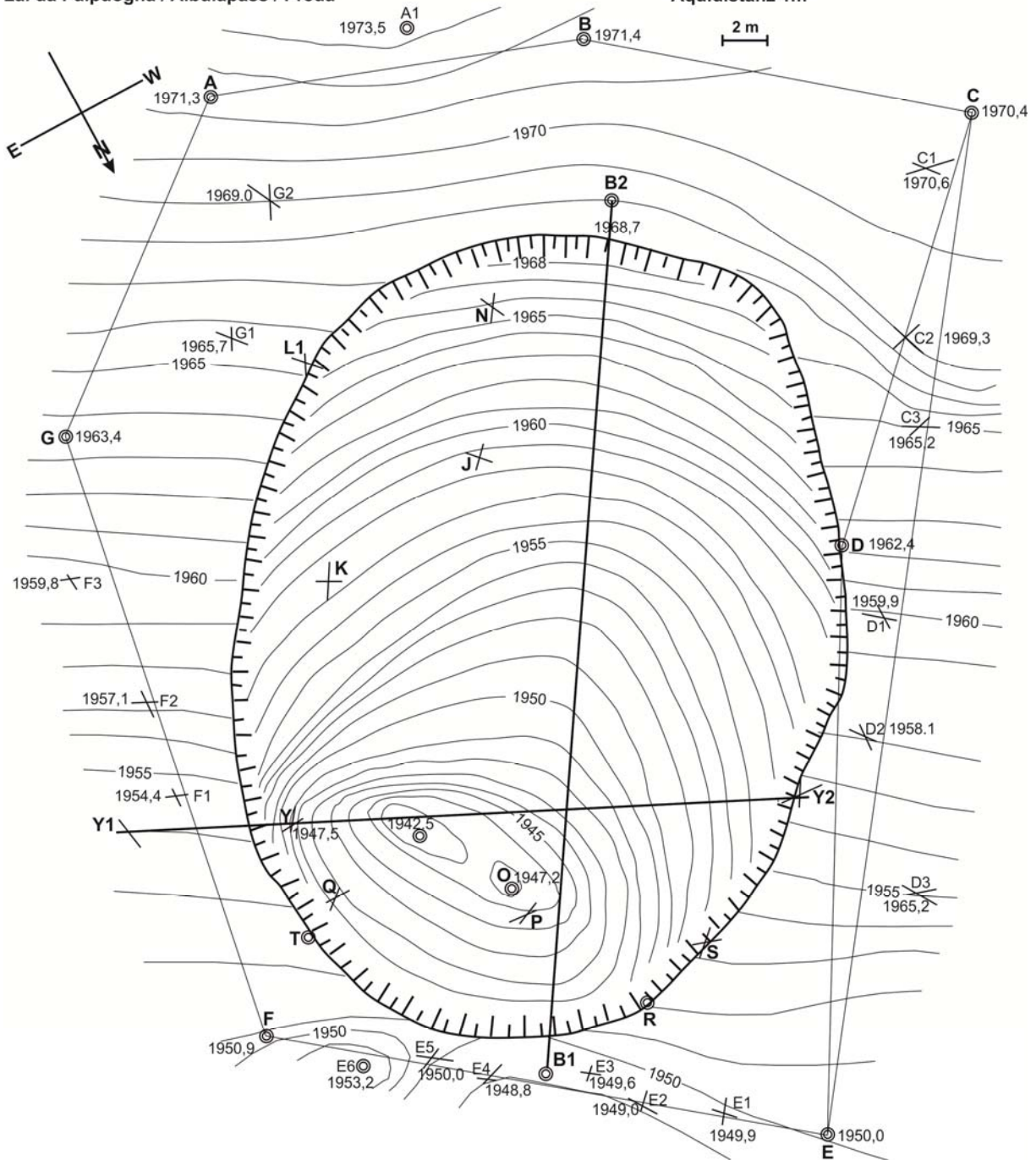
Um diese hier aufgeworfenen Fragen und Vermutungen zu klären, sind weitere geologische Untersuchungen empfehlenswert, insbesondere um die Eignung der beiden Dolinen für das Umwelt Monitoring System beim Bau des neuen Albula-Tunnels richtig einzuschätzen.

## Dankeswort

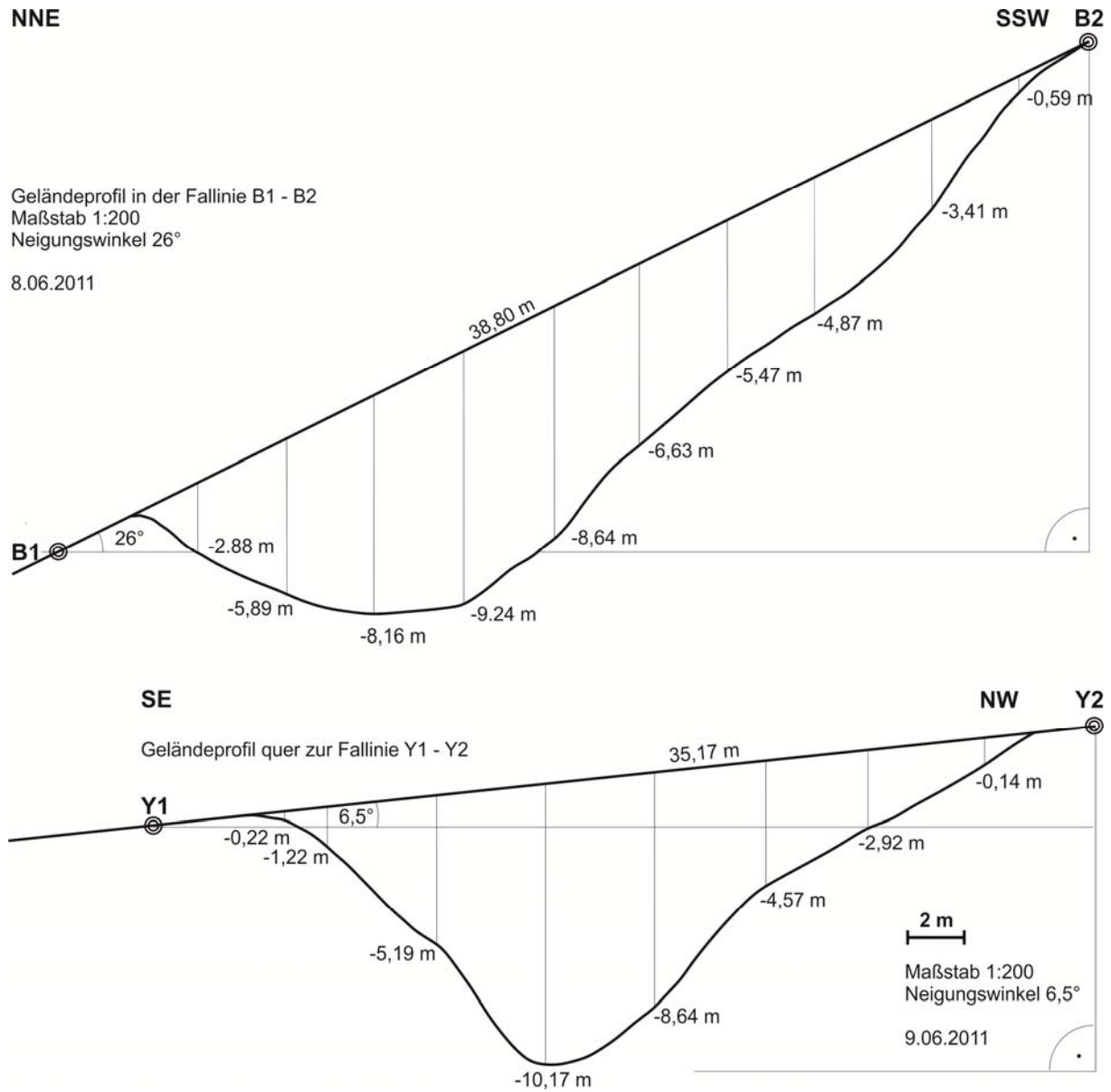
Die betreuenden Lehrerkräfte und die Schülerinnen und Schüler bedanken sich recht herzlich beim Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden, insbesondere bei Herrn Marco Lanfranchi, für die Möglichkeit an dem interessanten Projekt mitwirken zu dürfen und bei Markus Rohner, welcher das Vermessungspraktikum von der Atelierschule her organisierte.

Karstdoline im Dolomit westlich  
Lai da Palpuogna / Albulapass / Preda

Maßstab 1:200  
Äquidistanz 1m



**Abb. 7** Zusammenfassung der Vermessung als ein Isolinen-Plan (vergleiche Abb. 5) der Doline SW' Lai da Palpuogna. Monitoring Punkte (L1, N, J, K, D, Q, T, O, P, R und S) sind auf den nachfolgenden Abbildungen 11-22 festgehalten.



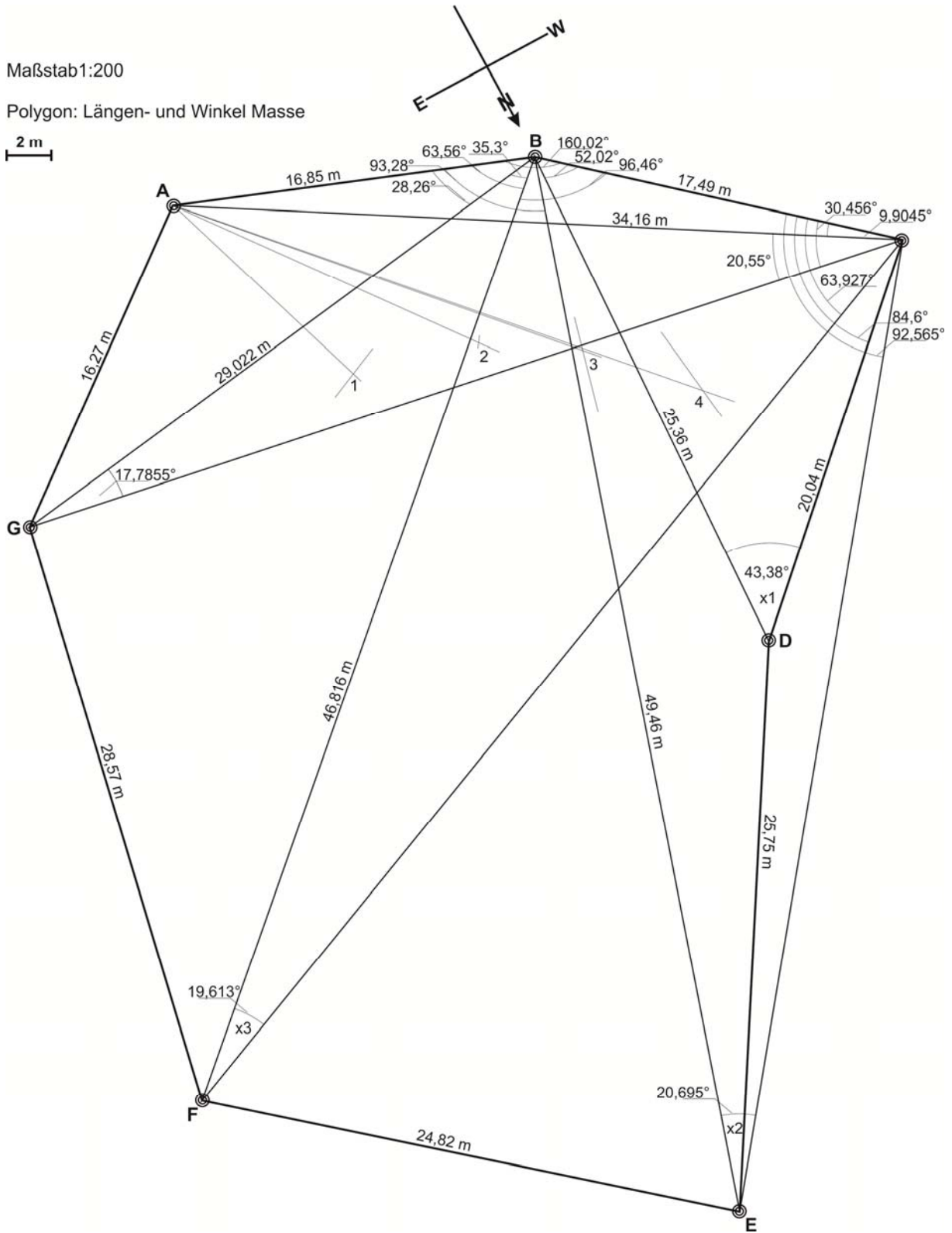
**Abb. 8** Profile durch die Doline, wie angezeigt in der Abb. 7, gezeichnet mit der „Schnüre-Methode“ (Abb. 6).



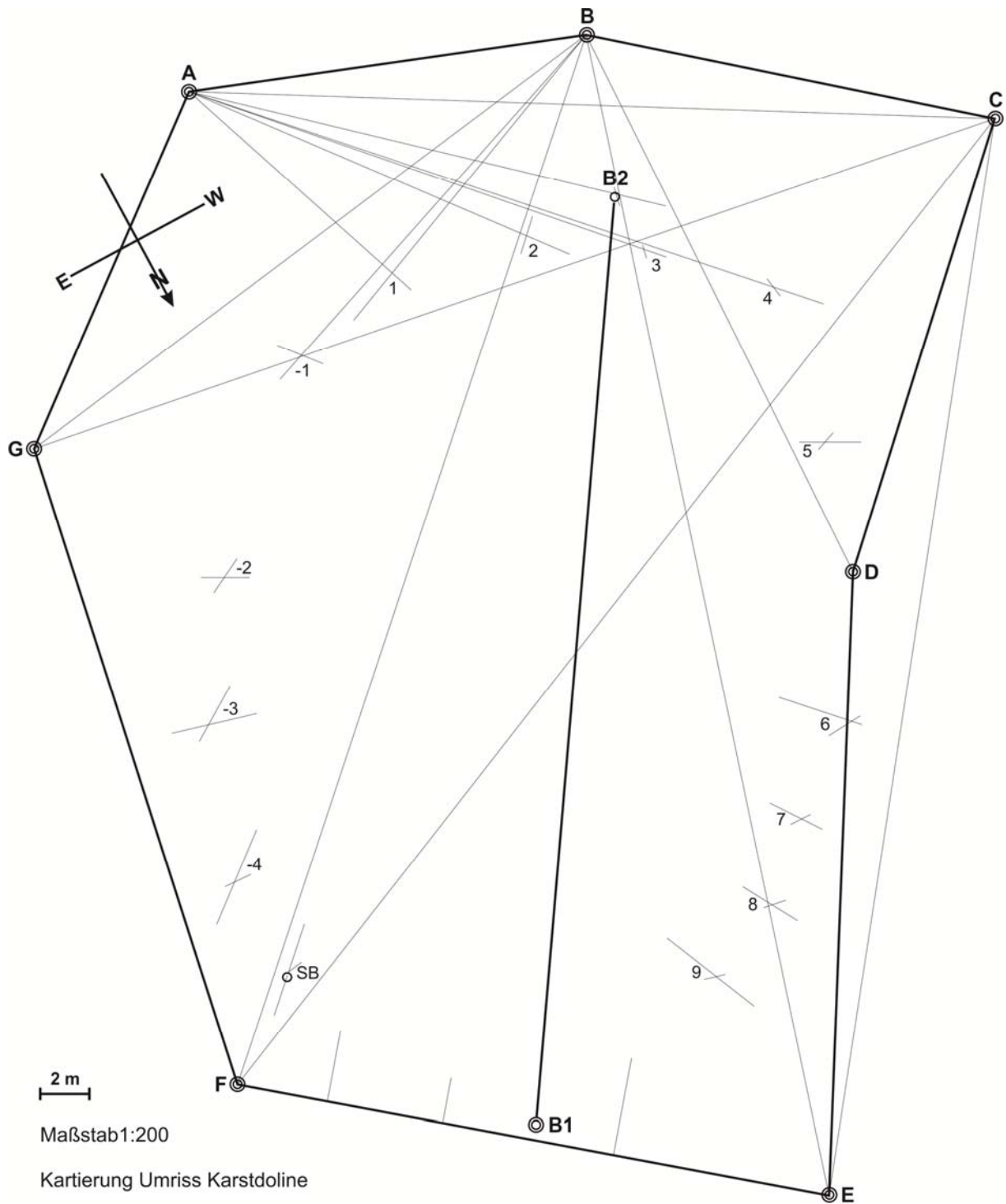
Maßstab 1:200

Polygon: Längen- und Winkel Masse

2 m



**Abb. 9** Positionspolygon mit eingetragenen Seitenlängen und Winkelmassen. Vermessen mit dem Theodolit (Abb. 4) und berechnet.



**Abb. 10** Kartierung des Randes der Doline. Die Zahlen 1 bis -1 im Uhrzeigersinn geben die Positionen der Jalons aus der Abbildung 3 wieder.



**Abb. 11** Polygonpunkt B.



**Abb. 12** Polygonpunkt B und die Monitoring Punkte L und N.



**Abb. 13** Polygonpunkt C und Randpunkt 4 (Abb. 10).



**Abb. 14** Polygonpunkte C und D.



**Abb. 15** Monitoring Punkte K, H und J.



**Abb. 16** Monitoring Punkte H und J im Zentrum des Einsturztrichters.



**Abb. 17** Monitoring Punkt L.



**Abb. 18** Monitoring Punkt N.



**Abb. 19** Monitoring Punkte P, R und S.



**Abb. 20** Monitoring Punkte P, O und U.



**Abb. 21** Monitoring Punkt Q.





**Abb. 22** Monitoring Punkte U, Q und T.

### Literatur

Landeskarte der Schweiz 1:25'000. 2005. Blatt Nr. 1237, Albula.

<http://mapserver1.gr.ch/gewaesserschutz/gewaesserschutz.phtml>

Schmid, S.M., Frotzheim, N. 1993: Oblique slip and block rotation along the Engadine line. *Eclogae Geol. Helv.* 86/2: 569-593.