

Taleintiefungsraten in den östlichsten Ostalpen: Ergebnisse aus der Hermannshöhle (Kirchberg/Wechsel)

ANDREA SCHOBER¹, LUKAS PLAN², DENIS SCHOLZ³,
CHRISTOPH SPÖTL⁴, PAVEL BOSÁK⁵ & PETR PRUNER⁵

- ¹ Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien, Österreich. andrea.schober@geologie.ac.at
² Naturhistorisches Museum Wien, Museumsplatz 1/10, 1010 Wien, Österreich. lukas.plan@nhm-wien.at
³ Johannes Gutenberg-Universität Mainz, J.-J.-Becher-Weg 21, 55128 Mainz, Germany. scholzd@uni-mainz.de
⁴ Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck, Austria. christoph.spoetl@uibk.ac.at
⁵ Institute of Geology of the Academy of Sciences of the Czech Republic, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Czech Republic. bosak@gli.cas.cz; pruner@gli.cas.cz

Die Hermannshöhle (Höhlenkatasternummer: 2871/7) im Eulenberg ist eine Schauhöhle in der Nähe von Kirchberg am Wechsel in Niederösterreich (ÖK50 Blatt 105 Neunkirchen). Sie ist die mit Abstand längste Höhle in Karbonatgesteinen des Unterostalpins (PFARR et al., 2014) und bildet gemeinsam mit drei weiteren Höhlen das genetisch zusammenhängende Hermannshöhlensystem (HHS; HARTMANN et al., 1997). Dieses ist mit knapp 5 km bekannter Ganglänge sehr kleinräumig auf nur 200 x 200 x 82 m entwickelt und bildet so ein in alle drei Raumrichtungen extrem verzweigtes Labyrinth. Das HHS ist ein schönes Beispiel für ein Kontaktkarstsystem, das in schwach metamorphen, mitteltriassischen Kalkmarmoren an der Grenze zu nicht-verkarstungsfähigen Schiefen und Gneisen ausgebildet ist (Abb. 1). Es fällt besonders durch seinen Reichtum an chemischen und klastischen Sedimenten auf.

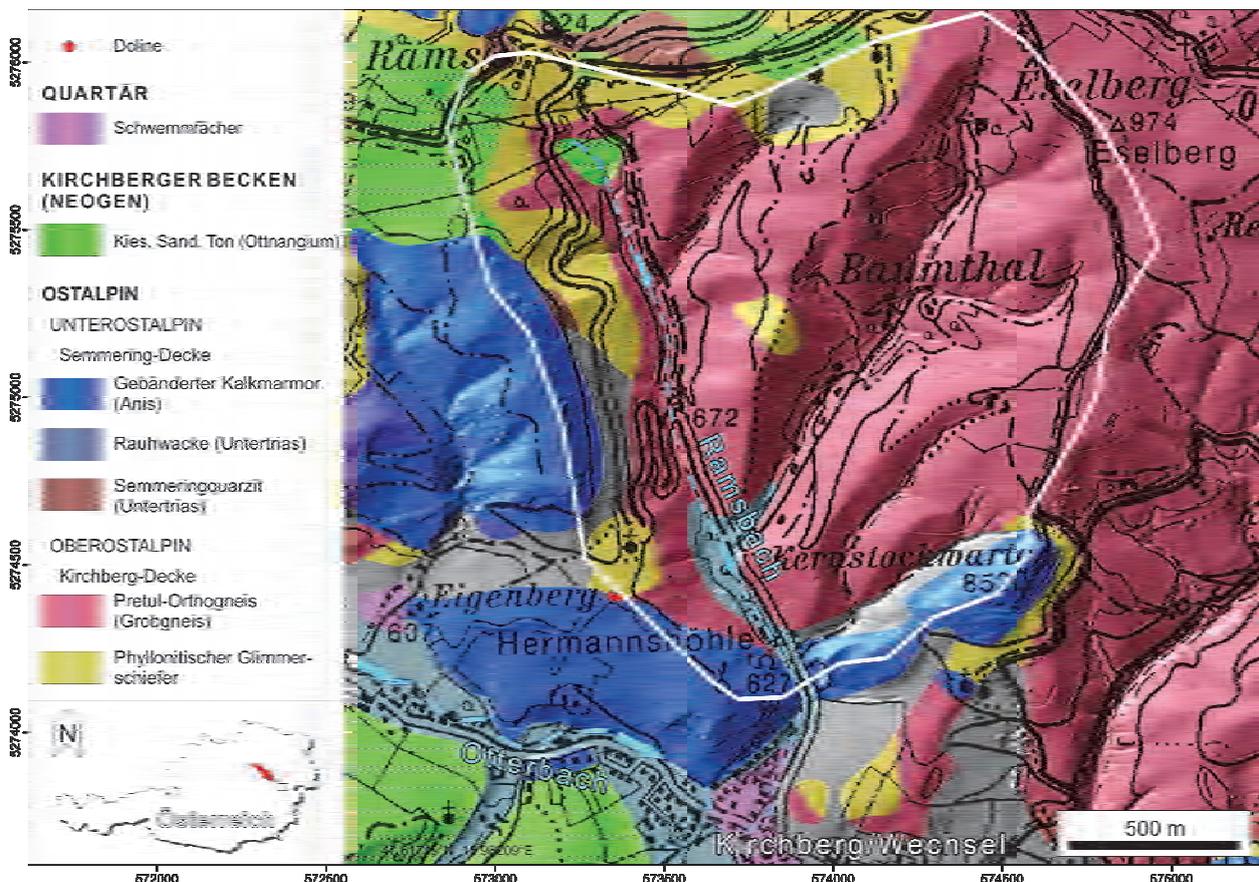


Abb. 1: Geologische Detailansicht des Untersuchungsgebietes (Koordinatensystem: UTM 33N). Das weiße Polygon markiert das heutige Einzugsgebiet des Ramsbaches oberhalb des HHS. Geologie verändert nach HERRMANN et al. (1992) unter Verwendung des Laserscans des NÖ Atlas (LAND NIEDERÖSTERREICH, 2013).

Das vorherrschende morphologische Merkmal in einer Vielzahl unterschiedlicher Formen und Ausprägungen ist die sogenannte Paragenese. Dieser Prozess führt aufgrund des großen Angebots feinklastischer, nicht löslicher Sedimente während der phreatischen Speläogenese nur zu einer Erweiterung der Gangprofile nach oben. Dadurch herrschen hohe, oft mäandrierende Canyons vor.

Der Fokus der jüngsten Studien lag auf den zahlreichen und vielfältigen Speläothemen des HHS und den Prozessen, die zu seiner komplexen labyrinthischen Anordnung führten (SCHÖBER et al., 2014; PLAN et al., eingereicht). Die Ergebnisse legen nahe, dass die labyrinthische Anlage der Höhle insbesondere auf die intensive Sedimentverfüllung zurückzuführen ist. Infolge pulsartigen Eintrags klastischer Sedimente kam es wiederholt zur Verlegung bevorzugter Fließwege. Kurze Distanzen innerhalb des Höhlensystems und hohe Durchflussmengen entlang vieler verschiedener Wege führten zur gleichmäßigen Erweiterung konkurrierender Gänge. Reste früherer Sedimentverfüllungen konnten in nahezu allen Teilen des Höhlensystems nachgewiesen und ihre Ablagerungsbedingungen nachvollzogen werden. Die Präsenz des rezenten residualen Sediments verstärkt letztendlich ebenfalls den labyrinthischen Charakter.

Der Eulenberg liegt, geografisch gesehen, in den östlichsten Ausläufern der Ostalpen. Diese Gebiete wiesen während aller pleistozänen Kaltzeiten nur lokal begrenzte Vergletscherungen auf. Das Kichberger Tal war aber sehr wahrscheinlich während des gesamten Pleistozäns eisfrei. In dieser Region existieren nur wenige Daten zu junger tektonischer Hebung oder dem korrespondierenden Reliefausgleich durch Erosion (z.B. WAGNER et al., 2010). Die im HHS gewonnenen Daten sind daher auch überregional als ungefähre Referenzwerte bedeutsam.

27 Speläotheme des HHS wurden mit der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode datiert, zusätzlich wurde ein 5 m hohes Sedimentprofil mittels Paläomagnetik untersucht. Anhand dieser Altersdaten konnte die Evolution des HHS sowie seines Einzugsgebietes nachvollzogen werden (PLAN et al., eingereicht).

Die Ergebnisse der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierung sind in Abbildung 2 dargestellt. Sie zeigen ein breites Spektrum von etwa 1 ka bis zu Sintern mit Altern von rund 540 ka. Es fällt auf, dass alte Alter durchwegs in hohen Höhlenteilen gefunden wurden, während die jungen Proben eher aus tiefegelegenen Höhlenteilen stammen.

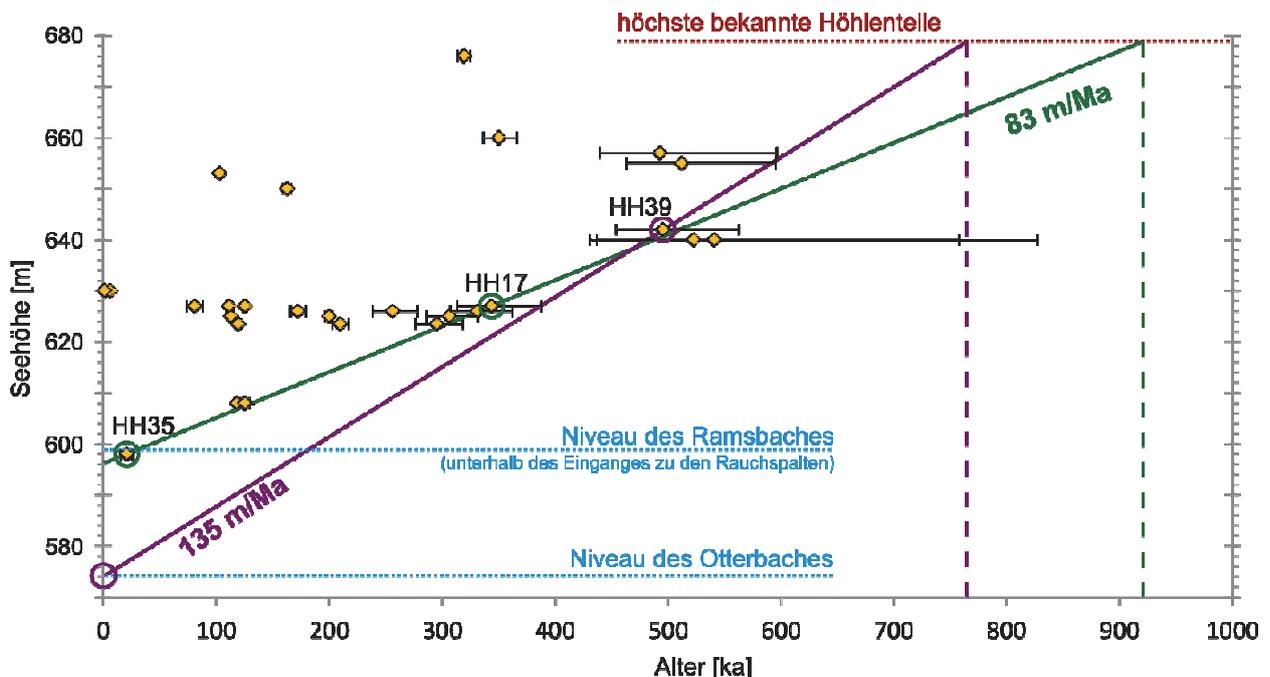


Abb. 2: $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter von Speläothemen und deren Höhenlage im HHS. Die Fehlerbalken entsprechen dem analytischen 2σ -Fehler. Die grüne und violette Linie zeigen die aus den Altersdaten abgeleiteten Taleintiefungsraten.

Das mittels Paläomagnetik untersuchte Sedimentprofil liegt auf einem mittleren Höhlenniveau und zeigt normale Polarisation mit zwei kurzen Intervallen reverser Polarisation (Abb. 3A, B). Die Ergebnisse lassen auf eine Ablagerung innerhalb des Brunhes Chron (< 780 ka) schließen, wobei die magnetischen Pol-Umkehrungen mit den Exkursionen Jamaica-Pringle-Falls (205–215 ka) und/oder Calabrian Ridge 1 (315–325 ka; LANGEREIS et al., 1997) korreliert werden können. Diese Daten werden durch das Alter eines Stalagmiten am oberen Ende des Sedimentprofils unterstützt, der auf $162,8 \pm 3,9$ ka datiert werden konnte.

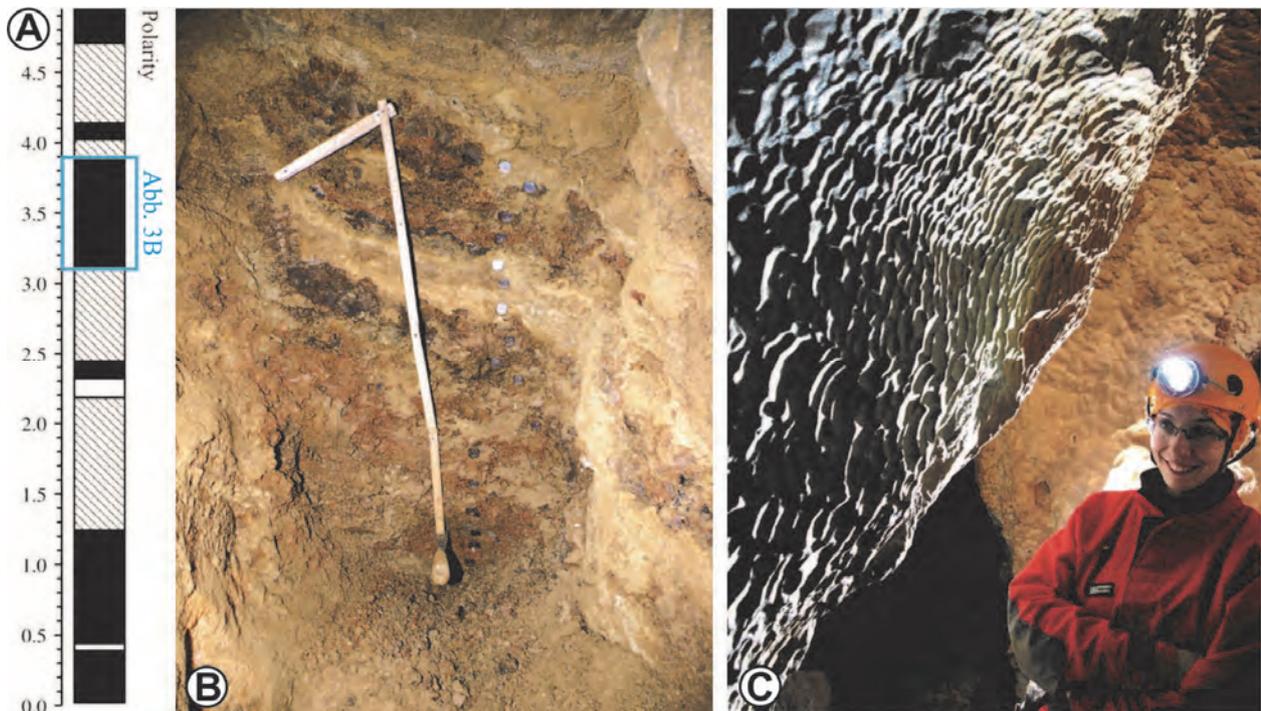


Abb. 3: **A)** Paläomagnetische Polarität der untersuchten Sedimente: weiß – revers; schwarz – normal; schattiert – nicht beprobt. Die links stehenden Zahlen bezeichnen die Profilhöhe in Meter. Der blaue Rahmen zeigt den in Abbildung 3B dargestellten Profilabschnitt. **B)** Unterer Teil des mittels Paläomagnetik analysierten Sedimentprofils. Der Maßstab zeigt eine Höhe von 80 cm. **C)** Fließfacetten im Hermannshöhlensystem. Anhand dieser Höhlenformen konnten die Fließrichtung und -geschwindigkeit bestimmt werden.

Obwohl Teile des Höhlensystems rezent auf oder sogar unter dem Niveau des unmittelbar unterhalb des HHS vorbeifließenden Ramsbaches liegen, fielen diese bereits vor 125 ka zum ersten Mal trocken. Des Weiteren zeigt sich eindrucksvoll, dass bereits auf mittlerem Höhlenniveau 540 ka alte Speläotheme existieren. Das bedeutet, dass dieses Systemniveau mindestens 0,5 Ma alt ist; höhere Bereiche sind vermutlich deutlich älter.

Aufgrund des Oberflächenabtrags von etlichen 10er-Metern seit der Entstehung der Höhlen ist eine Korrelation zwischen dem HHS und heutigen Oberflächenformen nicht möglich. Fließfacetten zeigen eine westwärts gerichtete Paläo-Entwässerung des Karstsystems mit Fließgeschwindigkeiten von bis zu 1,5 m/s (Abb. 3C). Die Paläoentwässerung des HHS verlief also entgegen der Richtung des heutigen Vorfluters, des Otterbaches. Dies deutet auf eine größere Umstrukturierung des lokalen hydrologischen Systems seit der Bildung des HHS hin. Das Fehlen deutlich korrodierter Sinter im HHS lässt darauf schließen, dass die Speläotheme des HHS nach ihrer Ablagerung nicht durch eine spätere Flutung des Systems beeinflusst wurden. Es wurde auch sonst kein Hinweis auf einen späteren Wiederanstieg des Karstwasserspiegels, der Einfluss auf die Höhlenmorphologie hätte, gefunden. Dies deutet auf eine einzelne, lange andauernde Phase der Höhlengenesse unter phreatischen Bedingungen und das langsame Absinken des Grundwasserspiegels hin. Phasen vadoser Speläogenese konnten nicht nachgewiesen werden, und es wurden keine Hinweise für eine hypogene Speläogenese gefunden. Diese Ergebnisse lassen gemeinsam mit jenen der Paläomagnetik-Analyse auf mehrere Phasen von Sedimentverfüllung und -erosion schließen.

Niedrige Kohlenstoffisotopenverhältnisse ($\delta^{13}\text{C}$) der meisten Speläothemproben deuten auf die Existenz von Böden im Einzugsgebiet oberhalb des HHS zur Zeit ihrer Bildung hin. Die Sauerstoffisotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O}$) sind weitgehend vergleichbar mit jenen rezenter Sinter; einige jedoch zeigen sehr niedrige Werte, was auf eine Bildung während kalter Klimaperioden hindeutet.

Die Ergebnisse der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersdatierung (Abb. 2) erlauben eine Abschätzung der durchschnittlichen Eintiefungsrate des Otterbaches, da die Speläotheme unter vadosen (also nicht wassererfüllten) Bedingungen entstanden. Unter der Annahme einer linearen Beziehung zwischen den ältesten Altern jeder beprobten Höhenlage kann so die Tieferlegung des Karstwasserspiegels abgeschätzt werden. Die Probe HH17 ist 350 ka älter als die Probe HH35 und wurde 29 m höher gefunden. Das ergibt eine lineare Eintiefung von 83 m/Ma (Abb. 2). Fünf weitere Proben innerhalb dieser Zeitspanne plotten ebenfalls (innerhalb ihrer analytischen Fehler) auf oder knapp neben dieser Linie; daher erscheint diese Rate durchaus plausibel. Alternativ kann die lineare Eintiefung zwischen der ältesten Probe mit relativ geringem analytischen Fehler (HH39, 642 m) und dem heutigen Niveau des Otterbaches (575 m) zur Berechnung herangezogen werden. Dies ergibt eine maximale durchschnittliche Eintiefungsrate von 135 m/Ma (Abb. 2).

Beide Raten passen gut mit denen anderer Gebiete zusammen, die ebenfalls während der pleistozänen Vergletscherungen eisfrei waren. WAGNER et al. (2010) konnten anhand kosmogener Radionuklid-Datierungen (Burial Ages) siliziklastischer Sedimente in Karsthöhlen im Murtal nördlich von Graz erstmals Taleintiefungsraten am Ostrand der Ostalpen ableiten. Dabei wurde eine durchschnittliche Rate von 100 m/Ma während der letzten 4 bis 5 Ma festgestellt, wobei sich die anfänglich schnellere Eintiefung von rund 250 m/Ma seit ca. 2,5 Ma auf etwa 40 m/Ma verlangsamt. Im Gegensatz dazu stehen Eintiefungsraten aus den letzten 0,8 Ma aus im Würm-Hochglazial vergletscherten Höhlen der Zentralschweiz, die um das Zehnfache höher sind (HÄUSELMANN et al., 2007).

Die Extrapolation der Eintiefungsraten des Otterbaches in die Vergangenheit erlaubt außerdem eine Abschätzung darüber, wann die Tieferlegung des Karstwasserspiegels die höchsten Teile des HHS (Taubenloch, 679 m) trocken fallen ließ. Je nach Rate liegt das Mindestalter hierfür bei 0,76 bis 0,92 Ma (Abb. 2).

Diese Arbeit wurde durch die Institutsfinanzierung des GLI CAS (No. RV06798531) unterstützt.

Literatur

- HARTMANN, H., HARTMANN, W. & MRKOS, H. (Hrsg.) (1997): Die Hermannshöhle in Niederösterreich: eine Monographie der Hermannshöhle in der Marktgemeinde Kirchberg am Wechsel/NÖ. (Kat.-Nr.2871/7). – Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift "Die Höhle", **50**, 264 S., Wien.
- HÄUSELMANN, P., GRANGER, D.E., JEANNIN, P.-Y. & LAURITZEN, S.-E. (2007): Abrupt glacial valley incision at 0.8 Ma dated from cave deposits in Switzerland. – *Geology*, **35**, 143–146, Washington D.C.
- HERRMANN, P., MANDL, G.W., MATURA, A., NEUBAUER, F., RIEDMÜLLER, G. & TOLLMANN, A. (1992): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 105 Neunkirchen. – Geol. B.-A., Wien.
- LAND NIEDERÖSTERREICH (2013): NÖ Atlas – <http://atlas.noel.gv.at>.
- LANGEREIS, C.G., DEKKERS, M.J., LANGE, G.J. DE, PATERNE, M. & VAN SANTVOORT, P.J.M. (1997): Magnetostratigraphy and astronomical calibration of the last 1.1 Myr from an eastern Mediterranean piston core and dating of short events in the Brunhes. – *Geophysical Journal International*, **129**, 75–94, Oxford.
- PFARR, T., SEEBACHER, R. & PLAN, L. (2014): Die längsten und tiefsten Höhlen Österreichs. – *Die Höhle*, **65**, 146–150, Wien.
- PLAN, L., SCHÖBER, A., SCHOLZ, D., SPÖTL, C., BOSÁK, P. & PRUNER, P. (eingereicht): Speleogenesis of the Hermannshöhle cave system (Austria): Constraints from $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -dating and palaeomagnetic analysis. – *International Journal of Speleology*, Bologna.
- SCHÖBER, A., PLAN, L., SCHOLZ, D. (2014): Genese der Hermannshöhle (Kirchberg/Wechsel, NÖ). – *Die Höhle*, **65**, 25–46, Wien.
- WAGNER, T., FABEL, D., FIEBIG, M., HÄUSELMANN, P., SAHY, D., XU, S. & STÜWE, K. (2010): Young uplift in the non-glaciated parts of the Eastern Alps. – *Earth and Planetary Science Letters*, **295**, 159–169, Amsterdam.