

HÖHLEN UND IHRE SEDIMENTE - RELIKTE DER TERTIÄREN LANDSCHAFTSENTWICKLUNG DER SALZBURGER KALKALPEN

CAVES AND THEIR SEDIMENTS - RELICTS OF THE TERTIARY LANDSCAPE-FORMING IN THE SALZBURG CALCAREOUS ALPS

Ewald Langenscheidt⁽¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Schon seit dem vorletzten Jahrhundert ist die Landschaftsentwicklung der Salzburger Kalkalpen Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Durch die grundlegenden Arbeiten von Seefeldner (1926, 1933, 1934, mehrphasige Landschaftsentwicklung) und Lichtenecker (1926, 1938, einphasige Landschaftsentwicklung) wurden zwei gegensätzliche Theorien zur tertiären Landschaftsentwicklung begründet, die bis heute in der Literatur diskutiert werden. Durch die petrographische Untersuchung von Höhlensedimenten, deren Bildungen mit den landschaftsformenden Prozessen verknüpft sind, konnten Ergebnisse erzielt werden, die zwanglos mit der Theorie der mehrphasigen Landschaftsentwicklung in Einklang zu bringen sind. Dagegen konnten keinerlei Hinweise auf eine einphasige Landschaftsentwicklung gefunden werden.

ABSTRACT

Since the late 19th century, landscape-forming processes of the Salzburg Calcareous Alps have been investigated. Two theories have been established to interpret the main landscape forms: landscape forming in one step due to tectonical processes (Lichtenecker 1926, 1938) and on the other hand landscape forming in different steps, connected with the different uprising of the Alps (Seefeldner 1926, 1933, 1934). The petrographical analysis of cave sediments, which are caused by the forming processes, shows now that the landscape forming must be happened in different steps. On the other way, no results for a one step forming process have been detected.

I. EINLEITUNG

In den Salzburger Kalkalpen sind zahlreiche Höhlen erforscht und katastermäßig erfasst. Es handelt sich dabei um Raum- und Gangbeschreibungen sowie die dazugehörigen Höhlenpläne. Wenig Beachtung wird jedoch den Höhlensedimenten geschenkt, deren Petrographie und Genese eng mit der tertiären Landschaftsentwicklung verbunden ist.

Die Kataster bildeten die Grundlage für die Untersuchungen an Höhlen und Höhlensedimenten, die beispielhaft im Steinernen Meer und im Hagengebirge durchgeführt wurden. Für den Untersberg wurden von Knapczyk (1984) ähnliche Untersuchungen vorgenommen, sie decken sich im wesentlichen mit den hier im weiteren vorgestellten Ergebnissen.

II. DIE VERTEILUNG DER HÖHLEN IM STEINERNEN MEER UND HAGENGEBIRGE

Die Höhlen im Steinernen Meer und im Hagengebirge sind nicht zufällig verteilt. Bei der Analyse der Höhenlage der bekannten horizontalen Gangstrecken der beiden Gebirgsstöcke lassen sich deutliche Maxima erkennen (Quelle: Salzburger Höhlenbuch Bd. 2, 3). So liegen im Steinernen Meer ausgeprägte Maxima in ca. 2400, 2100, 1850 und 1600 müNN. Die Salzgrabenhöhle bildet ein zusätzliches Maximum in ca. 1000 müNN. Im Hagengebirge liegen Maxima in 2000, 1900, 1600 und 1500 müNN. Die Höhlen im Salzachtal erscheinen zwischen 600 und 800 müNN. Diese Höhlenniveaus, die auch an anderen Stellen in den Nördlichen Kalkalpen festzustellen sind, waren lange umstritten, gelten aber seit der Arbeit von Schauburger (1955) als gesichert. Von Zöttl (1974) und Bögli (1978) wurden sie weiter bekräftigt; FISCHER (1990) fasst dagegen unter dem obersten Niveau (Ruinenhöhlenniveau) die nächst tieferen Niveaus als Riesenhöhlenniveau zusammen, darunter grenzt er als jüngstes das Quellhöhlenniveau ab.

¹⁾Dipl.-Geol. Dr. rer. nat. Ewald Langenscheidt, Geo&Natur Umweltinformation, Aicha 1, D-94094 Rothalmünster, Germany (Tel. u. Fax: +49-8533 2897; e-mail: geonatur@aol.com)

Durch die verschiedenen Arbeiten von Bögli (zusammenfassend dargestellt in Bögli 1978) zur Karsthydrographie und Höhlenentstehung und -entwicklung wurden weitere Grundlagen geschaffen, die von großer Wichtigkeit für die Beurteilung der speläogenetischen Entwicklung eines Gebietes sind (Stichworte: Mischungskorrosion, karsthydrographische Zonierung, Gangentwicklung und Speläomorphologie). Diese Erkenntnisse wurden auf die Gegebenheiten im Steinernen Meer und im Hagengebirge übertragen. Dabei wurde nachgewiesen, dass sich in jeder Höhenlage und in jedem Höhlenniveau zumindest während der Jugendphase vieler Höhlen phreatische Bildungsbedingungen feststellen lassen. Vadose Verhältnisse wirkten überprägend auf die phreatisch geschaffenen Raumformen, daraus kann ein Tieferlegen der phreatischen Zone abgeleitet werden (genaue Angaben über Lokalitäten und ausführlichere Beschreibung bei Langenscheidt 1986). Ebenso ließ sich feststellen, dass, einhergehend mit der Höhenlage, deutliche Unterschiede in der speläomorphologischen Entwicklung der Raumformen auftreten. Demnach sind in dem Riesenhöhlenniveau im Sinne Fischer's deutlich unterscheidbare Höhlenniveaus zusammengefasst; das Quellschönlöhlenniveau ist darüber hinaus oftmals an einen lithologischen Wechsel (Grenzbereich karnisch-norischer Dolomit zu Dachsteinkalk, Hagengebirge, Tennengebirge) bzw. tektonische Vorzeichnungen (Salzgrabenhöhle, Steinernes Meer) gebunden.

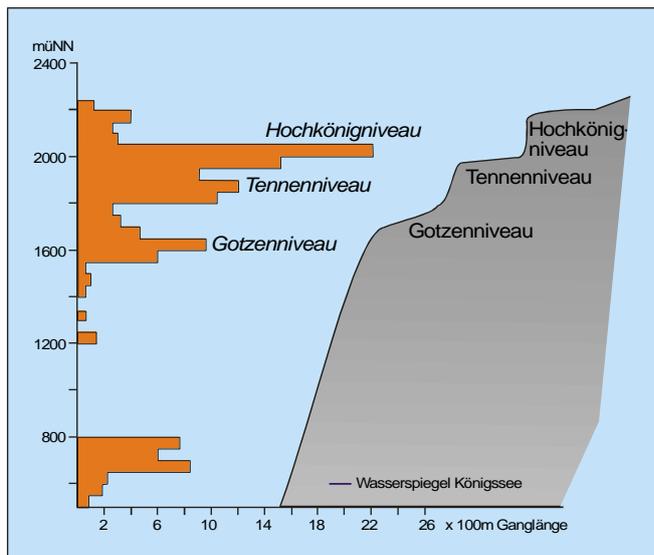


Abb. 1: Höhlenniveaus und Verebnungsflächen im Hagengebirge (o. Tantalhöhle)



Abb. 2: Achentäl, Salzgrabenhöhle: der Gang wird im Sinne eines Zubringers zur phreatischen Zone durchflossen.

III. DIE HÖHLESEDIMENTE

Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchungen waren klastische Höhlensedimente, sowohl Lockersedimente wie auch verfestigte Konglomerate. Beprobte Höhlen aus den o. a. Niveaus. Da die Korngrößenverteilungen der Lockersedimente meist nur die lokalen Strömungsverhältnisse in den Höhlen dokumentieren, wird hier auf ihre Darstellung und weiterführende Interpretation verzichtet. Dagegen ist das Komponenteninventar der Lockersedimente von Interesse. Bei quantitativen Auswertungen wurde unterschieden zwischen lokalen Dachsteinkalken, Quarzgeröllen, Sandsteinen und Sonstigen, die sowohl kalkalpine Gesteine wie auch kristalline Gesteine beinhalten. Für weiterführende Interpretation wurden die klastischen Lockersedimente auch mit aufgelösten, verfestigten Höhlensedimenten und mit Augensteinvorkommen verglichen. Dabei hat sich gezeigt, dass in den Grobfraktionen der Höhlensedimente Dachsteinkalk und Sandsteine dominieren, während bei den Augensteinen Quarze vorherrschen. Der Gehalt an sonstigen Komponenten läßt keine weiteren Interpretationen zu, er schwankt unabhängig von der Korngröße und läßt sich zum Teil auf Resedimentationserscheinungen zurück führen. Bemerkenswert ist, dass sich nur in Höhlen des obersten Niveaus Quarze größer/gleich -1 PHI finden, was sowohl Lockersedimente wie auch verfestigte Höhlensedimente betrifft. Eine Ausnahme bilden die Sedimente im Scheukofen, in denen aber extreme Umlagerungserscheinungen festzustellen sind.

Das Komponentenspektrum der Höhlensedimente umfasst:

- kalkalpine Gerölle:

Dachsteinkalkgerölle
Gerölle der liassischen Rotkalkgruppe (su. Fabricius 1966)
Filamentkalke
Fleckenkalke
Radiolarit
Bohnerze und Bauxite

- Gerölle nicht kalkalpiner Herkunft:

Gangquarze und metamorphe Quarzaggregate (5 Typen)
quarzreicher Glimmerschiefer
intern verfalteter Quarz-Glimmerschiefer
Zwei-Glimmerschiefer und Chlorit-Glimmerschiefer
sehr schwach hornblendeführender Quarzglimmergneis
Muscovit-Sillimanitfels
Granit
Quarzeinkristalle - Kappenquarze

- Gerölle unsicherer Zuordnung:

Graubrauner Fein- bis Mittelsandstein
schwach feldspatführender Feinsandstein
roter glimmerführender Feinsandstein
schwach glimmer- und feldspatführender Feinsandstein
glimmerführender Feinsandstein
schwach glimmerführender hämatitimpregnierter Feinsandstein
Chalzedongerölle
laminierte feinkörnige Hornsteine
massige Hornsteine
fossilfreie feinkörnige Kalke
rekristallisierte Kalkgerölle
Dolomitgerölle
Tonsteingerölle
Kalziteinkristalle
(Bei einem Teil dieser Gerölle ist kalkalpiner Ursprung zu vermuten, auch wenn er sich nicht sicher beweisen läßt.)

- Höhleninterne Resedimente.

Die Matrix der Höhlensedimente ist karbonatisch - mikritisch, an manchen Stellen ist eine schwach ausgeprägte Sammelkristallisation festzustellen.

Gerölle, wie sie von Traub (1948), Hagn (1971, 1972, 1983) und Hagn, Moussavian (1980) aus voralpinen Schottern beschrieben werden, konnten in den Höhlensedimenten nicht nachgewiesen werden. Dagegen sind die Befunde aus den Höhlensedimenten in Bezug auf die Augensteine (insbesondere die Quarzgerölle) sehr gut mit Untersuchungen aus der Molasse zu vergleichen (s. Lemcke 1984). Bemerkenswert ist das Auftreten verschiedener Sandsteine, die vergleichbar oder ähnlich erscheinen wie die von Füchtbauer (1967) aus der Molasse beschriebenen.

Eine quantitative Auswertung der verfestigten Höhlensedimente mittels der Point-counter - Methode an ausgewählten Proben ergab, dass in den Sedimenten in Abhängigkeit vom jeweiligen Höhlenniveau charakteristische Vergesellschaftungen auftreten. So fällt auf, dass Quarzeinkristalle, polykristalline Quarze, Opake, Hornsteine und Sandsteine mit Werten um 20% in den Sedimenten des höchsten Niveaus erscheinen, dann aber bis auf 1% in den Sedimenten der tiefsten Niveaus zurückgehen. Gleichzeitig steigt der Anteil an Dachsteinkalken auf bis zu 90%. Der Gehalt an Resedimenten beträgt ca. 10%, im Scheukofen erreichen die Umlagerungen um 40%. Der Anteil der Matrix schwankt um 20 - 40%.

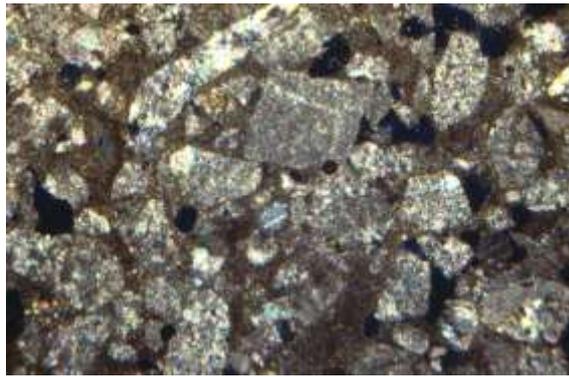


Abb. 3: Dünnschliff Höhlensediment einer tiefgelegenen Höhle: lokal an stehender Dachsteinkalk bestimmt das Bild.

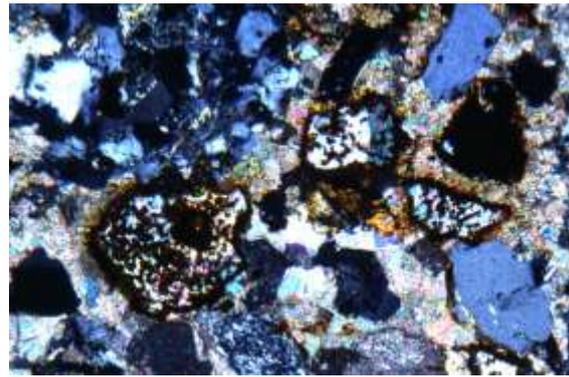


Abb. 4: Dünnschliff Höhlensediment einer hochgelegenen Höhle: kristalline Komponenten dominieren.

Die verfestigten Höhlensedimente wurden auch hinsichtlich ihres Schwermineralspektrums untersucht. Quantitativ ausgewertet wurden die Minerale Opake, Staurolith, Epidot, Hornblende, Apatit, Granat, und Glimmer sowie Zirkon, Rutil und Turmalin. Dieses Spektrum deckt sich sehr gut mit den von Füchtbauer (1967) in den Sandsteinen der Molasse gemachten Beobachtungen. Zusätzlich wurde Dolomit im Schwermineralspektrum belassen, da, wie Voruntersuchungen ergaben, der Anteil an Dolomit mit der Beeinflussung der Sedimente durch lokal anstehenden Dachsteinkalk korreliert.

Bei der Auswertung wurde festgestellt, dass wiederum jedes Höhlenniveau durch ein typisches Schwermineralspektrum gekennzeichnet ist. So sind Opake im höchsten Niveau nie unter 30% vertreten und Apatit und Granat erzielen Werte um 20%. Der Anteil an Dolomit ist nur sehr gering.

In den Sedimenten des nächst tieferen Niveaus gehen die Werte von Apatit und Granat zurück, der Anteil an Dolomit steigt leicht.

Diese Tendenz setzt sich in den Sedimenten des nächst tieferen Niveaus fort, wo auch Staurolith, Epidot, Hornblende und Glimmer auf ihr Minimum absinken.

In dem tiefsten Niveau dominiert der Dolomit, einzelne Minerale steigen wieder leicht an, was mit geringfügigen Umlagerungen dieses Korngrößenbereiches (0,063 - 0,2 mm) innerhalb der Höhlenniveaus zu erklären sein dürfte.

Zusammenfassend bleibt somit festzuhalten, dass die Höhenlage der Höhlen in den Salzburger Kalkalpen nicht zufällig ist und dass in jedem Niveau charakteristische Lockersedimente und Konglomerate auftreten, die sich voneinander mit verschiedenen sedimentpetrographischen Methoden sicher unterscheiden lassen.

IV. DIE OBERFLÄCHENFORMEN VON STEINEREM MEER UND HAGENGEBIRGE

Beiden Gebirgsstöcken gemeinsam ist der ausgeprägte Plateaucharakter mit steilen Süd- und Osträndern. Mit annähernd 2000 Metern Höhenunterschied fällt das Steinere Meer gegen Süden zum Salzachtal ab, am Hagengebirgsostrand sind die Höhenunterschiede geringer, betragen aber immer noch 1300 bis 1500 Meter.

Am Südrand des Steinernen Meeres begrenzt eine Bergkette das Plateau gegen die Südabstürze. Die aufgesetzten Berge überragen die eigentliche Plateaufläche um etwa 200 bis 300 Meter. Vom Hundstod im Westen zieht sie über das Hollermaißhorn, Achselhorn, Breithorn und Schönfeldspitze bis zum Selbhorn und Brandhorn im Osten, wo sich die Kette gabelt und ein Ausläufer zum Hochkönig, der andere nach Norden zum Hagengebirge führt. Das daran nördlich anschließende Plateau ist flach nach Norden geneigt, bis es dann an mehreren Störungen versetzt gegen den Königssee abbricht. Einige wenige flache, kuppenartige Berge sind aufgesetzt, wie etwa das Rotwandl oder der Brandtenberg.

Das Hagengebirge gliedert sich in zwei morphologisch völlig verschiedene Bereiche. Im Gebiet zwischen Königssee und Landtal herrscht treppenartiges Abbrechen des Zentralplateaus gegen Westen vor, während östlich anschließend die eigentliche Hochfläche folgt, die im Westen, Süden und Osten ebenfalls durch Bergketten begrenzt wird. Der Westrand zieht sich vom Schneibstein über Reinersberg und Kahlersberg bis in das Gebiet Jägerbrunntrug - Teufelshorn und biegt dann nach Osten um. Tantalköpfe, Hochschirr und Riffkopf überragen das Plateau im Süden, ein Kamm vom Riffkopf und Tristkopf bildet die östliche Einfassung des Plateaus, das gegen Norden über das Gebiet der Schlum und die Seealmen offen ist.

Diese morphologischen Verhältnisse werden zum einen als entstanden durch die tektonische Zerteilung einer vormaligen Altlandschaft ("Raxlandschaft, Augensteinlandschaft bzw. Dachstein-Altfläche" i. S. v. Frisch et al., 2002) interpretiert, zum anderen als mehrphasiges Geschehen, das mit der in mehreren Phasen stattgefundenen Hebung des Alpenkörpers und dem dadurch bedingten Einschneiden von Flüssen verbunden ist. Dabei werden die heutigen Oberflächenformen untergliedert in:

Hochkönigniveau: Kuppen mit flachen Gipfelhauben, Höhenlage Hagengebirge um 2200m, Steinernes Meer um 2600m

Tennenniveau: Plateauflächen, Höhenlage Hagengebirge 2000m, Steinernes Meer 2300m

Gotzenniveau: greift fingerförmig in die Plateauflächen ein, Höhenlage Hagengebirge 1700 -1800m, Steinernes Meer 1900m.

Diese Flächenausbildungen sind oligozänen und miozänen Alters. Pliozäne und pleistozäne Flächenausbildungen an den Randbereichen der Gebirge leiten in das Quartär über. Über diesen wäre als Basis der Augensteinlandschaft die Dachstein-Altfläche zu denken, die aber im Hagengebirge und im Steinernen Meer nicht mehr direkt nachweisbar ist, die Augensteinvorkommen hier sind teilweise mehrfach umgelagert (vgl. im Gegensatz dazu primäre Augensteinvorkommen aus dem Dachstein, Frisch et al. 2002).

Ähnliche Verhältnisse lassen sich vom Untersberg über die beiden erwähnten Gebirgsstöcke bis in das Gebiet der Tauern verfolgen; es entsteht so der Eindruck weit gespannter Altflächen.

V. HÖHLEN UND LANDSCHAFTSENTWICKLUNG

Es lassen sich nun über den Weg Analyse von Höhlensedimenten, Speläomorphologie, Verbreitung der Gangstrecken und Karsthydrographie Schlüsse auf die Landschaftsentwicklung ziehen. Dafür sind in den Salzburger Alpen mehrere wichtige Voraussetzungen gegeben: die verkarstungsfähigen Gesteine sind ausreichend mächtig (über 1000m) und sie reichen im Norden bis unter das Vorflutniveau.

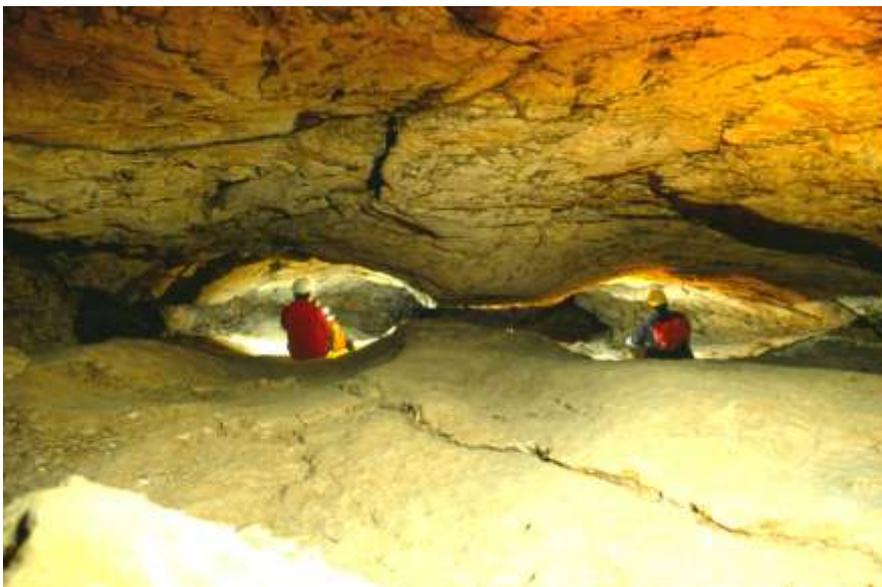


Abb. 5: Typisch für Entstehungsbedingungen: elliptische Raumformen. Brillengang, Salzgrabenhöhle.

Schon seit dem 19. Jahrhundert ist die Landschaftsentwicklung der Salzburger und Berchtesgadener Kalkalpen Gegenstand wissenschaftlicher Forschung (Penck 1885). Durch die grundlegenden Arbeiten von Seefeldner (1926, 1933, 1934) und Lichtenecker (1926, 1938) wurden zwei gegensätzliche Theorien zur tertiären Landschaftsentwicklung begründet, die bis heute in der Literatur diskutiert werden (stellvertretend: Rathjens 1939, Ganss 1939, Winkler v. Hermaden 1950, Seefeldner 1952 u. 1961, Goldberger 1955, Tollmann 1968, Graf 1978 u.v.m.). Gemeinsam ist beiden das Forschungsobjekt ihrer Studien: Verebnungsflächen, die in verschiedenen Höhenlagen in den Salzburger und Berchtesgadener Kalkalpen auftreten. Deren Genese wird jedoch

völlig widersprüchlich erklärt. So sind sie nach Seefeldner das Produkt mehrerer Erosionszyklen, die Geländestufen zwischen den Verebnungen werden als Erosionsränder gedeutet. Dagegen steht die Auffassung von Lichtenecker, der die verschiedenen Flächen in den unterschiedlichen Höhenlagen als das Ergebnis von tektonischen Verstellungen einer Altlandschaft interpretiert. Die Geländestufen werden als tektonische Bruchstufen aufgefasst. Zwar hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr das Konzept der mehrphasigen Landschaftsentwicklung im Sinne Seefeldner's durchgesetzt, doch konnten dafür keine schlüssigen geologischen Beweise angeführt werden (Tollmann 1968).

Treffen die Vorstellungen von Lichtenecker zu, hätten die tektonischen Verstellungen auch die Höhlensysteme erfassen müssen. Die verschiedenen heutigen Höhlenniveaus wären aus einem Niveau hervorgegangen. Dem widersprechen aber die Befunde der speläomorphologischen Aufnahmen ebenso wie die Ergebnisse aus der Analyse der Höhlensedimente. Es hätten nach der Theorie Lichtenecker's in den verschiedenen Niveaus gleiche oder zumindest ähnliche Sedimente aufzufinden sein müssen. Ebenso muss das Postaugenstein-Geschehen (i. S. v. FRISCH et al. 2002, Riesenhöhlenniveau) nach diesen Ergebnissen differenzierter betrachtet werden.

Hingegen sind die Ergebnisse aus den Analysen der Höhlen und der Höhlensedimente zwanglos mit der Theorie Seefeldner's der mehrphasigen Landschaftsentwicklung, in Einklang zu bringen (schon von Krieg 1954 angesprochen). Die Höhlensedimente spiegeln das Transportgeschehen von Erosionsmaterial an der Landschaftsoberfläche wider, dies umso mehr, wenn man die Verbindung Zentralalpen - Molassemeer betrachtet. Unter Einbezug der Vorkommen bzw. der Lagerungsverhältnisse von Augensteinen zeichnet sich zudem ab, dass das Erosions- bzw. Abtragungsgeschehen räumlich unterschiedlich verlief und Reste der ältesten Landflächen am ehesten in den östlichen Kalkalpen erhalten geblieben sind. Natürlich kann nicht jede kleinräumige morphologische Besonderheit in dieses Konzept gezwängt werden, tektonische Bewegungen sind bis weit in das Tertiär oder Quartär hinein nachzuweisen (auch in Höhlen!). Dennoch dürfte nach diesen Ergebnissen der vorherrschende Mechanismus bei der tertiären Landformung nach dem Ende der aktiven Augensteinlandschaft bzw. deren Abtragung im Sinne Seefeldner's von statten gegangen sein.



Abb. 6: Junge tektonische Bewegungen haben ein älteres Höhlensystem verstellt: Der Gang setzt sich an der anderen Wandseite fort. Fagsteinlöcher, Hagengebirge.

ANHANG I: LITERATUR

- Bögli A. 1978. Karsthydrographie und physische Speläologie. 292p., zahlr. Abb. u. Tab., 12 Taf., Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- Fischer K. 1990. Höhlenniveaus und Altreliefgenerationen in den Berchtesgadener Alpen. Mitt. Geogr. Ges. München **75**, 47 - 59.
- Frisch W., Kuhlemann J., Dunkl I., Szekely B., Vennemann T., Rettenbacher A. 2002. Dachstein-Altfläche, Augenstein-Formation und Höhlenentwicklung - die Geschichte der letzten 35 Millionen Jahre in den zentralen Nördlichen Kalkalpen. Die Höhle **1**, 53. Jg., 1 - 37.
- Füchtbauer H. 1967. Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. Geol. Rdsch. **56**, 266 - 300, Stuttgart.
- Ganss O. 1939. Tektonik und alte Landoberflächen der Dachsteingruppe. Jb. Zweigstelle Wien Reichstelle f. Bodenforschung **89**, 3 u. 4, 357 - 377, Wien.
- Goldberger J. 1955. Die Altlandschaft auf dem Hochkönig. Mitt. Geogr. Ges. **97**, 183 - 191, Wien.
- Graf G. 1978. Gedanken zur Geomorphologie des Tauplitzer Seenplateaus. Die Höhle **2**, 29. Jg., 33 - 40, Wien.
- Hagn H. 1971. Über Gosaugerölle mit Großforaminiferen der höchsten Oberkreide aus der subalpinen Molasse des bayerischen Alpenvorlandes. Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. **11**, 17 - 32, Taf. 4, München.
- Hagn H. 1972. Über kalkalpine paläozäne und untereoazäne Gerölle aus dem bayerischen Alpenvorland. Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. **12**, 113 - 124, 1 Abb., Taf. 7 - 8, München.
- Hagn H. 1983. Die Kreide und Alttertiärgerölle des Wachtberg - Schotters (Ottang, subalpine Molasse) N Salzburg. Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. **23**, 125 - 147, Taf. 1 - 3, München.
- Hagn H., Moussavian E. 1980. Die Gosau- und Alttertiärgerölle des Westerbuchbergs (Unt. Eger, Subalpine Molasse Chiemgau). Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. **20**, 137 - 157, 2 Abb., Taf. 11 - 12, München.
- Haserodt K., Mester T. 1994. Augensteine im Steinernen Meer und im Hagengebirge. Beitr. u. Mat. z. Reg. Geogr. **7**, 159 - 204, Berlin.
- Knapczyk H. 1984. Der Untersberg bei Salzburg. Diss. Univ. Salzburg, 338p., zahlr. Abb., Taf. u. Karten, Salzburg.
- Krieg W. 1954. Höhlen und Niveaus. Die Höhle **5**, 1 - 4, Wien.
- Langenscheidt E. 1986. Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht **10**, 95 S., zahlr. Abb. u. Taf., Berchtesgaden (Plenk).
- Langenscheidt E. 2001. Geologie der Berchtesgadener Berge. 160p. 2. Aufl., Berchtesgadener Anzeiger, Berchtesgaden.
- Lemcke K. 1984. Geologische Vorgänge in den Alpen ab Obereozän im Spiegel vor allem der deutschen Molasse. Geol. Rdsch. **73**, 1, 371 - 398, Stuttgart.
- Lichtenecker N. 1926. Die Rax.- Geogr. Jb. Österr. **13**, 150 - 170, Wien.
- Lichtenecker N. 1938. Beiträge zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. 1. Teil: Die nordöstlichen Alpen.- Geogr. Jber. Österr., **19**, 1 - 82, Wien.
- Penck A. 1885. Das Land Berchtesgaden: Die Oberflächengestaltung und ihre Entstehung. Ztschr. DÖAV **16**, 217 - 265.
- Rathjens C. 1939. Geomorphologische Untersuchungen in der Reiteralp und im Lattengebirge im Berchtesgadener Land. Mitt. Geogr. Ges. **32**, 15 - 86, 4 Abb., 2 Kt., München.
- Salzburger Höhlenbuch Bd. 2 1977. Hrsg.: Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, 348p., Salzburg (Landesverein für Höhlenkunde).
- Salzburger Höhlenbuch Bd. 3 1979. Hrsg.: Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, 487p., Salzburg (Landesverein für Höhlenkunde).
- Schauberger O. 1955. Über die vertikale Verteilung der nordalpinen Karsthöhlen. Mitt. d. Höhlenkommission **1**, 21 - 28, Wien.
- Seefeldner E. 1926. Zur Morphologie der Salzburger Alpen. Geogr. Jb. aus Österr. **13**, 107 - 149, Wien.
- Seefeldner E. 1933. Zur Altersfrage der Abtragungsflächen in den nördlichen Ostalpen. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., **76**, 128 - 150, Wien.
- Seefeldner E. 1934. Die alten Landoberflächen der Salzburger Alpen. Ztschr. f. Geomorph. **8**, 157-198.
- Seefeldner E. 1952. Die Entwicklung der Salzburger Alpen im Jungtertiär. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. **94**, 179 - 194, Wien.
- Seefeldner E. 1961. Salzburg und seine Landschaften: Eine geographische Landeskunde. 573p., 26 Abb., 67 Photos, Beil., Salzburg (Bergland-Verlag).
- Tollmann A. 1968. Die paläogeographische, paläomorphologische und morphologische Entwicklung der Ostalpen. Mitt. d. Geogr. Ges. **110**, 224 - 244, Wien.

- Traub F. 1948. Beitrag zur Kenntnis der miocänen Meeresmolasse ostwärts Laufen/Salzach unter besonderer Berücksichtigung des Wachtbergkonglomerats. N. Jb. Mineral. etc. Mh., B, 1945 - 1948, 53 - 71, 161 - 174, 4 Abb., 1 Karte, Stuttgart.
- Winkler – Hermaden A. 1950. Zum Entstehungsproblem und zur Altersfrage der ostalpinen Oberflächenformen. Mitt. Geogr. Ges. **92**, 171 - 190, Wien.
- Zöttl J. 1974. Karsthydrogeologie. 291p., Wien, New York (Springer).