

Steigelfadbalm, eine fossilführende Bärenhöhle in der Nagelfluh der Rigi bei Luzern (Zentralschweiz)

ZUSAMMENFASSUNG

Die in den Sammlungen der Kantonsarchäologie Luzern aufbewahrten Reste fossiler Wirbeltiere aus der Steigelfadbalm, einer Halbhöhle bei Vitznau am Vierwaldstätter See, wurden am Institut für Paläontologie der Universität Wien einer wissenschaftlichen Bearbeitung unterzogen. Die Fossilien kamen bei Grabungen zu Tage, die schon in der Zeit zwischen 1913 bis 1937 stattgefunden haben, aber noch nie einer wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen worden waren. Alle fossilen Zähne und Knochen gehören zu der Höhlenbärenart *Ursus ingressus* Rabeder et al. 2004. Alle anderen Tierreste stammen von Haus- und Wildtieren des Holozäns. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen war auch eine kritische Beurteilung der als „spitzenartige Knochenwerkzeuge“ bezeichneten Knochenstücke, darunter ein Fragment eines menschlichen Brustbeins. Diskutiert wird auch die eigentümliche „Aussterbekurve“ der alpinen Höhlenbären, welche die niedrigsten Radiokarbonaten pro Höhenstufe verbindet und in die der Wert aus der Steigelfadbalm gut hineinpasst. Den Verlauf der Aussterbekurve versucht eine Hypothese zu erklären, welche die nach der Höhenlage unterschiedlichen Nahrungsquellen mit klimatischen Veränderungen in Beziehung bringt. Die Verbreitung von *Ursus ingressus* in den Alpen wird auf einer Kartenskizze erläutert, die Steigelfadbalm ist der westlichste Fundpunkt dieser Art.

LAGE UND GEOLOGIE DER HÖHLE

Die Steigelfadbalm ist eine Halbhöhle an der steilen Südwestflanke der Rigi, oberhalb des Vierwaldstättersees in der Zentralschweiz, Gemeinde Vitznau, Kanton Luzern (Abb. 1–3).

Der Berg weist eine maximale Höhe von 1797 m auf und markiert den Übergang zwischen den Alpen und

ABSTRACT

Steigelfadbalm, a fossiliferous bear cave in conglomerates of Rigi near Lucerne (central Switzerland)

The fossil vertebrate remains from Steigelfadbalm cave near Vitznau at Lake Lucerne that are stored in the Cantonal Archaeological Survey of Lucerne, were subject to a scientific analysis at the Institute for Palaeontology, University of Vienna. The vertebrate remains were recovered during excavations that took place in the years between 1913 and 1937, but had not been analysed scientifically so far. All fossil bones and teeth belong to the cave bear species *Ursus ingressus* Rabeder et al. 2004. All other remains originate from Holocene wild and domestic animals. One focus of the investigation was the critical evaluation of the „pointed bone fragments“, including a human sternum, that were interpreted by the excavator as Palaeolithic tools. The data of Steigelfadbalm fit the „extinction line“ of Alpine cave bears, which links the youngest radiocarbon date of each altitude. The shape of this curve can be explained by the hypothesis that relates the altitude-dependent varying food sources to climate change. The distribution of *Ursus ingressus* in the Alps is explained by a sketch map, whereby Steigelfadbalm is the westernmost site of this species.

Gernot Rabeder Christine Frischauf

Institut für Paläontologie, Universität Wien,
Althanstr. 14, 1090 Wien
gernot.rabeder@univie.ac.at
christine.frischauf@univie.ac.at

Ebbe Nielsen

Kantonsarchäologie Luzern, Libellenrain 15,
6002 Luzern, Schweiz
ebbe.nielsen@lu.ch

Eingelangt: 15.3.2017

Angenommen: 23.5.2017



Abb. 1: Lageskizze der Steigelfadbalm (960 m) im Kanton Luzern (Schweiz).

Fig. 1: Geographic position of Steigelfadbalm cave (Canton of Lucerne, Switzerland).

Mergelschichten erkennbar. Die Rigi-Höhlen sind durch Auswitterung eben dieser Schichten entstanden. Die Steigelfadbalm liegt auf rund 960 m, sie ist heute etwa 20 m tief und ebenso breit (Abb. 4 und 5). Während des letzteiszeitlichen Maximums um etwa

22.000 Jahren vor heute ist der Reuss-Gletscher weit ins Schweizer Mittelland vorgedrungen. Der Rigi-Gipfel blieb zwar eisfrei und stand als so genannter Nunatak inmitten von Gletschereis. Moränen lassen aber erkennen, dass das Eis eine Höhe von etwa 1300 m erreicht haben muss. Die Steigelfadbalm wurde somit vom Gletscher überfahren und größtenteils wegerodiert. Sie war also ursprünglich viel tiefer als heute, eingehender lässt sich aber die eiszeitliche Topographie nicht mehr rekonstruieren. Dass in der Höhle noch Sedimente erhalten sind, verdanken wir vermutlich der Tatsache, dass der Höhleneingang sich parallel zur Fließrichtung des Gletschers öffnete. Eine unmittelbar benachbarte andere Höhle liegt etwas schräger dazu und weist heute keine Sedimente auf. Gletscherschrammen am Höhlendach verraten, dass das Eis tief in diese Höhle eingedrungen war.

Name der Höhle

Als *Steigelfad* werden steile Wildheuweisen bezeichnet, die oberhalb der hohen Nagelfluhwände bei Vitznau liegen (Abb. 2) und nur auf einem Pfad (*Steigel*) erreichbar sind (Bickel et al., 2017). Die *Steigelfadbalm* wurde offensichtlich nach den etwa 100 m höher liegenden Wiesen benannt. Der Ausdruck *balm* (französisch *balme*, *bâme* oder *baume*) ist eine alte (keltische?) Bezeichnung für Höhle und Halbhöhle.

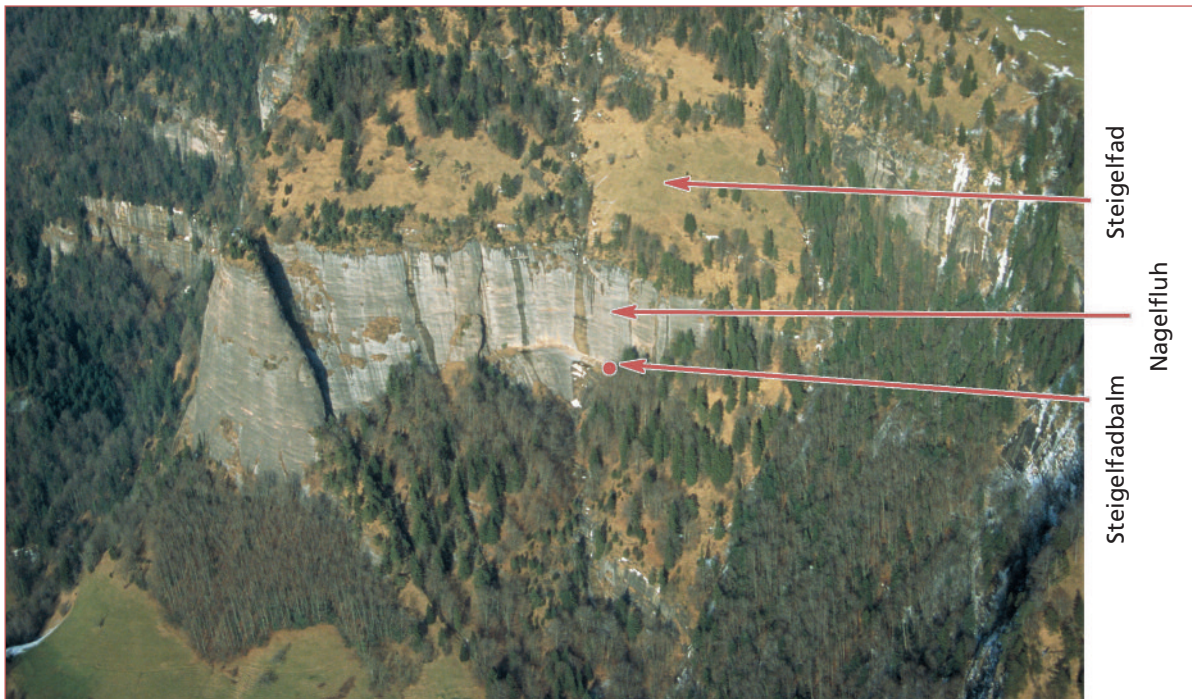


Abb. 2: Lage der Steigelfadbalm (960 m, roter Punkt) an der Basis einer Nagelfluh-Wand in der Westflanke der Rigi (1798 m).

Fig. 2: Position of Steigelfadbalm cave (960 m, red point) at the base of a rock wall formed by Miocene Nagelfluh conglomerate, western flank of Rigi (1798 m).

Foto: Kantonsarchäologie Luzern



Abb. 3: Eingang der Steigelfadbalm. Die Höhle ist eine typische Schichtfugenhöhle und ist durch die Erosion einer Mergelschicht entstanden.

Fig. 3: Entrance of Steigelfadbalm. This cave formed along the bedding plane by preferential erosion of a marl bed.

FORSCHUNGSGESCHICHTE

Die Grabungen von Wilhelm Amrein (1913–1937)

Bei seinen Untersuchungen der Höhle hat Wilhelm Amrein (Direktor des Gletschergartens Luzern von 1913 bis 1937) mit einigen wenigen Gehilfen die harten Sedimentschichten mit beeindruckender Ausdauer freigelegt (Amrein, 1939). Die Grabungen wurden gemäß dem damaligen Standard dokumentiert, in der Zwischenzeit gingen viele Dokumente und Pläne leider verloren. Erhalten geblieben sind lediglich einige wenige Glasplattenfotos und Pläne, abgesehen von den erfreulicherweise recht ausführlichen Tagebüchern. Etliche nachweislich während der Grabungen angefertigte Pläne und Profilzeichnungen sind heute nicht mehr auffindbar, was in Anbetracht der Bedeutung der Fundstelle außerordentlich bedauerlich ist. Amreins Ergebnisse waren bislang wenig bekannt. Auch die Fundmaterialien wurden nach Amreins Tod lange nicht geschätzt. Bis diese vor einigen Jahren von der Kantonsarchäologie Luzern dankbar übernommen werden konnten, waren sie mehrmals zwischen verschiedenen Institutionen hin- und hergeschoben worden. Fachschriften, die nach Amreins Publikation erschienen sind, erwähnen seine Ergebnisse fast nie, was eigentlich unverständlich ist. Eine Erklärung könnte darin bestehen, dass Amrein viele gesplitterte Knochen und natürlich geschliffene Steine fälschli-

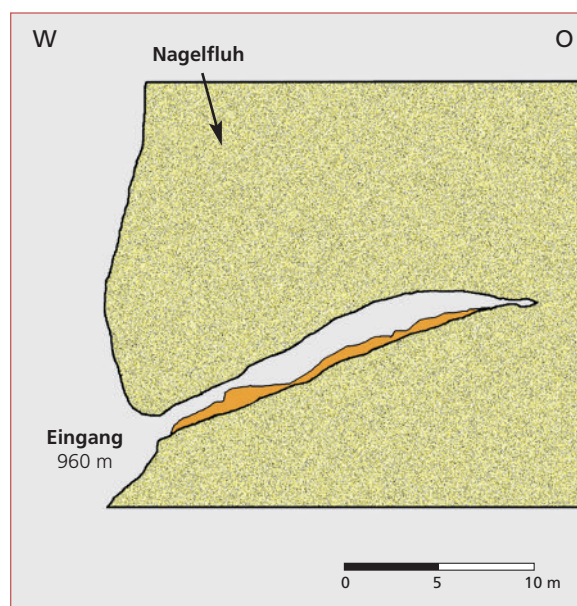


Abb. 4: Schematischer West-Ost-Längsschnitt der Steigelfadbalm (nach Amrein, 1939).

Fig. 4: Schematic longitudinal W-E section of Steigelfadbalm (according to Amrein, 1939).

cherweise als Artefakte interpretiert hat und seine Arbeitsweise daher zu Unrecht als wenig seriös betrachtet wurde.

Die zahlreichen Knochen, die auch kleinste Fragmente umfassen, machen aber deutlich, dass die Grabungen

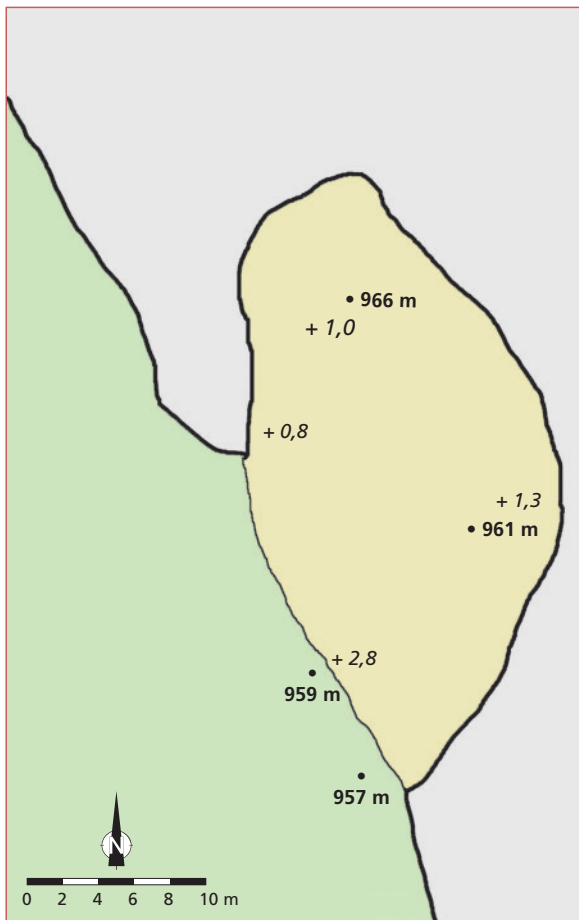


Abb. 5: Grundriss der Steigelfadbalm (nach Amrein, 1939, verändert).
Fig. 5: Plan view of Steigelfadbalm (modified after Amrein, 1939).

vergleichsweise sorgfältig durchgeführt wurden. Insgesamt stellte Amrein in der Höhle fünf Bodenschichten fest. Es handelt sich vorwiegend um windabgelagerten Sand und Silt (Löss), aber auch um eher lehmiges Material. Regelrechte Zwischenschichten aus Gämsenmist belegen, dass die Höhle zwischendurch häufig von Wildtieren als Schutzdach benutzt wurde. Gelegentlich können auch heute noch Überreste von natürlich verendeten Gämsen im Höhleninnern gefunden werden.

Im frühen 20. Jahrhundert war die Archäologie der Gebirgshöhlen ein großes Thema, und sowohl in Höhlen des Westschweizer Jura wie auch in Höhlen der Ostschweizer Alpen wurden hochinteressante Ergebnisse erzielt (Le Tensorer, 1998). Amrein wurde von diesen Forschungen inspiriert und wollte entsprechende Funde womöglich auch in Höhlen der Zentralschweiz nachweisen. Die erwarteten altsteinzeitlichen Funde kamen tatsächlich in den beiden unteren Schichten der Steigelfadbalm-Höhle zum

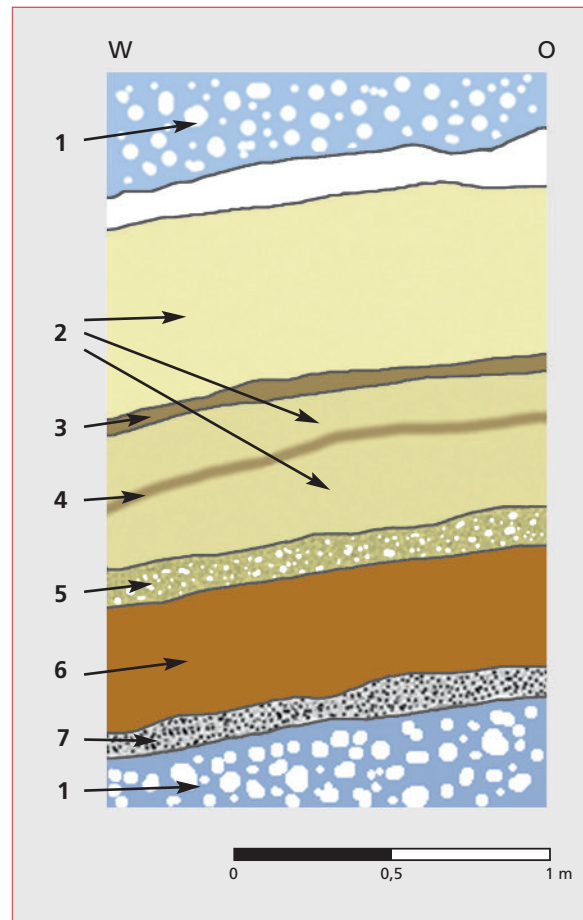


Abb. 6: Schematisches Sedimentprofil der Steigelfadbalm (n. Amrein, 1939, verändert).
Signaturen: 1 Nagelfluh (Gompholith, miozänes Konglomerat): Höhlendecke und Höhlensohle, 2 Löss, 3 Exkremente von Gämsen, 4 dunkelbraune erdige Schicht, 5 Sand mit Geröll, 6 „Höhlenbärenschicht“, 7 steinige Schicht.

Fig. 6: Schematic section of sediments in Steigelfadbalm (modified after Amrein, 1939).
Legend: 1 Nagelfluh (gompholite, Miocene conglomerate): covered ceiling and cave bottom, 2 loess, 3 excrements of chamois, 4 dark brown earthy layer, 5 sand with gravel, 6 „cave bear layer“, 7 stone layer.

Vorschein, jedoch nicht so zahlreich wie erhofft und vorwiegend in Form von Tierknochen. Die schätzungsweise etwa 3000 Knochen und Knochenfragmente machen die Höhle dennoch zu einer bedeutenden Fundstelle, insbesondere für die Belange der Klimaforschung.

Profil der Höhlensedimente

Von Wilhelm Amrein stammt auch ein schematisches West-Ost-Profil durch die Höhlensedimente (Abb. 6): Höhlendecke und Höhlensohle werden von der miozänen Nagelfluh (1) gebildet. Das hangende Schichtpaket besteht aus Löss (2), der durch zwei

dunkle Bänder gegliedert ist. Die obere dieser geringmächtigen Schichten (3) war durch Anhäufung von Gams-Exkrementen (*Rupicapra rupicapra*) gekennzeichnet, während die zweite (4), noch dünnere Schicht nur als „dunkle, erdige Schicht“ bezeichnet wird. Das ganze Lösspaket mitsamt dem organischen Material hat eine Mächtigkeit von 1,2 m und wurde wahrscheinlich hauptsächlich oder ganz im Holozän in die Höhle verfrachtet. Die Fauna dieses Schichtpakets besteht aus Wild- und Haustierarten, die alle dem Holozän zuzuordnen sind. Spätglaziale Faunenelemente fehlen in der Faunenliste (zu erwarten wären hochalpine Elemente wie Murmeltier und Schneehuhn

ARCHÄOLOGISCHE FUNDE

Einige wenige Steinartefakte aus der „Höhlenbärenschicht“ können eindeutig als paläolithische Artefakte bestimmt werden. Wichtigstes Stück ist eine kleine, aus Bergkristall gefertigte Spitze (Nielsen et al., in Vorbereitung). Die dreieckige Spitze weist auf beiden Seiten eine recht grobe Bearbeitung auf. Vergleichbare Spitzen sind charakteristisch für die mittelpaläolithische Moustérien-Kultur zwischen rund 300.000 bis etwa 35.000 Jahren vor heute. Ebenfalls aus Bergkristall ist ein kleines meißelähnliches Gerät, ein so genanntes „ausgesplittertes Stück“. Bergkristall kommt lokal nicht vor und muss von den steinzeitlichen Bewohnern in die Höhle gebracht worden sein – zum Beispiel aus den Urner Alpen, wo die nächstgelegenen Bergkristallaufschlüsse liegen. Die Kristallspitze wird vom Ausgräber explizit erwähnt und ihre Schichtzugehörigkeit mit Angabe der Fundtiefe bestätigt.

Drei weitere Artefakte sind aus Radiolarit gefertigt, der relativ häufig in der lokalen Nagelfluh als Geröll vorkommt. Es handelt sich um zwei ganz einfache Geräte, Abschlüge mit eher zufälligen Retuschen sowie um ein kleines Kernstück.

Wie die hiermit nachgewiesene Anwesenheit von Neandertalern genauer zu deuten ist, bleibt wegen der Zerstörung eines Großteils der Höhle durch den Gletscher offen. Vermutlich haben die frühen Menschen nur während kurzer Phasen in der schneefreien Jahreszeit ihr Lager hier eingerichtet. Der Ausgräber berichtet ausführlich über Feuerstellen im Bereich des Höhlenbodens. Diese Auslegung lässt sich anhand der überlieferten Dokumentation jedoch nicht bestätigen und muss als äußerst fraglich eingestuft werden. Wichtig bleibt indessen, dass die Anwesenheit der Moustérien-Kultur erstmalig in der Zentralschweiz nachgewiesen worden ist.

oder boreale Arten wie Lemming, Eisfuchs, Ren u.a.). Es folgt eine dünne Schicht (5) aus Sand und Geröllen, darunter liegt die Fossil führende Schicht (6), aus der fast alle fossilen Reste stammen und die daher von den Ausgräbern „Höhlenbärenschicht“ genannt wurde (Amrein, 1939). Eine „steinige Schicht“ (7) bildet die Basis des Sedimentpakets.

Stratigraphische Zuordnungen wie Fundtiefe und Fundquadrant sind nur ausnahmsweise überliefert. Es wurde aber angemerkt (Amrein, 1939), dass die Sedimente der Steigelfadbalm durch Fuchsbauten durchsetzt sind, welche die Schichtzugehörigkeit gestört haben.

Nach der Eiszeit

Die oberste Schicht beinhaltet eine große Klinge aus Silex, die als Messer verwendet wurde. Das Artefakt kann nur generell in das Neolithikum (5500–2200 v. Chr.) datiert werden. Aus der späten Bronzezeit, um rund 1000 v. Chr., liegt eine Pfeilspitze aus Bronze vor. Wir können somit annehmen, dass die Höhle Jägern oder Hirten auch während der jüngeren Urgeschichte zwischendurch kurzfristig als Schutz gedient haben muss (Nielsen, 2007).

Eine Gewehrkugel aus Blei belegt außerdem, dass die Höhle auch in der Neuzeit während der Jagd benutzt worden ist. Die mittleren Schichten haben keine Funde geliefert.

Wilhelm Amrein

Der Ausgräber Wilhelm Amrein (1872–1946) war eine beeindruckende Persönlichkeit. Als Sohn des Gründerpaares des Luzerner Gletschergartens wurde er früh für naturhistorische und archäologische Themen sensibilisiert. Nach der Matura absolvierte er eine Bankausbildung, durchlief die Offiziersschule und arbeitete anschließend bei der Eidgenössischen Zollverwaltung. 1907 übernahm er die Leitung des Gletschergartens und führte in den folgenden Jahren zahlreiche Grabungen rund um den Vierwaldstättersee durch. Begleitet wurden seine Untersuchungen von verschiedenen Fachleuten, darunter vom berühmten Geologen Albert Heim. Amrein war Mitglied in verschiedenen Forschungsgesellschaften und wurde zum Ehrendoktor an der Universität Basel ernannt. Über seine archäologischen Forschungen veröffentlichte er 1939 das noch heute bemerkenswerte Buch „Urgeschichte des Vierwaldstättersees und der Innerschweiz“.

WIRBELTIERRESTE AUS DER STEIGELFADBALM

Das aus der Steigelfadbalm geborgene Material von Knochen- und Gebissresten lässt sich nach dem Erhaltungszustand mühelos in zwei Gruppen trennen: eine große Anzahl von ganzen und zerbrochenen Knochen stammt von Haus- und Wildtieren der geologischen Gegenwart (Holozän). Diese Reste stammen vorwiegend aus den oberen Schichten, zum Teil kommen sie aber auch in den unteren Schichten zusammen mit eindeutig fossilem Material vor, was durch die zahlreichen Fuchsbauten zu erklären ist, die Amrein erwähnt. Die fossilen Reste sind an der braunen Farbe, dem relativen hohen Gewicht und an der Knochenstruktur zu erkennen und gut von den holozänen Wirbeltierresten zu unterscheiden.

Holozäne Wild- und Haustiere

Wildtiere

Aves indet.	nicht näher bestimmte Rest von Vögeln
<i>Capra ibex</i>	Steinbock
Carnivora indet.	nicht näher bestimmte Rest von Raubtieren
<i>Cervus elaphus</i>	Rothirsch
Chiroptera indet.	nicht näher bestimmte Reste von Fledermäusen
<i>Lepus sp.</i>	Hase
<i>Meles meles</i>	Dachs
<i>Mustela putorius sp.</i>	Illtis
Rodentia indet.	nicht näher bestimmte Reste von Nagetieren
<i>Rupicapra rupicapra</i>	Gams
<i>Sciurus vulgaris</i>	Eichhörnchen
<i>Turdus sp.</i>	Drossel
<i>Vulpes vulpes</i>	Rotfuchs

Haustiere

Artiodactyla indet.	nicht näher bestimmte Reste von Paarhufern
<i>Bos primigenius f. taurus</i>	Hausrind
<i>Capra aegagrus f. hircus</i>	Hausziege
<i>Felis silvestris f. catus</i>	Hauskatze
<i>Gallus gallus f. domestica</i>	Haushuhn
<i>Sus scrofa f. domestica</i>	Hausschwein

Fossile Bären

Schon zur Zeit der Ausgrabungen war erkannt worden, dass die Mehrzahl der Knochen und Zähne von Höhlenbären stammen. Alle Funde wurden der damals einzigen bekannten Höhlenbärenart *Ursus spelaeus* Rosenmüller, 1794 zugeordnet.

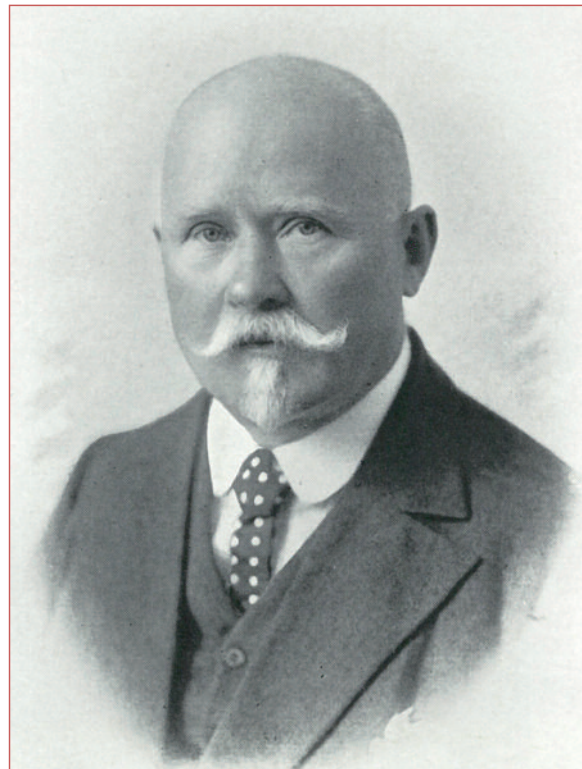


Abb. 7: Dr. h.c. Wilhelm Amrein.
Fig. 7: Portrait of Wilhelm Amrein.

Quelle: Archiv der Kantonsarchäologie Luzern

Die in den Sammlungen der Kantonsarchäologie Luzern aufbewahrten Reste fossiler Wirbeltiere aus der Steigelfadbalm wurden am Institut für Paläontologie der Universität Wien einer wissenschaftlichen Bearbeitung unterzogen. Die Wirbeltierreste kamen bei Grabungen zu Tage, die schon in der Zeit zwischen 1913 bis 1937 stattgefunden haben, aber noch nie einer wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen worden waren.

Alle bestimmbar fossilen Wirbeltierreste aus der Steigelfadbalm sind Höhlenbärenreste.

Auf Grund der Dimensionen aber auch der Morphologie der Backenzähne, besonders der Prämolaren (p4 inf) und der letzten Oberkiefermolaren (M2 sup) ergibt sich die Zuordnung zur Art *Ursus ingressus* Rabeder et al. 2004 (Frischauf et al., im Druck). Das überlieferte Fossilmaterial ist in Relation der gegrabenen Fläche bescheiden. Die Mindestindividuenzahl (MNI) beträgt nach dem häufigsten Element (m1 inf) nur 34.

„Knochenartefakte“

Zur Zeit der Forschungen in der Steigelfadbalm setzte sich durch die Grabungen, Vorträge und Publikationen von Emil Bächler die Meinung durch, dass der eiszeitliche Mensch Knochen und Zähne des Höhlenbären

in vielfacher Weise als Werkzeug benutzt habe. Gerundete und zugespitzte Knochenfragmente wurden als „Fellablöser, Glätter, Fellschaber“ etc. gedeutet (Bächler, 1940).

Die Deutung, dass diese Knochen- und Zahnfragmente künstlich verändert und als Werkzeuge verwendet wurden, wird heute sehr kritisch beurteilt. Auch an den Stücken aus der Steigelfadbalm sind keine Schnitt- oder Gebrauchsspuren zu erkennen. Die Bruchflächen und Bruchkanten sind nicht abgeschliffen oder poliert sondern entsprechen dem Bild von auf natürliche Art zerbrochenen Knochen.

Auffällig ist die relativ große Zahl von Bacula (Penisknochen) unter den „spitzenartigen Knochenwerkzeugen aus der Steigelfadbalm (Rigi)“ (Original-Beschriftung der Sammlungsstücke). Offensichtlich haben die glatte, wie poliert aussehende Oberfläche und der nach distal konische Verlauf der Umrisslinien dazu verführt, die Penisknochen als Werkzeuge des eiszeitlichen Menschen zu deuten (Frischauf et al., in Druck).

Fossile Lebensspuren

Material: Bissspuren an sechs Wirbeln, einem Oberarmknochen und einem Schädeldachfragment von *Ursus ingressus*.

Runde, konische Vertiefungen an Knochen können nur dann eindeutig als Bissspuren gedeutet werden, wenn zu den stark ausgeprägten Eindrücken auch – meist schwächere – Vertiefungen auf der gegenüberliegenden Knochenwand erkennbar sind. Dies ist an einem Femurfragment der Fall: Zum größeren Einbiss auf der Vorderseite gibt es einen kleineren, aber auch deutlichen Eindruck auf der hinteren Wand. Ein Schädeldachfragment, bestehend aus Teilen des Scheitelbeins (*Os parietale*) und des Hinterhauptknochens (*Os supraoccipitale*), zeigt mehrere tiefe Einbisse auf der Schädellinnenseite, aber nur schwache Gegenabdrücke auf der Dorsalseite.

Wilhelm Amrein hat sechs Wirbelstücke abgebildet (Abb. 8 in Amrein, 1939), die zahlreiche runde Vertiefungen zeigen, die als artifiziiell gedeutet wurden: „Die durchbohrten Wirbel des Höhlenbären...sind nicht als Produkte der Natur oder von Tieren, sondern als menschliche Arbeit und Intention zu werten“ (Amrein 1939: 49). Eine Begutachtung dieser Stücke hat ergeben, dass es zu den tiefen „Bohrlöchern“ entsprechende Gegenstücke auf der anderen Wirbelseite gibt, weshalb diese Vertiefungen als Bissspuren zu deuten sind. Meist werden derartige Bissspuren dem Wolf, *Canis lupus*, zugeschrieben. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass auch andere Raubtiere (z.B. Löwen) solche Spuren hinterlassen.



Abb. 8: Distales Sternum-Fragment von Homo.
Fig. 8: Distal fragment of a human sternum.

Durch Körperfossilien (Knochen, Zähne) ist die einstige Anwesenheit der Wölfe in der Steigelfadbalm nicht nachweisbar.

Menschliche Reste

Material: ein Brustbein-Fragment

Unter den „spitzenartigen Knochenwerkzeugen aus der Steigelfadbalm (Rigi)“ (Original-Beschriftung der Sammlungsstücke) fand sich auch ein Fragment eines menschlichen Brustbeins (Abb. 8). Es besteht aus den drei distalen verwachsenen Sternalien (Brustbeinsegmenten) und stimmt mit rezenten Vergleichsstücken sowohl metrisch als auch morphologisch überein. Im Erhaltungszustand gibt es jedoch große Unterschiede zu den eindeutig fossilen Knochen der Höhlenbären. Das menschliche Sternum-Fragment hat eine poröse Struktur und ist daher relativ leicht. Es ähnelt im Aussehen des Knochens eher den vielen Resten von Haus- und Wildtieren, die dem Holozän (geologische Gegenwart: jünger als 11.700 Jahre vor heute) zuzurechnen sind. Radiometrische Bestimmungen und eine DNA-Analyse könnten hier Klarheit schaffen, ob unter den Wirbeltierresten der Steigelfadbalm auch fossile Menschenreste vorkommen.

CHRONOLOGIE UND AUSSTERBEMUSTER

Es liegt eine AMS-Radiokarbondatierung eines Höhlenbärenknochens aus der Steigelfadbalm vor, die der Luzerner Gletschergarten im Auftrag gegeben hat (Tab. 1, Nielsen, 2013).

Das kalibrierte Radiokarbondatum von 31.177 Jahren vor heute (d.h. vor 1950) fügt sich zusammen mit der Seehöhe des Höhleneingangs von 960 m gut in das bisher erarbeitete Aussterbemuster (Fig. 9). Die geologisch jüngsten Höhlenbären daten sind für die einzelnen Höhenstufen verschieden. Es besteht jedoch keine geradlinige Relation zwischen den Radiokarbondaten und der Seehöhe der Höhleneingänge. Die „height dependent extinction line“ (HDEL, höhenabhängige Aussterbekurve) der Höhlenbären verbindet die von allen bisher ermittelten Radiokarbonalter jüngsten Alter pro Höhenstufe miteinander. Der Verlauf dieser Linie (Abb. 9) steht im Kontrast zu den bisherigen Vermutungen, dass das Aussterben der alpinen Höhlenbären durch den Temperaturrückgang ab 40.000 Jahren vor heute allein verursacht worden wäre. Nach dieser alten Modellvorstellung müsste sich die HDEL von etwa 45.000 cal BP in 2800 m Höhe allmählich auf

26.000 Jahre (=Aussterbedatum der Höhlenbären) abgesenkt haben, die geologisch jüngsten Höhlenbären daten würden wir bei den am tiefsten gelegenen Höhlen vermuten. Die heutige Datenlage spricht dagegen: die HDEL verläuft von den höchst gelegenen Höhlenbärenvorkommen auf 2800 m (Conturineshöhle) über die Schreiberwandhöhle (2250 m, 1543/27) zu den Höhlen um 2000 m (z.B. Ramesch-Knochenhöhle, 1636/8) und zu den Höhlen zwischen 1550 m bis 1700 m, welche die jüngsten Altersdaten lieferten.

Ab einer Seehöhe von 1300 m erhöhen sich die jüngsten Radiokarbondaten allmählich nach unten; das geologisch jüngste Höhlenbärenalter der am tiefsten gelegenen Höhle (Windener Bärenhöhle auf 190 m, 2911/1) liegt wahrscheinlich bei 35.000 cal BP. Das einzige Radiokarbondatum aus der Steigelfadbalm liegt auf der HDEL und unterstützt folgende Hypothese (Frischauf et al., in Druck): Das Verschwinden der Höhlenbären aus den Hochregionen wurde von der allmählichen Temperaturverringerung bestimmt, während das frühere Aussterben in den tieferen Lage durch eine allgemeine Versteppung zu erklä-

Tabelle 1: AMS-Radiokarbondatierung eines Höhlenbärenknochens aus der Steigelfadbalm.
Table 1: AMS radiocarbon dating of a cave bear bone from Steigelfadbalm.

Lab.nr.	Lokalität	Taxon	Material	¹⁴ C Alter BP	Fehler ±	¹⁴ C Alter cal BP	Fehler ±	δ ¹³ C ‰	Fehler ±
ETH 39620	Steigelfadbalm	<i>Ursus</i>	Knochen	26350	110	31177	342	-21,7	1,1

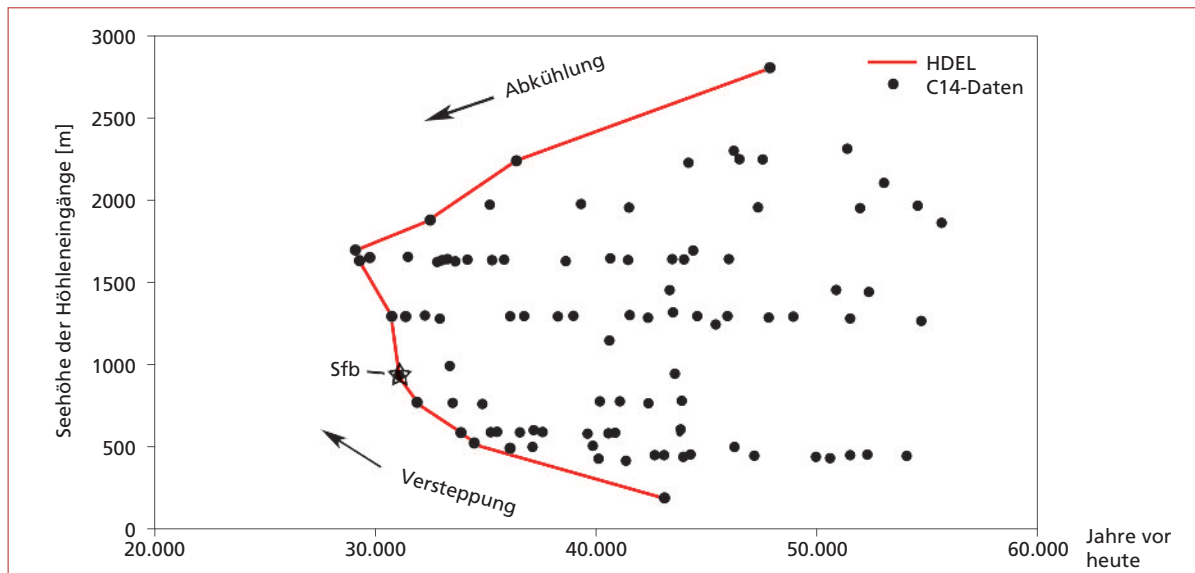


Abb. 9: Die niedrigsten Alterswerte der radiometrischen Datierungen von alpinen Höhlenbären in Relation zur Höhenlage der Höhleneingänge. HDEL = Height Dependent Extinction Line (höhenabhängige Aussterbekurve), Sfb = Steigelfadbalm. Daten: Argant & Argant (2004), Blant et al. (2009), Bocherens et al. (2011), Bolus & Conard (2006), Bona et al. (2004), Castel et al. (2008), Döppes et al. (2011, 2012, 2012, 2016), Döppes & Rabeder (1997), Frischauf (2011), Hille & Rabeder (1986), Pacher & Stuart (2008), Perego et al. (2001), Rabeder (1995), Spötl et al. (2014)
Fig. 9: The youngest radiometric datings of cave bears from the Alps in relation to altitude. HDEL = height dependent extinction line, Sfb = Steigelfadbalm.

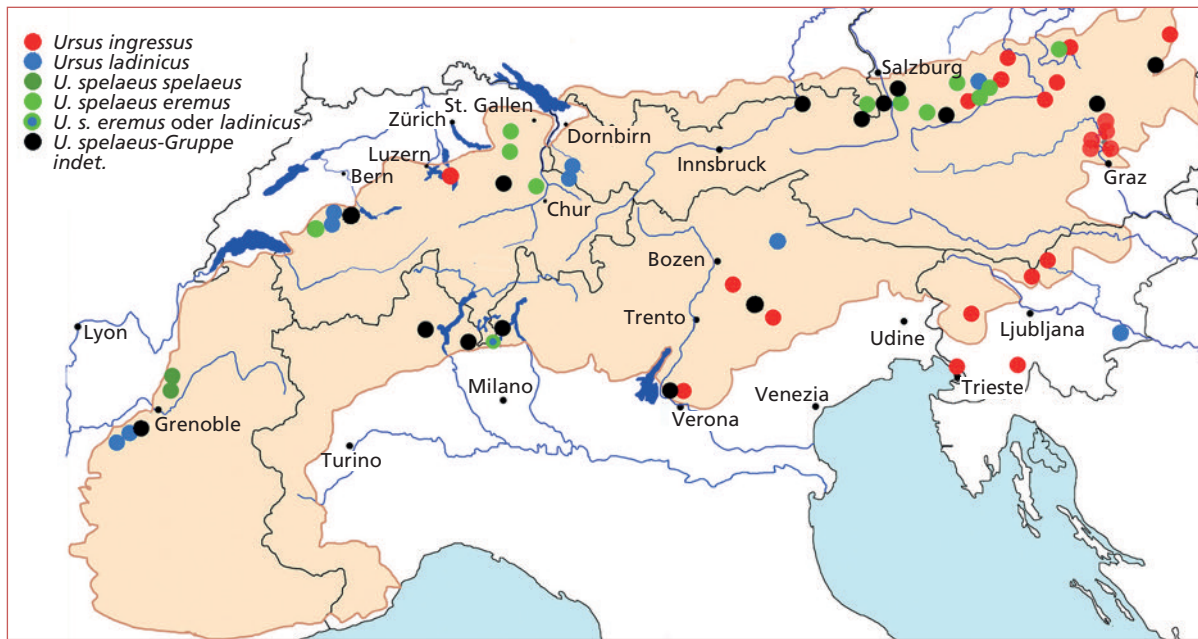


Abb. 10: Schematische Karte der Alpen (farbiger Bereich) mit der Lage der wichtigsten Bärenhöhlen.
Fig. 10: Schematic map of the Alps (coloured area) and the position of most important bear caves.

ren ist. Dem Prinzip, dass im Gebirge höhere Niederschlagsmengen niedergehen, ist zu verdanken, dass die Region zwischen 1500 m und 1700 m den Höhlenbären am längsten eine ausreichende Nahrung bieten konnte. Höhlenbären bevorzugten Futterpflanzen, die sehr niedrige $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aufweisen, wie sie im Schutz von Wäldern wachsen. Man kann daher vermuten, dass die Alpen am Ende der Höhlenbärenzeit nicht nur eine obere Waldgrenze besaßen (durch die niedrigen Hochgebirgstemperaturen bestimmt), sondern auch eine untere Baumgrenze, die durch Trockenheit kontrolliert wurde.

Ursus ingressus in den Alpen

Mit dem Vorkommen in der Steigelfadbalm hat sich das bekannte Verbreitungsareal des *Ursus ingressus*

weit nach Westen ausgedehnt (Abb.10). Der Schwerpunkt seines Vorkommens in den Alpen liegt im Osten und Südosten vor allem in der Steiermark: Drachenhöhle (Mixnitz, 2839/1), Große Peggauer-Wand-Höhle (2836/39), Große Badlhöhle (2836/17), Kugelsteinhöhlen (2784/2 und 3), Frauenhöhle (Semriach, 2832/15), Arzberghöhle (1741/4), Lieglloch (1622/1), Bärenhöhle im Hartelsgraben (1714/1); in Nieder- und Oberösterreich: Merkensteinhöhle (1911/32), Herdengelhöhle (1823/4), Nixloch (Ternberg-Losenstein, 1665/1), Gamssulzenhöhle (1637/3) und in Slowenien: Potocka zijalka, Mokriski jama, Divje babe, wahrscheinlich auch in den Dolomiten, Lessinien und der Lombardei (gesichert aus den Covoli di Velo, der Grotta San Donà bei Lamon, den Buse di Bernardo bei Tesero, vermutet auch in manchen Höhlen der Lombardei).

SCHLUSSFOLGERUNG

Alle fossilen Tierreste aus der Steigelfadbalm stammen von einem großen, plumpen Höhlenbären, der auf Grund der Größe und des hohen Evolutionsniveaus der Zähne der Art *Ursus ingressus* Rabeder et al. 2004 zuzuordnen ist. Damit ist die Steigelfadbalm die erste Fundstelle dieser Art in der Schweiz und das bisher westlichste Vorkommen. Nach heutiger Datenlage ist *Ursus ingressus* wahrscheinlich schon vor 50.000 Jahren aus dem Osten kommend in Mittel-

europa eingewandert und dann allmählich in den Alpenraum vorgedrungen. Das Verbreitungsmuster von *Ursus ingressus* in den Alpen unterstützt diese Ansicht. Die aus der Aussterbekurve entwickelte Hypothese erklärt den Verlauf dieser Kurve mit der allgemeiner Abkühlung in den höheren Lagen und mit zunehmender Versteppung in den tiefer gelegenen Berggebieten ab etwa 45.000 Jahren vor heute.

DANK

Herrn Andreas Burri, Direktor des Gletschergartens in Luzern, danken wir für die Finanzierung der Radiokarbon-Datierung. Vielen Dank auch für die kompetente Überprüfung unserer Texte sowie zahlreiche Anregungen durch Michel Blant, Werner Müller und

Christoph Spötl. Herrn Michel Blant (La Chaux-de-Fonds) wollen wir auch für die Mitteilung danken, dass die Höhlenbären des Bärenlochs bei Charmey (FR, Schweiz) dem Taxon *Ursus spelaeus eremus* angehört (s. Abb. 10).

LITERATUR

- Amrein, W. (1939): Urgeschichte des Vierwaldstättersees und der Innerschweiz. – Aarau (Kommissionsverlag Sauerländer).
- Argant, A. & Argant, J. (2004): Datation et environnement des ours de la Bâle à Collomb (Entremont-le-Vieux, Savoie, France). – Cahiers scientifiques, Muséum d'histoire naturelle de Lyon, 2: 189–197.
- Bächler, E. (1940): Das alpine Paläolithikum in der Schweiz im Wildkirchli, Drachenloch und Wildenmannisloch. Die ältesten menschlichen Niederlassungen aus der Altsteinzeit des Schweizerlandes. – Basel (Verlag Birkhäuser).
- Bickel, H., Graf, H. & Nyffenger, E. (2017, Hrsg.): Ortsnamen.ch. Das Portal der schweizerischen Ortsnamenforschung. – www.ortsnamen.ch, abgerufen am 1.5.2017.
- Blant, M., Bocherens, H., Bochud, M., Braillard, L., Constandache, M. & Jutzet, J.-M. (2010): Le gisement à faune Würmienne du Bärenloch (Préalpes fribourgeoises). – Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles, 99: 1–22.
- Bocherens, H., Stiller, M., Hobson, K.A., Pacher, M., Rabeder, G., Burns, J.A., Tütken, T. & Hofreiter, M. (2011): Niche partitioning between two sympatric genetically distinct cave bears (*Ursus spelaeus* and *Ursus ingressus*) and brown bear (*Ursus arctos*) from Austria: Isotopic evidence from fossil bones. – Quaternary International, 245: 238–248.
- Bolus M. & Conard, N.J. (2006): Zur Zeitstellung von Geschosspitzen aus organischen Materialien im späten Mittelpaläolithikum und Aurignacien. – Archäologisches Korrespondenzblatt, 36(1): 1–15.
- Bona, F. (2004): Preliminary analysis on *Ursus spelaeus* Rosenmüller et Heinroth, 1794 populations from „Caverna Generosa“ (Lombardy – Italy). – Cahiers scientifiques, Muséum d'histoire naturelle de Lyon, 2: 87–98.
- Castel, J.-C., Oppliger, J., Luret, M., Pacher, M., Wildberger, A., Jörin, U. & Bourret, F. (2010): Nouvelles données sur les populations d'*Ursus spelaeus* et d'*Ursus arctos* de la Geissbachhöhle (Ennanda, Glaris, Suisse). – Quaternaire, 4: 127–136.
- Döppes, D. & Rabeder, G. (1997, Hrsg.): Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs. Ein Katalog der wichtigsten Fossilfundstellen und ihrer Faunen. Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., 10: 1–411.
- Döppes, D., Rabeder, G. & Stiller, M. (2011): Was the Middle Würmian in the High Alps warmer than today? – Quaternary International, 245: 193–200.
- Döppes D., Pacher M., Frischauf C. & Rabeder, G. (2012): New scientific results from the Arzberg Cave near Wildalpen, Styria, Austria. – Braunschweiger Naturkundliche Schriften, 11: 41–48.
- Döppes, D., Pacher, M., Rabeder, G., Lindauer, S., Ronny, F., Kromer, B. & Rosendahl, W. (2016): Unexpected! New AMS datings from Austrian cave bear sites. – Cranium (Dutch Association for the Study of Pleistocene Mammals), 33: 26–30.
- Frischauf, C. (2011): Die Ochsenhalthöhle im Toten Gebirge (Steiermark). – Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien.
- Frischauf, C., Nielsen, E. & Rabeder, G. (in Druck): The cave bears (Ursidae, Mammalia) from Steigelfadbalm near Vitznau (Canton of Lucerne, Switzerland). – Acta Zoologica Cracoviensia.
- Hille, P. & Rabeder, G. (1986, Hrsg.): Die Ramesch-Knochenhöhle im Toten Gebirge. – Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., 6: 1–66.
- Le Tensorer, J.-M. (1998): Le Paléolithique en Suisse. – Grenoble (Collection L'Homme des origines 5, Série Préhistoire d'Europe, éditions Jérôme Millon).
- Nielsen, E. (2007): Erste Menschen an den Seen und Flüssen der Zentralschweiz. – In: Pius Stadelmann (Hrsg.): Vierwaldstättersee. Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Menschen. – Luzern (Rex Verlag): 56–65.
- Nielsen, E. (2013): Response of the Lateglacial fauna to climatic change. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 391: 99–110.
- Pacher, M. & Stuart, A.J. (2008): Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (*Ursus spelaeus*). – Boreas, 38: 189–206.
- Perego, R., Zanalda, E. & Tintori, A. (2001): *Ursus spelaeus* from Grotta Sopra Fontana Marella, Campo dei Fiori Massif (Varese, Italy): morphometry and paleoecology. – Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 107(3): 451–462.
- Rabeder, G. (1995, Hrsg.): Die Gamssulzenhöhle im Toten Gebirge. – Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., 9: 1–133.
- Rabeder, G. (1999): Die Evolution des Höhlenbärengebisses. – Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., 11: 1–102.
- Rabeder, G., Hofreiter, M., Nagel, D. & Withalm, G. (2004): New Taxa of Alpine Cave Bears (Ursidae, Carnivora). – Cahiers scientifiques, Muséum d'histoire naturelle de Lyon, 2: 49–67.
- Spötl, C., Reimer, P.J., Rabeder, G. & Scholz, D. (2014): Presence of cave bears in western Austria before the onset of the Last Glacial Maximum: new radiocarbon dates and palaeoclimatic considerations. – Journal of Quaternary Science, 29: 760–766.