

Strukturgeologie der Karstformen auf der Schneealpe (Stmk.)

ZUSAMMENFASSUNG

Das südlich von Wien gelegene stark verkarstete Massiv der Schneealpe ist als Einzugsgebiet der I. Wiener Hochquellenwasserleitung von großer Bedeutung. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Höhlen und Dolinen der Schneealpe, sowohl im Gelände als auch durch Auswertung bestehender Arbeiten, strukturgeologisch untersucht. Im Gelände wurden 20 Höhlen und neun Dolinen bearbeitet und dabei 385 Störungsflächen gemessen. Weiters wurden 226 Höhlenpläne und 210 Dolinen aus der karstmorphologischen Karte auf ihre Erstreckungsrichtung ausgewertet.

Karstmorphologische Daten belegen stark bevorzugte Orientierungen von Höhlen und Dolinen, wobei die dominanten Erstreckungsrichtungen beider Karstformen nicht übereinstimmen. Die gewonnenen Strukturdaten zeigen, dass die Erstreckungsrichtung der Karstformen weitgehend der Orientierung der lokal dominierenden Störungs- und Klufflächen folgt.

Die weiteren Ergebnisse waren zum Teil überraschend: bei den einzelnen Höhlen dominieren Strukturen mit sehr unterschiedlichen Orientierungen, die großteils nicht von überregional bedeutenden Störungssystemen beeinflusst scheinen. Die Orientierungen von Scherflächen und Klüften, die in Dolinen gemessen wurden, stimmen über das gesamte Schneealpenplateau hinweg gut überein, passen jedoch ebenfalls nicht zu den bedeutenden Störungen der Umgebung. Der Vergleich der Strukturdaten aus Höhlen und Dolinen zeigt eine mäßig gute Übereinstimmung innerhalb des Untersuchungsgebiets. In ihrer Gesamtheit stehen die Strukturdaten und bevorzugten Erstreckungsrichtungen der Karstformen der Schneealpe in starkem Kontrast zum unweit westlich gelegenen

Hochschwabmassiv, wo die meisten Strukturen dem Einfluss des SEMP-Störungssystems unterliegen.

ABSTRACT

Structural geology of karst features of the Schneealpe (Styria).

Schneealpe is a heavily karstified massif located 80 km south of Vienna. As a catchment area of the First Vienna Water Main it is of great importance. In this study caves and dolines at Schneealpe are investigated regarding their geological structures from field measurements as well as from map analysis. In the field nine dolines and 20 caves were investigated and 385 fault planes were measured. Additionally, the elongation directions of 226 caves and 210 dolines were analysed from cave maps and a karstmorphological map.

Karst morphological data show preferred orientations of caves and dolines, yet the dominant directions of these two do not coincide. The structural data obtained show that the extension of the karst features follows in general well the orientation of the locally dominant fault and joint planes.

The other results were partly unexpected: structures at the caves show highly variable orientations which mostly do not seem to be affected by regional fault systems. The orientation of shear planes and fractures, which were measured in dolines, yielded consistent results for the entire plateau of the Schneealpe but differ from the regional fault system. The comparison of structural data from caves and dolines shows a moderate agreement within the area of investigation. Therefore the structures and the preferred orientation of karst features of Schneealpe differ from nearby Hochschwab massif where most structures are influenced by the SEMP-fault system.

Harald Bauer

Inst. für Geodynamik und Sedimentologie,
Univ. Wien, Althanstr. 14, 1090 Wien
harald.bauer@email.com

Georg Hatzenbichler

Inst. für Geodynamik und Sedimentologie,
Univ. Wien, Althanstr. 14, 1090 Wien
ghatz@gmx.at

Lukas Plan

Naturhistorisches Museum Wien,
Geologische Abt.; Karst- und
höhlenkundliche Arbeitsgruppe
Museumsplatz 1/10, 1070 Wien
lukas.plan@nhm-wien.ac.at

Kurt Decker

Inst. für Geodynamik und Sedimentologie,
Univ. Wien, Althanstr. 14, 1090 Wien
kurt.decker@univie.ac.at

Eingelangt: 24.4.2012
Angenommen: 24.5.2012

EINLEITUNG

Die etwa 80 km südwestlich von Wien gelegene Schneealpe (Schneealm) gehört mit Rax, Schneeberg und Hochschwab zum Einzugsgebiet der Wiener Wasserversorgung. Aufgrund des Interesses am Karstwasserschutz sind die Gebiete allesamt gut bearbeitet und es existieren geologische und karstmorphologische Karten sowie diverse strukturgeologische Arbeiten. Der Erforschungsgrad der Höhlen kann, mit Ausnahme einiger Regionen am Hochschwab, als relativ hoch betrachtet werden. Insgesamt sind in diesen Gebieten rund 1700 Höhlen registriert, wovon 226 auf der Schneealpe liegen.

Da deutlich gebankte Karbonate mit den für die Höhlenentstehung wichtigen Schichtfugen in diesen Plateaus selten sind, sind die meisten Höhlen entlang

von spröden Störungen ausgebildet. Die meisten bisher erhobenen strukturgeologischen Daten stammen von Straßenaufschlüssen in Tälern, da diese die besten Aufschlussverhältnisse für kinematische Indikatoren (Lineare und Schersinnindikatoren) bieten, aber nur selten von Karstformen selbst. Ziel dieser Arbeit ist die Geländeerhebung strukturgeologischer Daten in ausgewählten Höhlen und Dolinen des Schneealpenplateaus. Daneben sollen die im Höhlenkataster vorhandenen Höhlenpläne und die karstmorphologische Karte (Plan, 2007) ausgewertet werden. Die gewonnenen Daten werden statistisch aufbereitet, um die Ergebnisse unter Einbeziehung von bereits vorhandenen Arbeiten in einem regionalgeologischen Kontext zu interpretieren.

BISHERIGE ARBEITEN UND DATENGRUNDLAGE

Das Schneealpenmassiv bzw. Teile davon wurden in der Vergangenheit in zahlreichen Arbeiten sowohl strukturgeologisch als auch (karst-)hydrologisch untersucht. Nicht unwesentlich ist hierbei die Bedeutung der Region für die Wasserversorgung der Stadt Wien, weshalb viele Arbeiten in Kooperation mit den Wiener Wasserwerken entstanden sind. Bauer (1969) befasste sich mit karsthydrologischen

Untersuchungen im Schneealpenmassiv im Rahmen der von 1965 bis 1968 dauernden Bauarbeiten des Schneealpenstollens, der die Siebenquellen am Südwestfuß der Schneealpe mit der I. Wiener Hochquellenleitung verbindet. Mittels Markierungsversuchen wurde das östliche Schneealpenmassiv als Einzugsgebiet der Siebenquellen und der Wasseralmquelle ermittelt, und über den Zeitraum der Bauarbeiten hin-

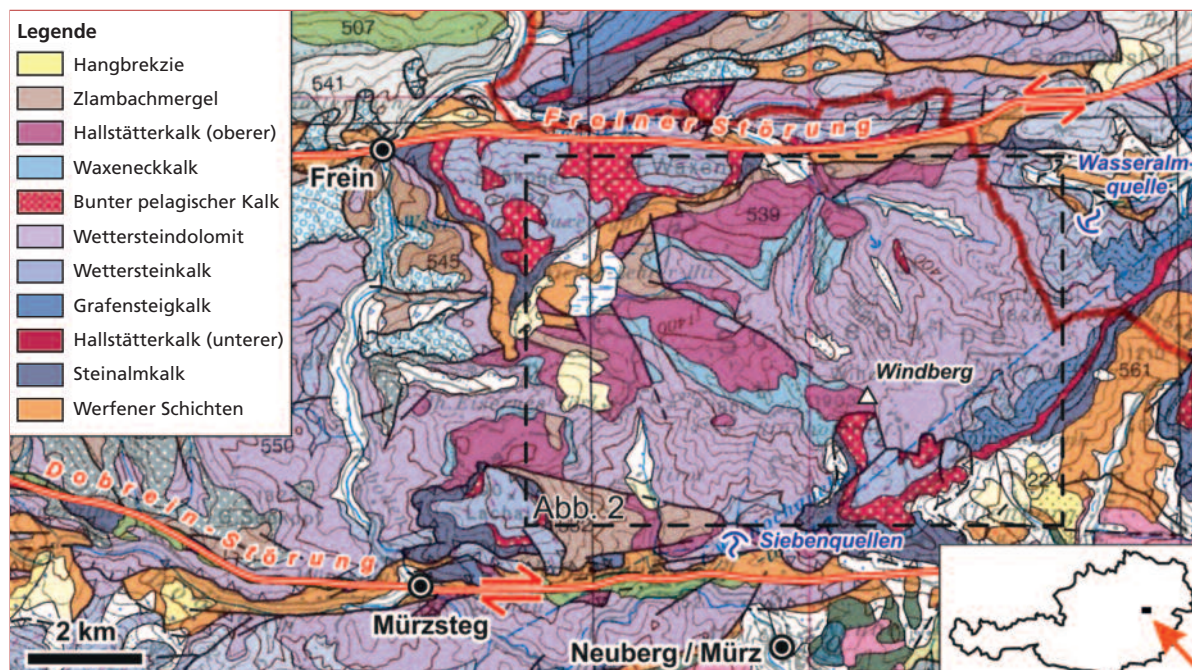


Abb. 1: Situation und geologischer Überblick über die Schneealpe. Hintergrund: Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000 (Schnabel, 2002). Die Legende beinhaltet nur Lithologien des Untersuchungsgebiets (Abb. 2).

Fig. 1: Geologic overview of Schneealpe. Background: Geologic Map of Lower Austria 1:200,000 (Schnabel, 2002). Only lithologies found in the area of investigation (Fig. 2 – dashed rectangle) are explained.

aus wurden die hydrologischen Verhältnisse im Stollenbereich (die gesamte Stollentrasse liegt unterhalb des Karstwasserspiegels) sowie der Wasserhaushalt des gesamten Karstmassivs beobachtet und erfasst. Bryda et al. (1997) führten zur Beschreibung der Abflussdynamik im Schneecalpenmassiv struktureologische, hydrogeologische und isopenhydrologische Untersuchungen durch. Decker & Reiter (2001) untersuchten die Strukturgeologie des benachbarten Hochschwabmassivs und unterschieden Störungen aus vier Deformationsphasen. Decker & Plan (2004) sammelten struktureologische und speläologische Daten in der Quellfassung der Wasseralmquelle (Abb. 1) und wiesen ein mit ca. 30° nach E einfallendes Abschiebungssystem nach. Wieselthaler (2006) untersuchte im Rahmen seiner Diplomarbeit die Isopenverhältnisse in der Wasseralmquelle und berücksichtigte auch die Strukturgeologie dieses störungsgebundenen Quellaustritts. Plan (2007) führte eine detaillierte (Aufnahmemassstab: 1:5000) karstmorphologische Kartierung des Schneecalpenplateaus durch. Hoprich (2007) erstellte mittels kinematischer und dynamischer Analysemethoden eine Deformationsabfolge für das Doberein-Störungssystem. Weiters verglich sie die Wässer des Tirolbaches mit jenen der Siebenquellen und wies mittels isopenhydrologischer Untersuchungen unterschiedliche Einzugsgebiete nach.

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Geographie

Die Schneecalpe ist Teil der Nördlichen Kalkalpen (NKA) und liegt zwischen Göller und Veitsch im Westen und der Rax im Osten in der nördlichen Steiermark an der Grenze zu Niederösterreich. Ihre Ausdehnung beträgt 113 km² (Bryda et al., 1997). Die höchsten Punkte sind der Windberg (1903 m), das Schönhaltereck (1860 m) und der Amalßbichl (1828 m). Die Schneecalpe ist durch ein Hochplateau mit einer durchschnittlichen Seehöhe von etwa 1800 m gekennzeichnet.

Täler und Quellen

Das Schneecalpenmassiv wird von tief eingeschnittenen Tälern umgrenzt, wobei die Mürz bei Kapellen in rund 700 m Seehöhe fließt und im Nordosten der Naßbach bei Hinternaßwald in 710 m. Von den zahlreichen Quellen der Schneecalpe speisen einige in die I. Wiener Hochquellenleitung ein. Die zwei bedeutendsten davon sind die Wasseralmquelle an der Nordflanke der Schneecalpe nahe Hinternaßwald auf 802 m Seehöhe sowie die Siebenquellen im Karlgraben am Südfuß der

Schröckenfuchs (2010) befasste sich im Rahmen ihrer strukturgeologischen Bachelorarbeit mit dem als Freiner Störung bezeichneten, nordwestlich der Schneecalpe liegenden Teil des SEMP-Blattverschiebungssystem (Salzachtal-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Störung; Linzer et al., 1991; Ratschbacher et al., 1991) und untersuchte deren transpressiven Charakter.

Beim zuständigen Höhlenverein, dem Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, werden im Höhlenkataster zu allen bekannten Höhlen Unterlagen gesammelt. Im Normalfall beinhalten diese Namen, Lokalität (verbal und als Koordinaten und Seehöhen), Beschreibung, Publikationen und Plan-darstellungen. Großteils sind die Daten mit Kurzbeschreibungen in der Reihe "Die Höhlen Niederösterreichs" (Fink et al., 1979; Hartmann & Hartmann 1990; 2000) publiziert. Die flächendeckende höhlenkundliche Erforschung der Schneecalpe kann als gut betrachtet werden, da bei der karstmorphologischen Kartierung des gesamten Plateaus nur wenige neue Höhlen entdeckt werden konnten (Plan, 2007). Die Höhlenpläne halfen bei der Auswahl der zu untersuchenden Höhlen und boten Orientierung im Gelände. Die Pläne jener Höhlen, die im Gelände nicht aufgesucht werden konnten, lieferten ergänzende Daten zur qualitativen Auswertung der bevorzugten Erstkungsrichtungen.

Schneecalpe nahe Neuberg an der Mürz in ca. 800 m Höhe. Das Wasser der letzteren wird über den 9,6 km langen Schneecalpenstollen an der Basis durch das Massiv geleitet (Bauer, 1969; Gattinger, 1973; Bryda et al., 1997). Im nördlichen Bereich liegt das Quellgebiet der Kalten Mürz. Aufgrund der Bedeutung des Gebietes für die Wasserversorgung der Stadt Wien unterliegen Almwirtschaft und Tourismus besonderen Auflagen.

Vegetation

Die unteren Bereiche der Schneecalpe sind dicht bewaldet und werden forstwirtschaftlich genutzt. Die höheren Lagen sind von Almwirtschaft gekennzeichnet und die restlichen Flächen sind von Latschenkiefern dominiert.

Niederschlag

Für die Messstelle Mürzzuschlag beträgt der langjährige Niederschlag (1901–2001) 1152 mm/a (<http://app.hydrographie.steiermark.at/berichte/Ni100jahre.pdf>). Die Online-Klimadaten der ZAMG (2012) für die Jahre 1971–2000 liefern für die Messstelle Mürzzuschlag

(700 m.ü.M.), ca. 10 km südöstlich der Schneevalpe, folgende Durchschnittswerte: Die Jahresniederschlagssumme beträgt 1036 mm bei Monatshöchstwerten über 100 mm in den Monaten Mai bis August. Die größten Tagesniederschlagssummen (24 h) sind mit 90 mm im Juli verzeichnet.

Geologie

Lithostratigraphie

Nach Bryda et al. (1997) lassen sich die Gesteine des Schneevalpenmassivs in folgende tektonische Einheiten unterteilen: Die Basis bilden Anteile der Grauwackenzone, die innerhalb der flach abfallenden Südflanke der Schneevalpe von Neuberg bis Altenberg aufgeschlossen ist. Darüber liegen die kalkalpinen Einheiten: die Mürzalpendecke, die Proles-Schuppe und die Hallstätter Deckenschollen. Die zwei letzteren bilden zusammen die Schneebergdecke.

Die tektonisch tiefere Mürzalpendecke umfasst mit Haselgebirge und Werfener Schichten an der Basis, über Wettersteinkalk/-dolomit, bis zu den Waxeneckkalken (auch Waxeneggkalk; Mittleres bis Oberes Karn) und Hallstätter Kalken (Oberstes Karn und Nor) als stratigraphisch höchstes Schichtglied vorwiegend Gesteine des oberen Perm und der alpinen Trias. Sie bildet die Hauptmasse des Schneevalpenmassivs und ist in den Abbrüchen ins Mürz- und Altenbergtal aufgeschlossen. Die tektonisch hangende Schneebergdecke liegt in mehreren Deckschollen über der Mürzalpendecke, wiederum mit tektonisch beanspruchten Werfener Schichten an der Basis (Tollmann, 1976a, 1976b). Die tiefste tektonische Einheit der Schneebergdecke ist die Proles-Schuppe. Diese enthält eine verkehrt lagernde Serie aus obertriadischen (Sevat) Zlambach-Mergeln, Hallstätter Graukalken und Halobienchiefern, sowie Hallstätter Dolomiten im Liegenden, die noch bis in die oberste Mitteltrias (Langobard) hinabreichen. Die Hallstätter Deckenschollen im Hangenden zeigen eine, im Gegensatz zur Proles-Schuppe, aufrechte Schichtfolge mit vorwiegend mitteltriadischen Kalken (Lein, 1981).

Strukturgeologie

Das Schneevalpenmassiv ist als Teil der Nördlichen Kalkalpen von einer polyphasen Deformation gekennzeichnet. Decker & Reiter (2001) erstellten für den Ostteil der NKA ein Modell mit vier Deformationsphasen: In Deformationsphase D1 (Kreide–Eozän) dominieren NW-gerichtete Faltung und Überschiebungen, wobei die Überschiebungen mit dextralen Seitenverschiebungen (Grenzblätter oder Tear Faults) verbunden sind. Die bedeutendste dextrale Seitenver-

schiebung in der Region ist die Doberein-Störung. Sie ist westlich der Schneevalpe beim Niederalpl als große, annähernd W-E-verlaufende Störung zu erkennen und zieht als breite Störungszone in das Tal des Dobreibaches über Mürzsteg bis zur Südflanke der Lachalpe und Rauhenstein-Deckscholle (Decker, 2007; Hoprich, 2007). In D2 (Eozän) treten N-gerichtete Faltung und Überschiebungen sowie S-gerichtete Rücküberschiebungen auf. Die Phase D3 (Miozän) wird als E-gerichtete laterale Extrusion bezeichnet. Dabei entstand das bedeutende sinistrale SEMP-Störungssystem. Der nordwestlich der Schneevalpe ins Tal der Kalten Mürz streichende Teil der SEMP wird als Freiner Störung bezeichnet (Schröckenfuchs, 2010). Bei D4 (Miozän) kommt es schließlich zur E-gerichteten lateralen Extrusion mit E- und W-gerichteten Abschiebungen. Mit ca. 30° nach E einfallende Abschiebungssysteme in und um die an der Nordflanke der Schneevalpe gelegene Wasseralmquelle werden dieser Phase zugewiesen (Decker & Plan, 2004).

Karstformen

Die Schneevalpe wird großteils von gut verkarstungsfähigen Gesteinen aufgebaut und weist dementsprechend gut ausgebildete Karstformen auf. Dazu gehören Dolinen, Ponore (Schwinden), Karstgassen, Trockentäler und polygenetische Poljen. An Karren findet man sowohl freiliegend gebildete als auch subkutane Formen.

Dolinen

Bei den Dolinen handelt es sich fast ausschließlich um Lösungsformen. Die Durchmesser variieren zwischen wenigen Metern und einigen hundert Metern. Die Dolinen sind meist elliptisch bis kreisrund und im Längsschnitt meist schüssel- bis trichterförmig. Zum Teil finden sich mehrere kleine Dolinen in einer Reihe, deren gedachte Verbindungslinie eine Störungszone erkennen lässt.

Höhlen

Zur Zeit sind 226 Höhlen im Kataster erfasst, wobei die Griesgrabenhöhle (1851/203) mit 1303 m die größte Länge aufweist. Vor allem am Plateau finden sich etliche in der vadosen Zone entstandene Schachthöhlen mit mehreren Zehnermetern Tiefe, wobei der Weittalschacht (/14) mit 110 m die größte Niveaudifferenz erreicht. Es finden sich aber sowohl am Plateau als auch an den Hängen viele phreatisch bzw. epiphreatisch entstandene Objekte. Dies bildet einen Gegensatz zu den umliegenden Massiven wie Rax, Schneeberg und Hochschwab, wo diese selten sind.

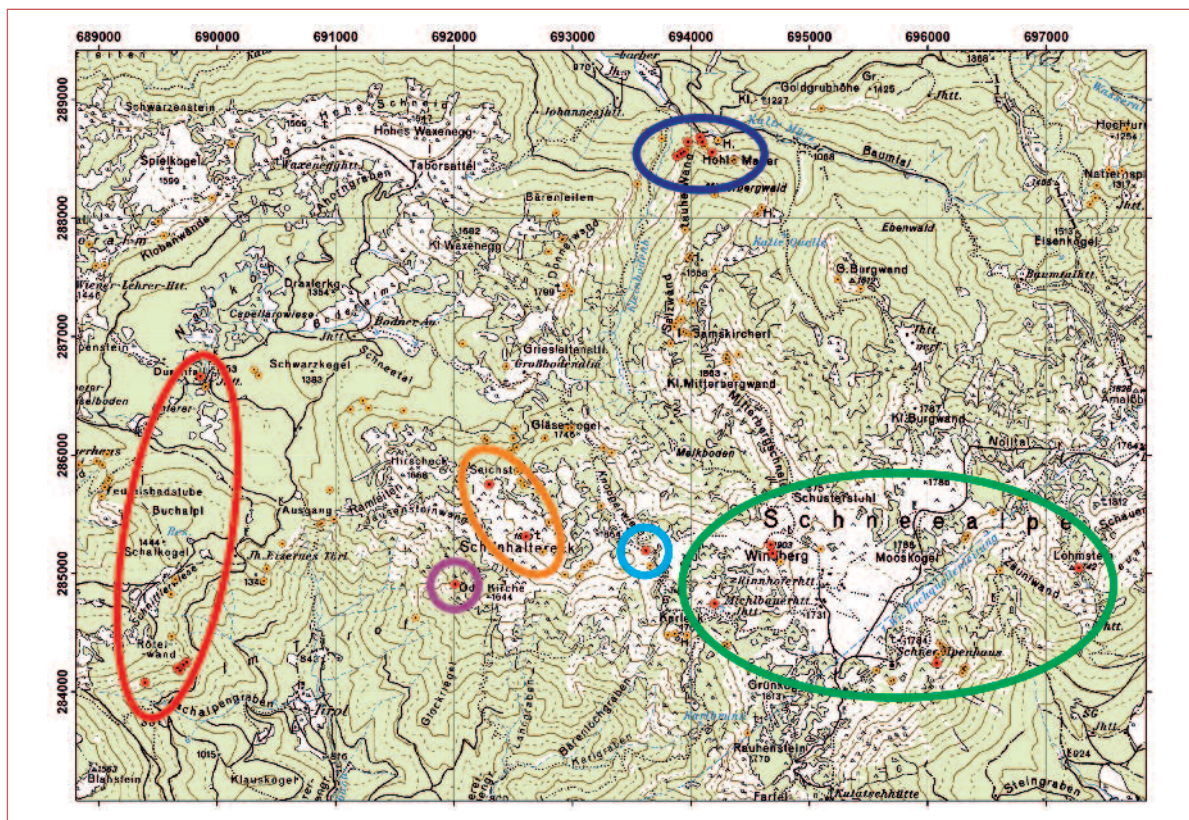


Abb. 2: Höhlen im Untersuchungsgebiet. Im Gelände bearbeitete Objekte sind als rote Punkte dargestellt, die restlichen in Orange. Gebietseinteilung: (1) Rauhe Wand und Mitterbergwand (dunkelblau), (2) Röteland und Durchfall (rot), (3) Griesgrabenhöhle (violett), (4) Schönhaltereck (orange), (5) Knopperwiese (hellblau), (6) Östliches Schneealpenplateau (grün). Hintergrund: ÖK 1:50.000 verändert. Koordinaten: Bundesmeldenetz M34.

Fig. 2: Caves in the investigated area. Objects observed in the field are marked by red circles, others in orange. Study sites: (1) Rauhe Wand and Mitterbergwand (dark blue), (2) Röteland and Durchfall (red), (3) Griesgrabenhöhle (purple), (4) Schönhaltereck (orange), (5) Knopperwiese (light blue), (6) Östliches Schneealpenplateau (green). Background: ÖK 1:50,000 modified. Coordinates: Österreichisches Bundesmeldenetz M34.

METHODIK

Von den 226 im Höhlenkataster genannten Höhlen der Schneealpe wurden 20 ausgewählt und strukturgeologisch untersucht (Abb. 2). Höhlen bieten hierbei besondere Möglichkeiten, da sie im Vergleich zu Oberflächenaufschlüssen einerseits eine dreidimensionale Ansicht ermöglichen und andererseits frei von Vegetation sind. So wurden die vorgefundenen Schicht- und Harnischflächen eingemessen und, soweit vorhanden, Lineation und Schersinn dokumentiert.

Generell sind die gewonnen Messwerte nicht gleichmäßig auf die Störungsflächen verteilt, sondern bei der Anzahl der Messungen gibt es ein Ungleichgewicht in der Anzahl der Messwerte zwischen großen bzw. leicht zugänglichen und kleinen bzw. schwer zugänglichen Störungsflächen. Für die statistische Auswertung dieser heterogenen Datensätze wurde ein semiquantitativer Ansatz entwickelt. Dafür wurden die Höhlen in rund 5 m lange Abschnitte unterteilt, wobei jedem Abschnitt ein gemittelter Messwert der für die Raum-

entwicklung verantwortlichen Störungsfläche zugeteilt wurde (Abb. 3). Die Festlegung auf 5-m-Abschnitte erfolgte empirisch.

Weiters wurden die untersuchten Höhlen aufgrund morphologischer Merkmale wie Fließfacetten, paragenetischer Deckenkarren, Rinnenkarren und Kolke sowie der Profile des Gangverlaufs und der Höhlensedimente anhand der gängigen speläogenetischen Modelle interpretiert (Palmer, 2007).

Ergänzend zu den in den Höhlen erhobenen strukturgeologischen Daten wurden alle vorhandenen Pläne aus dem Höhlenkataster ausgewertet. Unter der Annahme, dass der geradlinige Verlauf von Gängen oder die Elongation von Schachtquerschnitten auf eine störungsgebundene Entstehung zurückzuführen ist, wurden diese Richtungen in 45-Grad-Klassen ausgewertet. Die Auswertung erfolgte rein qualitativ, d.h. es wurde keine Rücksicht auf die Gesamtlänge der unterschiedlich gerichteten Gänge genommen. Jeder

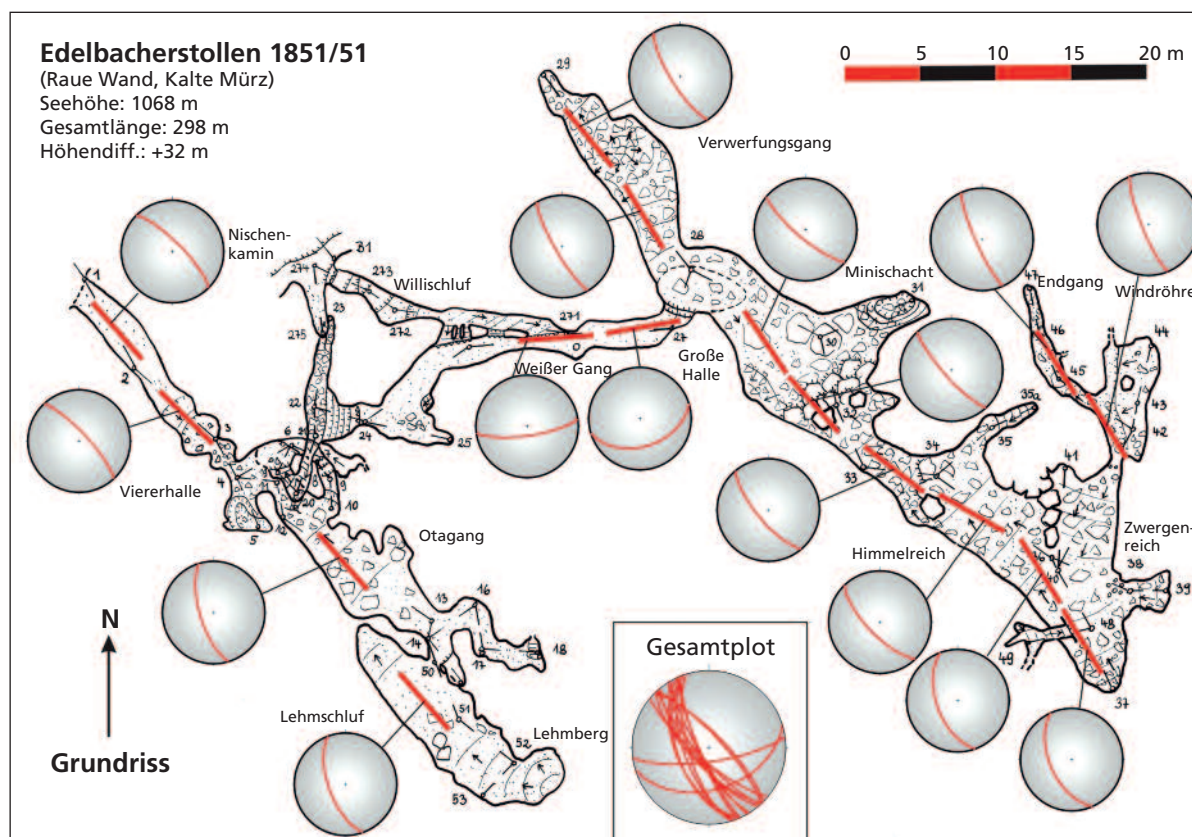


Abb. 3: Beispiel für die Anwendung des semi-quantitativen Auswertungsverfahrens. Jedem 5-m-Abschnitt der Höhle wurde ein gemittelter Messwert zugewiesen. Die Flächen sind als Großkreise im Schmidt'schen Netz, untere Halbkugel, dargestellt.
Fig. 3: Example for the application of the semi-quantitative analysis method. One mean value was assigned to every 5-m-section of the cave. The fault planes are plotted as great circles in the Schmidt net, lower hemisphere.

Höhle wurden ein bis zwei Werte für die bevorzugte(n) Erststreckungsrichtung(en) zugewiesen. Höhlen mit nahezu rundlichem Grundriss bekamen keinen Wert. Um eventuelle regionale Unterschiede zu erkennen, wurde das Arbeitsgebiet in sechs Teilgebiete unterteilt: (1) Rauhe Wand und Mitterbergwand, (2) Rötelwand und Durchfall, (3) Schönhaltereck, (4) Griesgrabenhöhle, (5) Knopperwiese, (6) Östliches Schneealpenplateau (Abb. 2).

Neben den Höhlen wurden auch die Dolinen der drei Teilgebiete des Schneealpenplateaus untersucht (Abb. 4). Strukturgeologische Messungen erfolgten in acht Großdolin im Gelände.

Ebenfalls unter der Annahme, dass der Elongation der Dolinen eine Störungsgebundenheit zugrunde liegt, wurde die karstmorphologische Karte (Plan, 2007) ausgewertet. Dabei wurden 210 Dolinen untersucht (Abb. 5) und 22,5-Grad-Klassen zugeordnet.

GENETISCH-GEOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG DER UNTERSUCHTEN HÖHLEN UND DOLINEN

Rauhe Wand und Mitterbergwand (1)

Die beiden Wände sind in Hallstätterkalken ausgebildet, wobei im Liegenden Wettersteindolomit auftritt. Alle besuchten Höhlen liegen im Kalk.

Gamsfriedhof

(1851/54, Länge (L) 40 m, Höhendifferenz (H) 6 m, Seehöhe (Sh) 1107 m, Rauhe Wand)

Phreatisch entstandene Höhle, die im hinteren Bereich paragenetische Deckenkarren aufweist. Es ist nicht klar, ob die flach nach W einfallende Trennfläche, die die östliche Kammer begrenzt, eine Schichtfläche, eine Störung oder eine als Störung bewegte Schichtfläche ist (Abb. 6).

Versteckte Kammer

(/53, L 6 m, H 2 m, Sh 1096 m, Rauhe Wand)

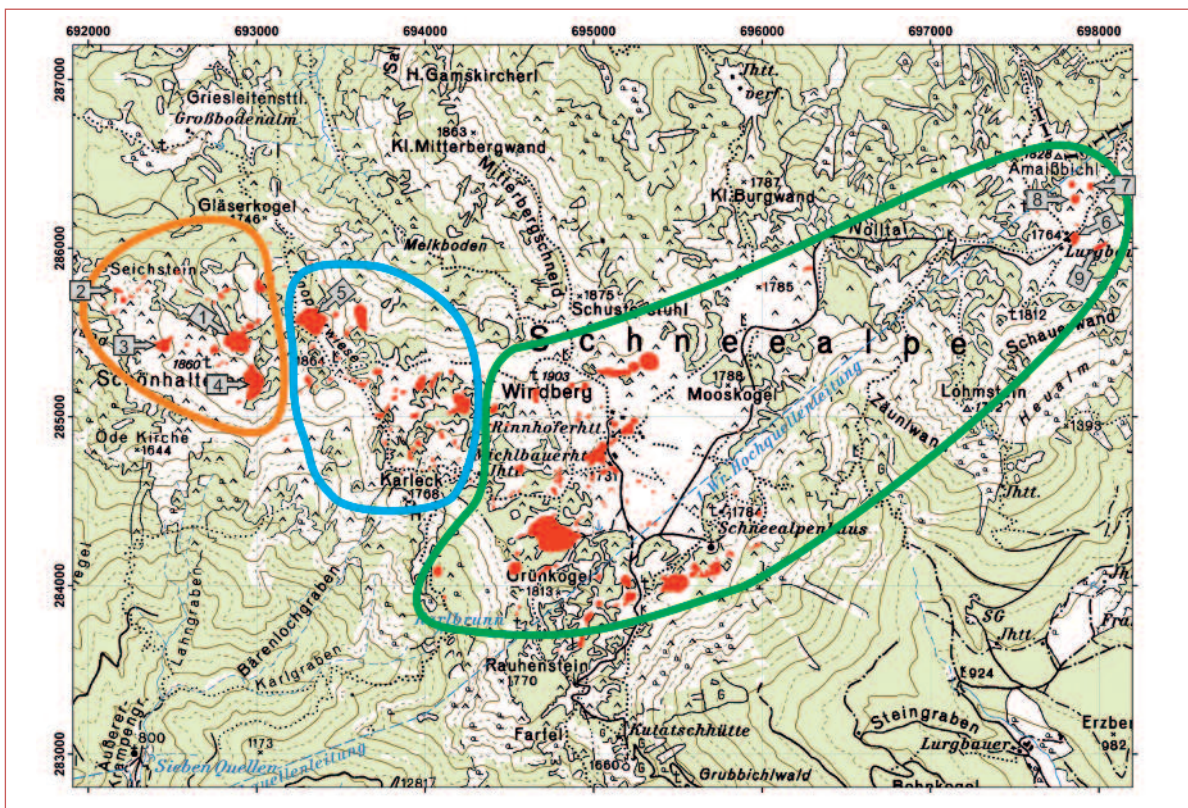


Abb. 4: Die bearbeiteten Dolinen (nach Plan, 2007), aufgeteilt auf drei Teilgebiete: Schönhaltereck (orange), Knopperwiese (hellblau), Östliches Plateau (grün). Hintergrund: ÖK 1:50.000 verändert. Koordinaten: Bundesmeldenetz M34.
 Fig. 4: The investigated dolines (after Plan, 2007) in three study sites: Schönhaltereck (orange), Knopperwiese (light blue), Östliches Plateau (green). Background: ÖK 1:50,000 modified. Coordinates: Österreichisches Bundesmeldenetz M34.

Aus einer Kammer bestehende, phreatisch entstandene Kleinhöhle, die an eine NW-SE-streichende Störung gebunden ist.

Edelbacherstollen (/51, L 298 m, H 32 m, Sh 1086 m, Rauhe Wand)

Raumprofile, Karren und Wasserstandsmarken deuten auf eine Bildung im epiphreatischen Bereich hin. 7–9 cm große Fließfacetten im Eingangsbereich der Höhle zeigen eine nach außen (NW) gerichtete Paläofließrichtung an. Die zwei größten Gänge des Edelbacherstollens sind störungsgebunden und verlaufen NW-SE und sind durch einen E-W-verlaufenden Gang, der zumindest teilweise entlang von Störungen verläuft, verbunden.

Fuchsloch (/52, L 30 m, H 3 m, Sh 1090 m, Rauhe Wand)

Kleine, enge, phreatische (?) Höhle mit E-W-Erstreckung. Es sind keine Störungsflächen erkennbar.

Galmeikeller (/33, L 18 m, H 1 m, Sh 1012 m, Mitterberg-Nordwand)

Runde Formen und Profile deuten auf eine phreati-

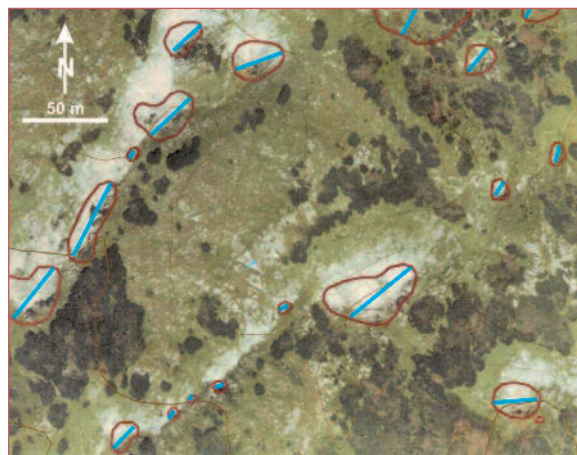


Abb. 5: Karstmorphologische Karte (Plan, 2007). Die im Gelände kartierten Dolinen sind als rote Polygone dargestellt. Die ermittelten Elongationsrichtungen, die den angenommenen Störungsrichtungen entsprechen, sind blau gehalten.
 Fig. 5: Karst morphologic map (Plan, 2007). The dolines investigated in the field are displayed as red polygons. The determined directions of elongation, which correspond to the supposed fault directions, are displayed as blue lines.

sche Entstehung hin. Eine nach WSW einfallende Harnischfläche ist für die Entstehung der Höhle mit E-W-Erstreckung nicht von Bedeutung.

Fensterschlot (/34, L 100 m, H 45 m, Sh 1055 m, Mitterberg-Nordwand)

Phreatische Höhle, in der Fließfacetten darauf schließen lassen, dass das Wasser langsam nach oben geflossen ist. Der untere Abschnitt des Schlotes ist an eine steil nach SSE einfallende Störung gebunden.

Brüllendes Loch (/36, L 65 m, H 4 m, Sh 1117 m, Mitterberg-Nordwand)

Das etwa 30 m breite Portal verengt sich und geht in einen geradlinig nach SE ziehenden Gang über, wo allerdings keine Störungsgebundenheit zu erkennen ist. Harnischflächen im Eingangsbereich fallen nach SW ein, sind aber für die Genese unbedeutend.

Röteland und Durchfall (2)

Die Wandpartien werden wieder aus Hallstätterkalk aufgebaut, während das Liegende aus Wettersteindolomit besteht. Die Höhlen liegen großteils im Kalk, wobei die Rötelandhöhle und das Gatschloch auch in den Dolomit reichen.

Rötelandhöhle (/2, L 242 m, H 25 m, Sh 1250 m)

Höhle mit zwei Eingängen, wobei der größere südliche Eingang ein Schlüssellochprofil aufweist. Fließfacetten und Höhlenkarren zeigen eine epiphreatische Entstehung mit einer Paläofließrichtung gegen Süden. Der südliche Bereich ist im Hallstätterkalk angelegt, während der hintere Bereich im Wettersteindolomit

liegt. Die meisten Abschnitte sind störungsgebunden, wobei diverse Richtungen auftreten.

Bergmilchsclot (/94, L 15 m, H 10 m, Sh 1260 m)

Unter phreatischen Bedingungen entlang von N-S-streichender Störung entstandener Schlot.

Rötelandkluft (/95, L 15 m, H 8 m, Sh 1235 m)

Schmale aber hohe, störungsgebundene (N-S-streichend) phreatische Höhle. Deutliche Wetterführung lässt eine Fortsetzung hinter einer unbefahrbaren Engstelle erahnen.

Herzklopfhöhle (/96, L 12 m, H 6 m, Sh 1245 m)

E-W-verlaufende, enge phreatische Röhre. Nur normal zum Höhlenverlauf streichende Harnischflächen sind erkennbar, wodurch die Höhle nicht störungsgebunden erscheint.

Gatschloch (/90, L 152 m, H 47 m, Sh 1215 m)

Störungsgebundene epiphreatische Höhle an der Grenze von Wettersteindolomit zum Hallstätterkalk im Hangenden, die sich vorwiegend N-S erstreckt. Die beobachteten Harnischflächen fallen meist steil nach W ein.

Durchfall-Wasserhöhle (/1, L 278 m, H 57 m, Sh 1250 m)

Es handelt sich um einen bedeutenden Ponor, der das Polje des Naßköhr entwässert. Die Höhle liegt an



Abb. 6: Harnischfläche im Gamsfriedhof.
Fig. 6: Slickenside in the Gamsfriedhof cave.

der Grenze zum Hallstätterkalk, und entwässert das vorwiegend aus Werfener Tonschiefern und Zlambachmergeln aufgebaute Einzugsgebiet. Der Ponor ist zurzeit verklaut und die Höhle somit nicht zugänglich. Am Eingang treten steil nach ESE einfallende Harnischflächen auf. Am Grundriss ist erkennbar, dass die meisten Gänge NE- und NNE-streichenden Störungen folgen.

Griesgrabenhöhle (3)

Griesgrabenhöhle (/203, L 1314 m, H 46 m, Sh 1450 m)

Die mit Abstand größte Höhle des Schneecalpe-Massivs stellt ein phreatisch gebildetes, subhorizontales Labyrinth von Gängen und kleinen Hallen dar. Sie ist im Wettersteindolomit und in Störungsgesteinen (Kataklastiten) – die zum Teil stark verwittert sind – angelegt. Harnischflächen unterschiedlicher Orientierung sind aufgeschlossen, deren Mehrzahl WNW–ESE streicht (Abb. 7). E-W-streichende Flächen weisen Lineare mit sinistralen Schersinn auf.



Abb. 7: Störungsgebundener Gang in der Griesgrabenhöhle. Blick nach ESE.

Fig. 7: Fault guided passage in the Griesgrabenhöhle. View towards ESE.

Schönhaltereck (4)

Die untersuchten Objekte liegen alle im Waxeneckkalk.

Daglschacht (/18, L 32 m, H 30 m, Sh 1834 m)

Rund 30 m tiefer, senkrechter, vadoser Schacht. Am Eingang und anhand der Orientierung der Halle ist eine Entstehung entlang einer NE–SW-streichenden Störung zu erkennen.

Seichsteinkluft (/17, L 57 m, H 15 m, Sh 1750 m)

NE–SW-verlaufende Höhle, die entlang einer steil nach SE einfallenden Störung angelegt ist. Paragenetische Deckenmäander lassen auf eine zumindest teilweise phreatische Entstehung schließen.

Doline 1 (BMN M34: RW 692890 / HW 285450)

Beispielhaft ausgebildete trichterförmige Doline mit 150 m Durchmesser und 50 m Tiefe (Abb. 8).

Die unzähligen parallelen Flächen streichen NE–SW und NW–SE, wobei unerwarteter Weise kaum Anzeichen von Bewegung zu finden sind, womit sie als Kluftflächen zu bezeichnen sind. Nur an wenigen anders orientierten und für die Entstehung der Doline unbedeutenden Flächen sind Kataklastite zu finden.

Doline 2 (RW 692210 / HW 285700)

Die Doline mit einem Durchmesser von 30 m und einer Tiefe von 10 m verläuft NW–SE. Aufgrund der starken Frostschuttbildung konnten keine Flächen identifiziert werden.

Doline 3 (RW 692450 / HW 285430)

Eine max. 100 m Durchmesser aufweisende, 20 m tiefe ovale Doline entlang einer NE–SW-streichenden Störung.

Doline 4 (RW 692970 / HW 285220)

Eine N–S-elongierte Doline mit einem Durchmesser von 200 m und einer Tiefe von bis zu 45 m. Harnischflächen mit Linearen sind aufgeschlossen und streichen NE–SW und normal dazu.

Knopperwiese (5)

Die untersuchten Objekte sind wiederum im Waxeneckkalk ausgebildet.

Bakkalaureusponor (/226, L 8 m, H 7 m, Sh 1740 m)

Mit Schutt verfüllter Schachtponor mit 7 m Tiefe. Die Anlage erfolgt an mittelsteil nach E bzw. SE einfallenden Störungsflächen.



Abb. 8: Doline 1 mit rund 150 m Durchmesser. Zu erkennen sind zahlreiche parallele Kluft(?)flächen, die für die Entstehung verantwortlich sein dürften. Pfeil zeigt auf zwei Personen; Blick nach NE.

Fig. 8: Doline 1 with a diameter of 150 m. Note the numerous parallel fissure (?) planes, which seem to be responsible for the origin of the doline. Arrow pointing at two persons; view towards NE.

Knopperwiesen-Eisdoline (/60, L 49 m, H 21 m, Sh 1780 m)

Mehrere nebeneinander liegende, senkrechte, vadose Schächte mit maximal 21 m Tiefe. Vorwiegend sind NNE-streichende Störungen aufgeschlossen, die aber nur zum Teil raumbestimmend sind.

Doline 5 (RW 693320 / HW 285570)

Eine der größten Dolinen der Schneealpe ist trichterförmig und an eine NE-SW-Störung gebunden. Der Durchmesser der Doline beträgt 200 m und die Tiefe an die 50 m.

Östliches Schneealpenplateau (6)

Lomsteinhöhle (/62, L 75 m, H 25 m, Sh 1716 m)

Störungsgebundene, vermutlich phreatische Höhle mit eigenartigen horizontalen Auskolkungen (Abb. 9). Sowohl N-S- als auch E-W-streichende Harnischflächen treten auf und prägen die Ausdehnung. Die N-S-Richtung dominiert und bildet eine lithologische Grenze zwischen Wettersteindolomit im Osten und Grafensteigkalk im Westen.

Aufgrund des nach SE einfallenden Hanges ist daher unterhalb des Höhleneinganges der Kalk und oberhalb

die Störungszone und der Übergang in den Dolomit aufgeschlossen.

Die folgenden Dolinen liegen am Kontakt von Wettersteinkalk und -dolomit.

Doline 6 (RW 697860 / HW 286 060)

Die ovale Doline hat einen Durchmesser von 50 m und eine Tiefe von 10 m. Sie weist eine NE-SW-Elongation auf.

Doline 7 (RW 697970 / HW 286350)

Ovale Doline, die NE-SW streicht und einen maximalen Durchmesser von 40 m und eine Tiefe von 6 m aufweist.

Doline 8 (RW 697860 / HW 286290)

Die Doline ist perfekt trichterförmig und hat 50 m Durchmesser und 20 m Tiefe. Aufgeschlossen sind Kataklastite und NW-SE-streichende Flächen.

Doline 9 (RW 698040 / HW 286 020)

Eine Reihe von kleineren Dolinen geringer Tiefe, die ENE-WSW verlaufen. Eine markante Störung ist nicht zu erkennen. In den Dolinen befinden sich Reste von



Abb. 9: Markante Harnischflächen dominieren den Eingangsbereich der Lomsteinhöhle. Blick nach S.
Fig. 9: The entrance of the Lomsteinhöhle is dominated by prominent fault planes. View to the S.

ERGEBNISSE

Störungsflächen in den Höhlen

Die semiquantitative Auswertung (5-m-Werte) der in sechs Teilgebieten gemessenen Störungsflächen ist in Abb. 10a dargestellt. Oft treten steil nach E(SE) oder W(SW) einfallende, sowie nach N(N)E streichende Flächen auf. Nach S(SW) einfallende Flächen sind fast ausschließlich in der Griesgrabenhöhle dominant. Speziell im Bereich der Rauhen Wand und der Mitterbergwand finden sich flach nach W bis SW einfallende Störungen.

Die relativ wenigen Flächen mit Linear und Schersinn sind zur besseren Übersicht separat in Abb. 10b dargestellt. Die Diagramme zeigen schrägabschiebenden Charakter für einige der nach SW einfallenden Flächen (Rauhe Wand und Mitterbergwand). Die NNE-streichenden Flächen der Rötelwand sind dextrale und die NW-streichenden sinistrale Seitenverschie-

Dropfsteinen, die darauf schließen lassen, dass es sich teilweise um erodierte Höhlenreste handelt.

Höhle am Kapellner Böndl (/22, L 145 m, H 40 m, Sh 1656 m)

NE–SW-erstreckende, phreatisch entstandene Höhle mit unterschiedlich einfallenden Harnischflächen. Eine störungsgebundene Entstehung ist daher nicht eindeutig. Die Höhle ist im Wettersteinkalk nahe der Grenze zum Hallstätterkalk angelegt. Etliche benachbarte Höhlen (Kluft am Kapellner Böndl I – VII; /23, /65, /68, /69, /155, /186 und /187) sind als Spalthöhlen anzusprechen.

Nördliche Windberghöhle (/64, L 97 m, H 18 m, Sh 1876 m)

Kleine Halle mit Schachtzustieg. Harnische im Eingangsbereich lassen vermuten, dass die Höhle an NNE-SSW-streichende Störungen gebunden ist. Im Höhlenplan sind auch E–W- sowie N–S-streichende Störungen zu erkennen. Die Höhle liegt nahe der Grenze von Waxeneck- und Hallstätterkalk, unterhalb ist Wettersteindolomit aufgeschlossen.

Windberghöhle (/3, L 175 m, H 85 m, Sh 1875 m)

Störungsgebundene vadose Schachthöhle, die im oberen Teil an N(N)E-streichende Störungen gebunden ist. Der fast 60 m tiefe Hauptschacht scheint laut Höhlenplan an NE-SW-streichenden Störungen entwickelt zu sein. Die lithologischen Verhältnisse entsprechen denen von 1851/64.

bungen. Die steil nach SSW einfallenden Flächen der Griesgrabenhöhle haben seiten- bis schrägaufschiebenden Charakter, wobei sowohl sinistrale als auch dextrale Schersinne dokumentiert wurden. Weiters finden sich hier S-gerichtete Abschiebungen. Die nach E bzw. W einfallenden Flächen am östlichen Plateau sind Abschiebungen und vermutlich Schrägabschiebungen.

Orientierung der Höhlenverläufe

Ergänzend zu den Messungen im Gelände wurden alle 226 Pläne des Höhlenkatasters auf bevorzugte Erstreckungsrichtungen in 45-Grad-Klassen ausgewertet.

Das Ergebnis lässt eine Mehrheit von NW–SE und untergeordnet NE-SW orientierten Gängen erkennen (Abb. 10c).

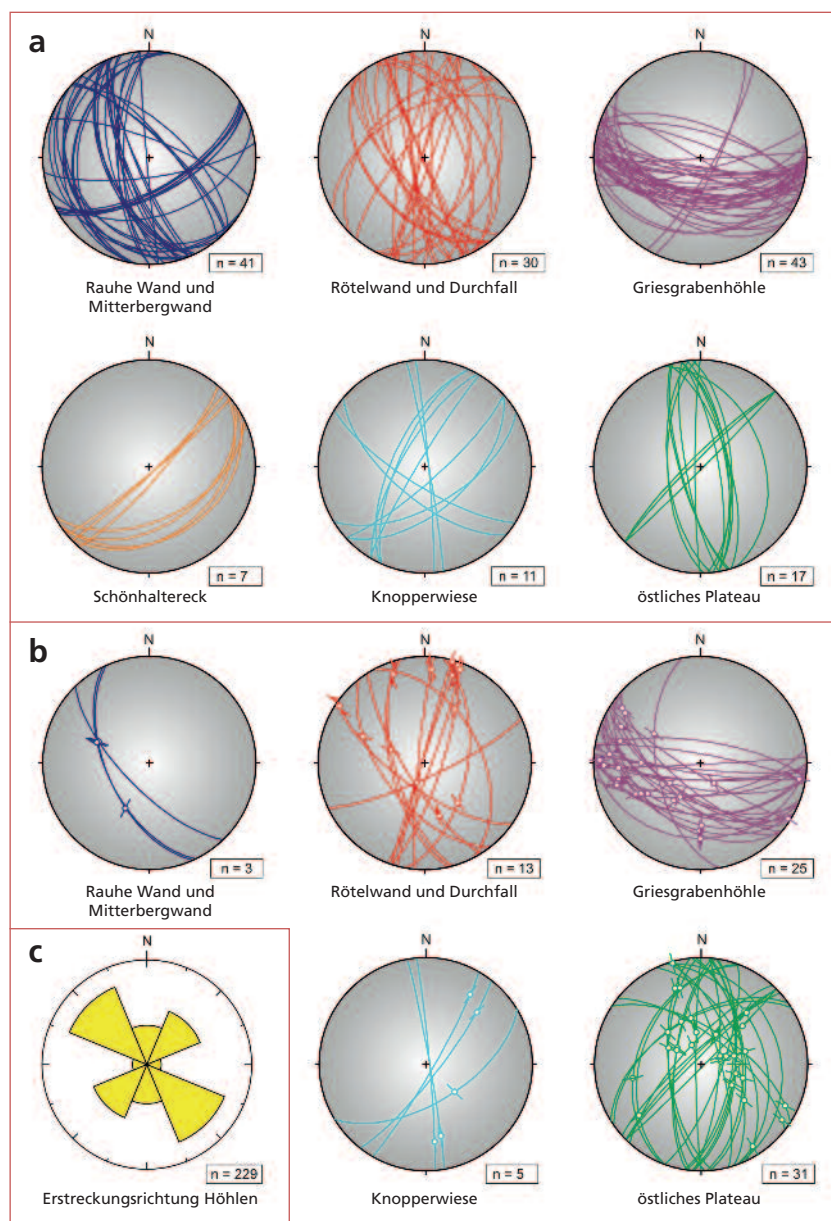


Abb. 10: (a) Darstellung der semiquantitativen Auswertung (5-m-Werte) der in den Höhlen gemessenen Störungsflächen. (b) Darstellung der in den Höhlen gemessenen Störungsflächen mit Linear und Schersinn (keine Daten für das Schönhaltereck). (c) Rosendiagramm mit den aus den Höhlenplänen ermittelten Streichrichtungen.

Fig. 10: (a) Semiquantitative evaluation (5-m-values) of the fault planes measured in the caves. (b) Fault planes with linears and shear sense (no data for Schönhaltereck). (c) Rose diagram displaying the directions of elongation determined from the cave maps.

Störungen und Klufflächen in den Dolinen

Die in den Dolinen gemessenen Flächen sind in Abb. 11a dargestellt. Vor allem im Bereich des Schönhalterecks handelt es sich allerdings um Klufflächen ohne erkennbare Bewegung. Allgemein dominieren N(N)E-streichende, untergeordnet auch N(N)W-streichende Flächen. Am östlichen Plateau finden sich auch

nennenswerte mittelsteil nach N bzw. SSE einfallende Flächen.

Erstreckungsrichtungen der Dolinen

Die Auswertung der Elongationsrichtungen ergab eine eindeutige Tendenz in (N)NE-Richtung (Abb. 11b).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

Der Vergleich der aus den Höhlen gewonnenen, semi-quantitativ ausgewerteten Strukturdaten ergibt ein sehr heterogenes Bild mit regional großen Unterschie-

den in den dominanten Strukturen. Überregional bedeutende Störungssysteme wie die WSW-ENE-verlaufende SEMP bzw. Freiner Störung, die im

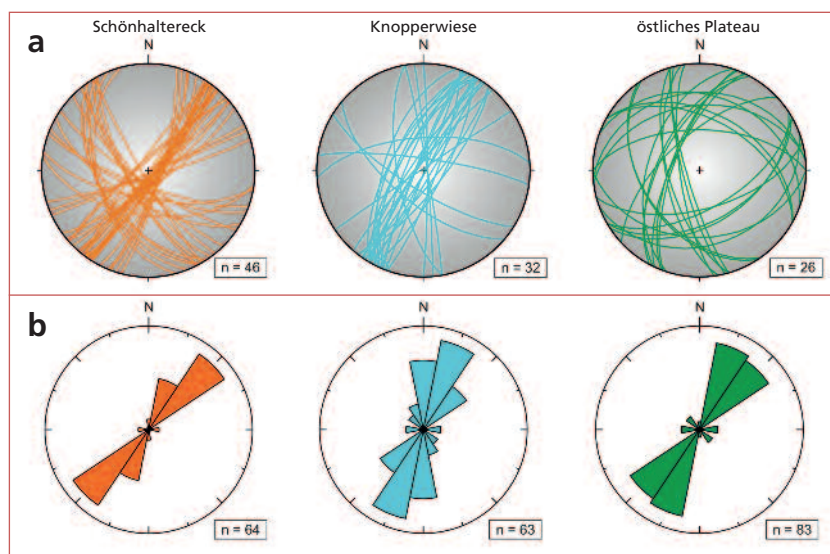


Abb. 11: (a) Störungsflächen in den Dolinen des Schneecalpe-plateaus. (b) Elongationsrichtungen der Dolinen aus der Auswertung der karstmorphologischen Karte.

Fig. 11: (a) Fault planes of the dolines of the Schneecalpe plateau. (b) Elongation directions of dolines determined from the karst morphological map.

Norden der Schneecalpe verläuft, sind in den Messwerten wider Erwarten kaum zu erkennen. Lediglich einige ENE-streichende Flächen aus dem Gebiet der Rauhen Wand und Mitterbergwand könnten zum System der Freiner Störung gehören (vgl. Schröckefuchs, 2010). Zu der im Süden gelegenen E–W-streichenden Dobrein-Störung (vgl. Hoprich, 2007) passende Flächen finden sich nur in der Griesgrabenhöhle. Sie bilden hier die mit Abstand speläogenetisch bedeutsamsten Strukturen. Auch E- bzw. W-gerichtete Abschiebungen, wie sie im Bereich der Wasseralmquelle und ihrer Umgebung dominant sind (Fallwinkel von rund 30°), konnten kaum gefunden werden. Lediglich am östlichen Plateau wurden ähnliche Strukturen gemessen, allerdings fallen sie hier mit rund 60° deutlich steiler ein (vgl. Decker & Plan, 2004).

Die qualitative Auswertung der Höhlenverläufe zeigt eine Dominanz von NW–SE-streichenden Richtungen. Diese finden sich jedoch nur untergeordnet im Streichen der in den Höhlen gemessenen Störungsflächen. Auch diese Richtung kann nicht mit den oben erwähnten überregional bedeutenden Störungselementen erklärt werden.

Im Gegensatz zu den Höhlen ergeben die aus den Dolinen gewonnenen Daten für die drei Untersuchungsgebiete ein relativ einheitliches Muster. Hier stimmen auch die Geländedaten gut mit den aus der karstmorphologischen Karte ermittelten Elongationsrichtungen überein. Die dominante (N)NE-Richtung passt zwar nicht direkt zu einem der überregionalen Störungssysteme, aber von der benachbarten Raxalpe sind NE–SW streichende Störungssysteme bekannt, die ebenfalls der Miozänen Extrusionstektonik zugeordnet werden. Eingehende

Untersuchungen, die diese auch für die Schneecalpe belegen, fehlen allerdings bisher.

Ein Vergleich der am Plateau aus Dolinen und Höhlen gewonnenen Daten zeigt eine mäßig gute Übereinstimmung der Störungsflächen. Die Auswertung der Streichrichtungen aus den Höhlenplänen bzw. der karstmorphologischen Karte bietet hingegen ein völlig konträres Bild. Der dominanten NW–SE-Orientierung der Höhlen steht eine bevorzugte (N)NE–(S)SW-Richtung der Dolinen gegenüber.

Die Unterschiede in der Richtung der bevorzugt verkarsteten Flächen zwischen Dolinen und Höhlen könnte zwei Ursachen haben. Einerseits kann man annehmen, dass im Epikarst, also der oberflächennahen Auflockerungszone andere Strukturen verkarsten als in tieferen Zonen des Karstes, wobei die Gesteinsüberdeckung einen Einfluss auf die Öffnungsweite der initialen Strukturen und somit auf die Permeabilität hat. Auch die Richtung des hydraulischen Gradienten könnte maßgeblich sein, da diese in der vadosen Zone bzw. im Epikarst keine Rolle spielt, sehr wohl aber in der phreatischen Zone, in der die meisten untersuchten Höhlen entstanden sind.

Auch die mechanischen Eigenschaften der unterschiedlichen Karbonate könnten ausschlaggebend sein. Für eine dahingehende Auswertung ist aber der Datensatz zu klein.

Die Strukturdaten der Schneecalpe stehen in starkem Kontrast zum unweit westlich gelegenen Hochschwabmassiv. Dort sind Strukturelemente, die dem SEMP-Störungssystem zuzurechnen sind, die bei weitem bedeutendsten, sowohl was die Genese der Dolinen (Plan & Decker, 2006) als auch der Höhlen (unpublizierte Daten, L. Plan) angeht.

DANK

Wir danken den Wiener Wasserwerken für die finanzielle und logistische Unterstützung, insbesondere Dr. Gerhard Kuschnig, Hans Holzer und Albert Würgenschimmel. Weiters danken wir DI Reiner Gosch von den Bundesforsten sowie Maria und Franz Leistentritt vom Schneealpenhaus, wo wir während unserer Geländetätigkeit übernachtet haben.

Dem Landesverein für Höhlenkunde sei für die zur Verfügungstellung der Höhlendaten aus dem Höhlenkataster und für den Verleih von Befahrungsmaterial gedankt.

Hans-Gert Linzer und Wilhelm Hartmann sei für wertvolle Hinweise und Korrekturen im Rahmen der Begutachtung gedankt.

LITERATUR

- Bauer, F. (1969): Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. – *Steirische Beiträge zur Hydrogeologie*, 21: 193–214.
- Bryda, G., Heinz-Arward, M. & Rank, D. (1997): Abflussdynamik im Schneealpenmassiv. – Report R-143, Umweltbundesamt, Wien.
- Decker, K. & Plan, L. (2004): Tektonische und karstkundliche Aufnahmen in der Quellfassungsanlage der Wasseralmquelle (1. Wiener Hochquellwasserleitung) – Unveröff. Bericht an die MA31 Wasserwerke, Univ. Wien.
- Decker, K. & Reiter, F. (2001): Strukturgeologische Methoden zur Charakterisierung von Karstwasserwegen im Hochschwabmassiv. – In: Mandl, G.W., (Ed.): *Geologische Bundesanstalt Arbeitstagung 2001*: 206–212.
- Decker, K. (Ed.; 2007): *Tektonisch/strukturgeologische Detailkartierungen in der Umgebung der Sieben Quellen, Schneealpengebiet – 1. Hochquellwasserleitung*. – Unveröff. Bericht an die MA31 Wasserwerke, Univ. Wien.
- Fink, M., Hartmann, H. & Hartmann, W. (1979): *Die Höhlen Niederösterreichs – Band 1*. – Landesverein für Höhlenkunde, Wien.
- Gattinger, T. (1973): *Geologie und Baugeschichte des Schneealpenstollens der I Wiener Hochquellenleitung (Steiermark – Niederösterreich)*. – *Abh. Geol. B.-A.*, 30.
- Hartmann, H. & Hartmann, W. (1990): *Die Höhlen Niederösterreichs – Band 4*. – Landesverein für Höhlenkunde, Wien.
- Hartmann, H. & Hartmann, W. (2000): *Die Höhlen Niederösterreichs – Band 5*. – Landesverein für Höhlenkunde, Wien.
- Hoprich, M. (2007): *Tektonische Aufnahmen und isotopehydrologische Untersuchungen im Gebiet um Siebenquellen und Tirolbach (Steiermark)* – Unveröff. Bachelorarbeit, Univ. Wien.
- Linzer, H.-G., Ratschbacher, L. & Frisch, W. (1991): Strike-slip faulting in orogen parallel motion: II. Displacement transfer and accommodation at different structural levels in the late stage history of the Alps. – *GSA Annual Meeting 24, GSA Abstracts with Programs, San Diego, CA*, A197.
- Lein, R. (1981): *Deckschollen von Hallstätter Bundkalcken in der Salzbergfazies in den Müritzalpen südlich von Mariazell (Steiermark)*. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 27: 207–235.
- Palmer, A.N. (2007): *Cave Geology*. – *Cave Books*, Dayton.
- Plan, L. & Decker, K. (2006): *Quantitative karst morphology of the Hochschwab plateau, Eastern Alps, Austria*. – *Z. Geomorph. N.F., Suppl.* 147: 29–54.
- Plan, L. (2007): *Karst morphological research on the plateaus of Hochschwab, Zeller Staritzen, Schneealpe, and Gahns*. – Unveröff. Bericht (inkl. -karstmorphologischer Karte) an die Wiener Wasserwerke.
- Ratschbacher, L., Frisch, W., Linzer, H.G. & Merle, O. (1991): *Lateral extrusion in the Eastern Alps. Part 2: structural analysis*. – *Tectonics*, 10: 257–271.
- Schnabel, W. (2002): *Geologische Karte von Niederösterreich, 1:200.000*. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Schröckenfuchs, T. (2010): *Die Kinematik der Freiner Störung, Eine sprödetektonische Kartierung*. – Unveröff. Bachelorarbeit, Univ. Wien.
- Tollmann, A. (1976a): *Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der nördlichen Kalkalpen*. – Band 2, Wien (Deuticke).
- Tollmann, A. (1976b): *Der Bau der nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik*. – *Monographie der nördlichen Kalkalpen, Band 3* – Wien (Deuticke).
- Tollmann, A. (1985): *Geologie von Österreich, Band 2*. – Wien (Deuticke).
- Wieselthaler, F. (2006): *Abflusskomponentenanalyse bei einer Karstquelle auf der Basis von Ereignisuntersuchungen (Wasseralmquelle, Schneealpe)*. – Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien.
- ZAMG (2012): *Klimadaten*. – www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm; abgerufen 04/2012.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: [063](#)

Autor(en)/Author(s): Bauer Harald, Hatzenbichler Georg, Plan Lukas, Decker Kurt

Artikel/Article: [Strukturgeologie der Karstformen auf der Schneealpe \(Stmk.\) 18-31](#)