

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Höhlen des Landes Salzburg und seiner Grenzgebirge

Czoernig-Czernhausen, Walter Salzburg, 1926

I. Zur Geologie der Salzburgischen Höhlen

urn:nbn:at:at-ubi:2-6379

I. ZUR GEOLOGIE DER SALZBURGISCHEN HÖHLEN.

Den seltenen Reichtum an landschaftlicher Schönheit verdankt das österreichische Bundesland Salzburg seiner eigenartigen und mannigfachen Oberflächengliederung. Vom firngekrönten Kamme der Ostalpen an gegen Norden hin beherrscht den größten Teil des Landes die Majestät des Hochgebirges, zu dessen Füßen waldiges Mittelgebirge in flachwelliges, seengeschmücktes Vorland überleitet. Doch nicht nur die sonnbeglänzte Landschaft allein lädt den Wanderfrohen zur Fahrt, sondern auch in tagentrückten Bergestiefen dehnen sich lockende Gefilde in mächtigen Domen und eisiger Pracht.

Die Erstreckung des Landes vom Alpenfirst bis in das nordalpine Vorland hinaus bringt es mit sich, daß es Anteil hat an allen Gesteinsfolgen, die am Aufbau der nördlichen Abdachung der Ostalpen beteiligt sind und die das Land in ostwestlich verlaufenden Zonen durchziehen. So bezeichnet den südlichen Hochrand des Landes die Zentralgneiszone der Hohen Tauern, an die sich bis ungefähr zur Längstallinie der Salzach die nördliche Schieferhülle, von Bändern mesozoischer Kalke durchzogen, anschließt. Beide Gebirgskomplexe gehören dem penninischen Tauernfenster nach K o b e r¹) an. Die nördlich folgende paläozoische Grauwackenzone füllt mit ihren bis an die Gipfel grünen Höhen die schmale Senke zwischen den kristallinen Schiefern und den nördlichen Kalkalpen. Diese letzteren, in der Hauptsache aus mesozoischen Gesteinen aufgebaut, erreichen eine Breite von etwa 50 km und geben mit ihren vorwiegend der Trias angehörigen, gewaltigen kahlen Gebirgsstöcken und schroffen Gipfelformen der Landschaft ein ganz besonders bezeichnendes Gepräge. Nur im nordöstlichen Abschnitt, der von der Juraformation beherrscht wird, ergeben sich weichere Bergformen. Der salzburgische Anteil der Kalkalpenzone gehört nach H a h n²) der tirolischen Deckeneinheit an und ist von der juvavischen Decke, der Reiteralm, Lattengebirge, Untersberg und Göll samt der Lammermasse zugezählt werden, in vorgosauischer Zeit überschoben worden. An den Nordrand der Kalkalpen, für das salzburgische Gebiet ungefähr durch die tirolische Linie Hahns bezeichnet, schließt sich, schon dem Vorland angehörend, eine schmale helvetisch-lepontinische Zone kretazischer Gesteine, unter denen der Flysch besonders vorherscht, an.

L. Kober, Bau und Entstehung der Alpen. Verl. Gebr. Borntraeger, Berlin 1923, S. 98 ff.

²⁾ F. Hahn, Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. Mittlg. der Geolog. Gesellschaft. Wien 1913.

Unter diesen Gesteinsausbildungen ist es in der Hauptsache die Zone der nördlichen Kalkalpen, aus der das Land seine große Anzahl von Höhlenräumen, von denen bisher 239 Höhlen bekannt und größtenteils erforscht wurden, herleitet. Dem Überblick über den allgemeinen Aufbau der Kalkalpen ist vorauszuschicken, daß in der Gesteinslagerung vorwiegendes Nordfallen vorherrscht, so daß die tiefsten Schichtglieder jeweils an der Südseite der einzelnen Gebirgskomplexe zutage treten.

Im Verbreitungsgebiet der tirolischen Deckeneinheit bilden die untertriadischen Werfenerschichten den Sockel der Kalkalpen auf paläozoischer Grundlage. Über den Werfenerschiefern und -Sandsteinen folgen in geringer Stärke Kalke und Dolomite der alpinen Muschelkalkserie. Darüber stellen sich in mächtiger Ausbildung Dolomite der ladinischen Stufe, Ramsaudolomit, ein, über denen ein schmaler Raiblerhorizont überleitet zu den hochaufstrebenden Massen der norischen Kalkgruppe, denen der Hauptdolomit, der Hochgebirgsriffkalk und der gebankte Dachsteinkalk angehören. In den nördlichen Voralpen folgen über den Hauptdolomit rhätische Kalke sowie Kössenerschichten.

Die juvavische Decke setzt sich nach v. Pia aus zwei Teildecken zusammen, und zwar aus der älteren und tieferen Hallstätterdecke und der jüngeren, höheren Reiteralmdecke³). Die Hallstätter Decke führt über den Werfenerschiefern Haselgebirge. Auf anisische Kalke und Dolomite folgen unter fast gänzlicher Ausschaltung der ladinischen Stufe die karnischen Hallstätterkalke¹ Den tiefsten Horizont der Reiteralmdecke bilden ebenfalls die Werfenerschichten, überlagert von Haselgebirge, worauf dunkle Reichenhallerkalke folgen, denen Ramsaudolomit in großer Mächtigkeit aufliegt. Über einem schwachen Carditaband folgt dann der mächtige Dachstein-, beziehungsweise Reiteralmkalk.

Weniger deutlich, als in der Trias, lassen sich fazielle Unterscheidungen für die jüngeren Formationen durchführen. Auf den Kalkhochflächen sind stellenweise unterliassische Hierlatzkalke aufgelagert. Im Voralpengebiet folgen über rhätischen Ablagerungen Fleckenmergel, Crinoidenkalke sowie die fossilreichen Adneterschichten. Ebenso finden da einige Verbreitung oberjurassische Hornsteinschichten und der Plassenkalk. Das Neokom erscheint durch lokal beschränktes Auftreten von Schrammbachschichten und Roßfeldschichten repräsentiert. Diskordant folgen die Gosaukreide auf ältere Ablagerungen der Voralpen mit ihren grobkörnigen Konglomeraten, Rudistenschichten, weiters Glaneckerschichten und Nierentalmergel. Diluviale Konglomerate finden sich an den Talrändern als Terrassen, oder ragen, wie im Salzburger Becken, als steilwandige Höhenzüge aus der Talebene empor.

Die Kalke und Dolomite sind es nun, welche die Entstehung und Erhaltung von Höhlen in besonderem Maße begünstigen. In den Kalkgesteinen führt die Tätigkeit des Wassers, die mechanische Auswaschung und die chemische Lösung durch kohlensäurehältige Meteorwasser im Verein mit der meist weitgehenden Zerklüftung des Gebirges zu Höhlenraumbildungen aller Art, deren dauernde Erhaltung durch die massige oder grobbankige Struktur dieser Gesteine gewährleistet wird. Dem morphologischen Charakter der Kalkalpen entsprechend finden sich alle Formen der Karsthöhlen hier in reichster Mannigfaltigkeit vertreten.

Wohl sind auch außerhalb des Kalkgebirges Höhlen anzutreffen, doch handelt es sich da um vereinzelte Erscheinungen. So gibt es auch einige Höhlen im

³⁾ J. v. Pia. Bericht über die im Sommer 1919 ausgeführten Arbeiten. Anzeiger der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1920.

Gebiete der kristallinen Schiefer, jedoch in den diese durchsetzenden mesozoischen Kalken. Ebenso finden sich Höhlen in den diluvialen Konglomeraten. Es sind dies fast durchwegs Uferhöhlen im Sinne Kyrles4). Sie sind meist geringen Alters. Auch haben sie keine lange Bestandsdauer, da ihre vorwiegende Längserstreckung eine Unterhöhlung der steilen Begrenzungswände dieser Konglomerathöhen bedingt und bei der geringen Kohäsion dieser jungen Konglomerate diese ihrer Unterlage beraubten Felspartien längs senkrechter Bruchspalten absitzen5).

Da der Raum fehlt, um auf die geologischen Verhältnisse sämtlicher Höhlen Salzburgs einzugehen, seien nur drei charakteristische Höhlenbezirke herausgegriffen, die, in sich abgeschlossen, sich durch ein besonders gehäuftes Höhlenvorkommen auszeichnen. Es sind dies das Tennengebirge, der Untersberg und

das der Osterhorngruppe angehörende Tauglgebiet.

Das Tennengebirge, umrahmt von der Salzach und ihren Nebenflüssen. der Lammer und dem Wengerbache, ist ein mächtiger Gebirgsstock von 15 km ostwestlicher Länge, 10 km südnördlicher Breite und gehört der tirolischen Decke an. Während im Westen des Tennengebirges das Hagengebirge anschließt, mit diesem eine tektonische Einheit bildend, die nur durch die Salzachfurche getrennt erscheint, reihen sich im Osten die Erhebungen der Dachsteingruppe an. Im Süden grenzt das Tennengebirge an die paläozoische Grauwackenzone, im Norden setzt es an der, der juvavischen Decke zugehörigen Lammermasse ab. Seine ziemlich einheitliche Hochfläche breitet sich in etwa 2000 m Höhe aus, während die darüber aufragenden Gipfel 2400 m noch übersteigen. Bei dem das Gebirge beherrschenden Nordfallen treten die basalen Werfenerschichten besonders im Süden zutage und bilden die grünen Hänge, die bis gegen die Steilwände hinanreichen. Darüber folgt Guttensteinerkalk, der das Hochgebirge mit Ausnahme der Westseite bandförmig umzieht und von Ramsaudolomit überlagert wird. Über diesen schalten sich an der Südseite Raiblerschichten ein. Das aufgehende Gebirge gehört dem Hochgebirgsriffkalk, beziehungsweise Dachsteinkalk an. Der ungeschichtete Riffkalk beherrscht den südlichen Teil des Tennengebirges, während der aus ihm hervorgehende gebankte Dachsteinkalk den nördlichen Abschnitt des Gebirgsstockes aufbaut, dessen Oberfläche ausgesprochenen Karstcharakter aufweist.

Im Tennengebirge sind insgesamt 70 Höhlen bekannt und größtenteils erforscht. Wie ein Blick auf die Höhlenkarte zeigt, beschränken sie sich fast ausschließlich auf die Hochfläche des Gebirges und die diese begrenzenden Wandabstürze. Sie liegen also nahezu zur Gänze im Riffkalk und Dachsteinkalk. Nur an der Nordseite steigen sie vereinzelt bis fast zur Talsohle hinab und sind die tiefst gelegenen noch aktive Wasserhöhlen. Dieses Hinabsteigen der Höhlen gegen Norden könnte im Zusammenhalte mit dem starken Nordfallen des geschichteten Dachsteinkalkes die Annahme nahelegen, daß die ursprüngliche Anlage der Höhlen des nördlichen Tennengebirges zu einer Zeit erfolgte, als die Neigung der Schichten noch eine geringere, der horizontalen Lagerung noch näherstehende war; daß sich also aus der heutigen Höhlenlage Anhaltspunkte für tektonische Vorgänge gewinnen ließen. Es ist dies jedoch, wie die Betrachtung der Höhlen in ihrer Gesamtheit und nach ihrer Höhenlage zeigt, im allgemeinen nicht näher zu erweisen.

 G. Kyrle, Theoretische Speläologie, Wien 1923, S. 22.
M. Hell, Mittlg. der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Jahrg. LXII. 1922, S. 30, Fußnote 10.

Faßt man die Höhlen des Tennengebirges nach ihrer Höhenlage zusammen, soweit diese bekannt ist, so ergibt sich nachstehende Verteilung:

Höhenintervall	Anzahl der Höhlen	Mittlere Höhe der Höhlen
2000-2500 m	16	2140 m
1500-2000 m	30	1780 m
1200—1500 m	6	1310 m
900—1200 m	4	1030 m
500— 900 m	7	655 m

Es ergibt sich also, daß der weitaus größte Teil der Höhlen (30) auf das Höhenintervall von 1500-2000 m, das ist auf die Hochfläche samt ihren Steilabstürzen entfällt. Die nächst größere Gruppe (16) ist aber auf die Höhen über 2000 m, also ebenfalls auf die Hochfläche und die darüber aufragenden Gipfelhöhen verteilt. Die tiefer gelegenen Höhlengruppen treten dagegen der Zahl nach stark zurück. Nun sind allerdings die Höhenangaben der Höhlen, die zum Teil größere Längenerstreckungen haben, insoferne nicht gleichartig, als die Höhenzahl in jedem Einzelfalle die Höhe des Mundloches, beziehungsweise des heutigen Höhleneinganges angibt. Das Mundloch kann aber in hydrographischer Hinsicht entweder der Höhleneingang oder auch der Höhlenausgang sein. Bei den Schachthöhlen der Hochfläche gibt daher die Mundlochhöhe die Lage des hydrographischen Höhleneinganges, bei den Höhlen an den die Hochfläche umrahmenden Felsabhängen, wie z. B. bei der bedeutendsten Höhle des Gebirges, der Eisriesenwelt, 1657 m die Höhenlage des hydrographischen Höhlenausganges an, da der auf dem Plateau liegende Eingang der Höhle nicht bekannt ist. Doch sind die Höhendifferenzen zwischen den Höhlen-Ein- und Ausgängen nicht so bedeutend, als daß sie das in Tabelle I gebotene Bild wesentlich verändern

In morphologischer Hinsicht stellen die Höhlen des Tennengebirges typische Karsthöhlen dar, wie ja auch die kahle, mit Karrenbildungen und Dolinen bedeckte Felsoberfläche des Gebirges ausgesprochenen Karstcharakter aufweist. Mit beginnender Verkarstung der Hochfläche, die in diesem Zeitpunkte noch größere Ausdehnung gehabt hatte, auch noch im engeren Zusammenhange mit den benachbarten Kalkgebirgen gestanden war und auch nach Süden hin noch die Niveauverbindung mit der Zone der kristallinen Schiefer besessen hatte, wie Urgebirgsgeschiebe in der Eisriesenwelt dartun6), setzte die vertikale Entwässerung der Kalkhochflächen ein. Die Niederschlagswässer flossen auf der bereits bestehenden Abdachung der Ostalpen nach Norden ab, um im Bereiche der Kalkhochflächen durch Schächte nach der Tiefe zu dringen und in flacheren Kanalstrecken den umgebenden Talfurchen zuzufließen, wobei die Höhe der Ausmündung durch die Lage der Talsohle, durch die Vorflut bestimmt war. So bestehen diese Höhlen im allgemeinen aus steilen Einzugsschächten, an die sich mehr oder weniger flach verlaufende Höhlenstrecken anschließen, deren Ausmündungsöffnungen ein ziemlich einheitliches Niveau einhalten. Dementsprechend finden sich auf der Hochfläche vorwiegend Schachthöhlen, indes an den das Gebirge begrenzenden Felshängen sich Höhlen öffnen, die gangartig ansteigend zu steil aufwärts führenden Fortsetzungen leiten, die vielfach verstürzt sind.

⁶⁾ J. v. Pia, Geologische Beobachtungen, "Die große Eishöhle im Tennengebirge" (Salzburg). S. J. 1923, S. 61.

Da nun der morphologische Charakter der Höhlen des Tennengebirges sowohl im südlichen Riffkalk als auch im nördlichen gebankten Dachsteinkalk im allgemeinen derselbe ist, die Höhenlage der Ein- und Ausgänge der Höhlen im südlichen und nördlichen Teil im wesentlichen übereinstimmt, die Höhlenhorizonte also unabhängig vom Schichtenaufbau sind, geht mit Deutlichkeit hervor, daß die Bildung der einzelnen Höhlengruppen einheitlich und gleichzeitig erfolgte und daß zu dieser Zeit die relative Lage der einzelnen Formationsglieder des Gebirges zueinander bereits mit der heutigen übereinstimmte. Setzte die Anlage der Tennengebirgshöhlen über 1500 m gleichzeitig ein, so kam ihre Ausbildung ebenfalls ungefähr gleichzeitig zum Abschlusse, und zwar damals, als die fortschreitende Zertalung der Kalkalpen bereits selbständige Gebirgsstöcke herausmodelliert hatte und diesen so die Zufuhr größerer Wassermengen von Süden her abgeschnitten war. So kam mit dem Aufhören starker Wasserführung die Weiterbildung der Höhlen im großen Maßstabe zum Stillstand abgesehen von der wesentlich weniger intensiven weiteren Höhlenbildung durch die auf das Hochplateau aufkommenden Niederschlagswässer - ihre Ausgänge konnten dem weiteren Absenken der Vorflut durch die fortschreitende Eintiefung der Täler nicht mehr folgen und so blieben die Höhlenstrecken erhalten als Höhenmarken eines alten, heute in die Luft ausstreichenden Entwässerungshorizontes, soweit sie nicht durch Versturz ihrer Eingangsschächte und die rückschreitende Denudation der randlichen Steilstufen des Gebirges zerstört wurden.

Da die Bildung von Karsthöhlen, um welche es sich hier handelt, in strenger Abhängigkeit von der Vorflut, also von der Höhenlage der das Gebirge umgebenden Talbodenstrecken steht, ist es von Belang, die Beziehung der Höhlenausbildung zur Entwicklung des alpinen Oberflächenreliefs aufzuzeigen. Über die Herausbildung der Oberflächenformen in den Salzburger Kalkalpen hat F. Machatschek eingehende und umfassende Untersuchungen angestellt) deren Ergebnisse, so weit sie das Kalkhochgebirge, bezw. die Lage des Tennengebirges betreffen und auf das vorliegende Thema Bezug haben, kurz angeführt werden sollen. Als höchstgelegenes und ältestes Formenelement läßt sich eine, vom Schichtbau unabhängige alttertiäre Gebirgsoberfläche in Form einer Kuppen- und Mittelgebirgslandschaft nachweisen, deren Niederungen im Bereiche des Tennengebirges in 1900 m Höhe lagen. In der weiteren Oberflächenausbildung, von der alttertiären Kuppenlandschaft bis zum präglazialen Oberflächenrelief unterscheidet Machatschek vier Stadien. Das Stadium I trägt den Charakter eines sanften Mittelgebirges, dessen Talböden in 1500—1600 m liegen. Verkarstung der Kalkflächen setzt ein, welche die altmiozänen Flüsse in die Tiefe führt; Höhlenbildung. Zeitliche Stellung ungefähr obermiozän. Das Stadium II entspricht einem bereits deutlich ausgeprägten Mittelgebirge, dessen Gehängeflächen in 1250—1350 m liegen. Geologisches Alter unter- oder mittelpliozän. Das Stadium III weist in den Kalkalpen bereits Hochgebirgscharakter auf mit Höhenunterschieden von 2000 m; Talbodenhöhe 950-1100. Alter noch pliozän. Das Stadium IV entspricht dem präglazialen Talsystem, dessen Talbodenhöhe auf 750 m liegt. Die Kalkalpen sind ein reifes Hochgebirge geworden und haben bereits nahezu die heutigen Formen angenommen.

⁷⁾ F. Machatschek: Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen, Sammlung Ostalpiner Formenstudien, hg. v. F. Leyden, Abt. 1, Heft 4. Verl. Gebr. Borntraeger, Berlin 1922.

Die weitaus größte Anzahl der Höhlen des Tennengebirges (30) liegt im Höhenintervall der Tabelle I von 1500-2000 m. Um die nähere Stellung der hierauf entfallenden Höhlengruppe im Intervall zu ermitteln, wurde die durchschnittliche Höhenlage der Höhlen errechnet und hiebei eine mittlere Höhe von 1780 m gefunden. Dieser Wert wird noch durch den Umstand etwas herabgedrückt, daß hiebei auch Eingänge von Schächten am Plateau inbegriffen sind, und für die Beurteilung des Abschlusses der Höhlenbildung nicht die Eingänge, sondern die Ausgänge maßgebend sind, Der Ausmündungshorizont dieser Höhlengruppe kann als durch die Höhe der Eisriesenwelt mit etwa 1650 m repräsentiert angesehen werden. Dieser Horizont entspricht dem Stadium I Machatscheks (Talbodenhöhe 1500-1600 m) oder dem obermiozänen Talsystem, womit das geologische Alter der zahlreichsten Höhlengruppe des Tennengebirges angedeutet erscheint. Die nächstgrößte Gruppe (16) im Intervall von 2000-2500 m (mittlere Höhlenlage 2140 m), deren Höhenzahlen meist den Eingängen von Plateauschächten angehören, mag in Bezug auf den Beginn der Höhlenbildung zeitlich noch etwas weiter zurückreichen, ihr Ausbildungsabschluß dürfte aber größtenteils in das Stadium I fallen, so daß also die Ausbildung des weitaus größten Teiles der Tennengebirgshöhlen zur Zeit der obermiozänen Landoberfläche bereits abgeschlossen war.8) Der sodann eingetretene, fast vollständige Stillstand in der Höhlenbildung hatte, wie erwähnt, darin seinen Grund, daß zu dieser Zeit durch die fortschreitende Zertalung auch die Niveauverbindung mit dem Süden und mithin auch die Zufuhr größerer Wassermengen, welche eben die intensive Höhlenbildung verursacht hatten, abgegraben worden war. Daß die Niederschlagswässer des Plateaus allein eine nur mehr geringe höhlenbildende Wirksamkeit entfalten konnten, zeigen die wenigen Höhlen, die den späteren Talbildungsstadien entsprechen. So gehören dem Höhenintervall 1200-1500 m nur mehr 6 Höhlen mit einer mittleren Höhe von 1310 m an. Diese Gruppe entspricht dem unter-, beziehungsweise mittelpliozänen Stadium II mit einer Talbodenhöhe von 1250-1350 m. Dem Intervall von 900-1200 m gehören 4 Höhlen (mittlere Höhe 1030 m) an; sie reihen sich dem pliozänen Stadium III (Talbodenhöhe 950-1100 m) ein. In der Höhe von 500-900 m liegen 7 Höhlen (mittlere Höhe 655 m); sie entsprechen ungefähr dem Stadium IV Machatscheks, dem präglazialen Talboden (750 m) und reichen mit ihren tiefsten Lokalitäten noch in diluviale, beziehungsweise postglaziale Zeit herein.

Eine gesonderte Stellung nehmen die noch aktiven Wasserhöhlen an der Nordseite des Tennengebirges ein. Es sind dies die Petrefaktenhöhle, 520 m, die Brunneckerhöhle, 525 m und die Wienerfallhöhle, 702 m, denen nach Regen oder bei der Schneeschmelze starke Wassermengen entströmen, sowie die Triklfallhöhle, 734 m und die Taxachfallhöhle, 712 m, die ständig Wasser führen, das sich nach Niederschlägen und bei der Schneeschmelze beträchtlich vermehrt.

Diese Höhlen liegen am Nordfuß des Tennengebirges ungefähr an jener Linie, wo der geschichtete Dachsteinkalk an älteren Schichten absetzt, wie beim Wienerfall am Gutensteinerkalk, beim Triklfall und Taxachfall an den Werfenerschichten. Hier handelt es sich um Schichtfugenhöhlen im Sinne Kyrles⁹), in

9) G. Kyrle, a. a. O.

⁸⁾ Auf Höhlenbildungen aus vortertiärer Zeit, wie auf solche beispielsweise die vor- oder altjurassische Verkarstung der Oberfläche des Dachsteinkalkes, auf welche die Hierlatztransgression übergreift, schließen läßt, soll mangels hinreichenden Beobachtungsmateriales in vorliegender Studie nicht eingegangen werden.

denen Tagwässer vom Plateau entlang den nach Nord, beziehungsweise Nordost fallenden Schichten des Dachsteinkalkes ihren Weg zutal finden und zum Teil über den weniger wasserdurchlässigen Liegendschichten des Dachsteinkalkes austreten.

Der Untersberg liegt im Vereinigungsgebiet der Salzach und Saalach; im Südwesten begrenzt ihn die Bischofswieserache und im Südosten die Königseeache. Die Hochfläche dieses Gebirgsstockes hat die Form eines gleichschenklig-rechtwinkeligen Dreieckes, dessen beide kürzeren Seiten gegen Norden und Westen, die längere Seite gegen Südosten liegt. Seine höchsten Erhebungen, der Berchtesgadner Hochthron, 1975 m, und der Salzburger Hochthron, 1851 m, liegen an der süd-östlichen Kammlinie, von der aus die Hochfläche, unabhängig vom Schichtenaufbau, gegen Norden bis auf 1500 m abdacht. Reichliche Dolinen und Karrenbildungen verleihen der Oberfläche ausgesprochenen Karstcharakter. Der Berg bildet auf tirolischer Grundlage den nordöstlichen Eckpfeiler der juvavischen Decke. In seinem einfachen Aufbau zeigt er bei nördlichem Schichtfallen die ältesten Bauglieder im Süden in Form der Werfenerschichten. Darüber folgt mit 800 m Mächtigkeit Ramsaudolomit, der die südlich dem Bergmassiv vorgelagerte Mittelgebirgslandschaft aufbaut. Über einem schmalen Band von Carditaschichten steigen in senkrechten Wänden helle grobgebankte Reiteralm-Dachsteinkalke empor, die die Hochfläche des Berges bilden, auf der sich Hierlatzkalke nesterartig verstreut finden. Gegen Norden senkt sich der Dachsteinkalk, unterbrochen von Thiton-Plassenkalk, bis an den Bergfuß zutal. Im Westen und Nordwesten sind dem Bergfuß Gosaukreide und Nierentalschichten sowie Eozän angelagert.

Die Situierung der 42 bekannten Höhlen im Untersberg ist eine ähnliche wie im Tennengebirge; sie sind der Hauptsache nach in der Hochregion vertreten. Ihrer Höhenlage nach, soweit diese angegeben ist, zeigen sie nachstehende Verteilung:

Höhenintervall	Anzahl der Höhlen	Mittlere Höhenlage der Höhlen
1500-2000 m	18	1640 m
1200—1500 m	8	1384 m
900—1200 m	2	1030 m
500 900 m	7	655 m

Die weitaus größte Anzahl von Höhlen mit einem Mittelwert von 1640 m Höhe verteilt sich wieder auf die Plateaufläche und die sich daran anschließenden Felsabstürze. Die Höhlen zeigen eine vorherrschende Vertikalentwicklung. Dies betrifft nicht nur die zahlreichen Schächte auf der Hochfläche, sondern auch den Höhlen der Steilwandstufen gehören tiefe Schachtstrecken an.

Auch im Bereich des Untersberges setzte mit beginnender Zertalung der alttertiären Landoberfläche die Verkarstung der Kalkplateaus und damit die Höhlenbildung ein. Letztere fand in der Hauptsache ihren Abschluß, als die fortschreitende Taleintiefung dem Bergplateau die Zufuhr größerer Wasser von Süden her abgeschnitten und so die Höhlen nahezu trocken gelegt hatte. Dieser Entwicklungsabschnitt fällt zusammen mit dem obermiozänen Oberflächenstadium I Machatscheks. Dem Stadium II gehört die nächst tiefer gelegene Höhlengruppe mit dem Mittelwerte von 1384 m Höhe an und dem Stadium III die Höhlen mit der mittleren Höhe von 1030 m.

Ein Umstand fällt bei der Ausbildung der Untersberghöhlen noch ins Gewicht, und zwar die Lage der Carditaschichten, die in ihrer mergeligen Ausbildung als Quellhorizont wirken. Die Höhlen an der Südostseite des Berges zeigen eine auffallende Abhängigkeit vom Verlaufe dieses Gesteinshorizontes; sie liegen fast ausschließlich über demselben, beziehungsweise gehen bis auf die Carditaschichten herab, um über deren Südkante auszutreten, oder als Schichtfugenhöhlen dem Nordfallen der Dachsteinkalke zu folgen. Anderseits begünstigt dieses meist wenig widerstandsfähige Gestein unter Umständen die Bildung von Höhlen, deren Erhaltung dann durch den hangenden Dachsteinkalk gesichert wird.

Tief am Bergfuß liegen als noch aktive Wasserhöhlen an der Westseite das Mausloch, 689 m mit periodischer Wasserführung und an der Nordseite die Fürstenbrunnerhöhle, 595 m, der konstant ein starker Quellbach entströmt. Beide sind die Austrittsstellen von Schichtfugenhöhlen, die aus den Niederschlagswässern des Plateaus gespeist werden und die über den am Bergfuß angelagerten jüngeren Gesteinsschichten austreten. Mit ihrer mittleren Höhe von 655 m entsprechen sie dem Stadium IV (präglazialer Talboden), beziehungsweise der späteren Zeit.

Als letzte Gruppe seien die Höhlen im westlichen Teil der Osterhorngruppe im Tauglgebiete in Betracht gezogen, und zwar in jenem Bereich, das im Westen von der Salzach, im Norden vom Almbach und Taugltriftbach, im Osten vom Lammerbach und Ackersbach und im Süden vom Lammerfluß begrenzt wird. Das so bezeichnete Gebiet gehört der Voralpenzone an und weist mit Ausnahme seines südlichen Teiles einfache Bauart bei flacher Lagerung auf. Vorwiegendes Südfallen der Schichten führt von Nord nach Süd aus älteren in jüngere Formationen. Im Norden findet sich Hauptdolomit in größerer Mächtigkeit. Darüber folgen Kössenerschichten, Liasmergel, Radiolarienschiefer und hierauf in mächtiger Entfaltung die oberjurassischen Oberalmschichten, denen im südwestlichen Teil noch Reste von Neokom aufgelagert erscheinen. Im Süden stößt dieses Gebiet längs einer Störungslinie, die ostwestlich über den Hochwieskogel 1751 und das Zimmereck 1147 m verläuft, an der kompliziert gebauten Synklinale der juvavischen Lammermasse ab.

Der Höhenlage nach verteilen sich die Höhlen des Tauglgebietes wie folgt:

Höhenintervall	Anzahl der Höhlen	Mittlere Höhe der Höhlen	
1200-1500 m	6	1365 m	
1000—1200 m	5	1102 m	
800-1000 m	2	900 m	
600— 800 m	7	746 m	

Die Höhlen liegen nahezu sämtlich in den Oberahmerschichten, wohlgeschichteten Kalken mit mergeligen Zwischenlagen in flacher Lagerung, von zahlreichen Bruchlinien durchzogen. Die Form der Höhlen betreffend, haben sie meist schmale, hohe Profile und bilden flache oder nur wenig geneigte Gänge von linearer Anordnung im Grundriß. Vielfach sind sie noch aktive Wasserhöhlen. Unter trocken liegenden Gangstrecken finden sich mehrfach tiefer liegende wasserführende Kanäle gleicher Neigung, die etagenförmig übereinander geordnet durch Schächte verbunden sind. Die Höhlenbildung erscheint im vertikalen Sinne durch Bruchfugen vorgezeichnet. Die flache Neigung der Gänge, die Gleichsinnigkeit mehrerer Niveaus wird bedingt durch die Kalkbänke

trennenden mergeligen Zwischenmittel, die als wasserundurchlässige Horizonte das Wasser an ihrer Oberfläche weiterführen. Die geringe Neigung der Gänge endlich hat ihre Ursache in der flachen Lagerung der Schichten. Es findet sich hier also der Typus der Bruchfugenhöhle vergesellschaftet mit jenem der Schichtfugenhöhle. Bemerkenswert erscheint ein gewisses Vorherrschen der südnördlichen Richtung im Verlauf dieser Höhlen. Es geht wohl zurück auf das Dominieren ebenso gerichteter Bruchlinienzüge in diesem Gebirgsanteil, wie sie etwa die gegen Westen, nach dem Salzachtal hin zunehmende Abbeugung der Oberalmerschichten bedingt.

Bringt man die Höhlen des Tauglgebietes zu den Oberflächenbildungsphasen nach Machatschek in Beziehung, so lassen sich die durch die mittlere Höhenlage von 1365 m gekennzeichnete Gruppe mit dem Stadium I, die Gruppe mit der Mittelhöhe von 1102 m mit dem Stadium II, die Höhlen mit einer mittleren Höhe von 900 m mit dem Stadium III und jene mit einer Mittelhöhe von

746 m mit dem präglazialen Stadium IV in Einklang bringen.

Hier im Voralpengebiet tritt also jene deutliche Ausprägung der dem Stadium I angehörenden Höhlengruppe, die im Hochgebirge (Tennengebirge und Untersberg) weitaus überwiegende Höhlenzahlen aufweist, nicht in Erscheinung, während der geringe Zahlenunterschied der den späteren Oberflächenstadien II bis IV angehörenden Höhlengruppen gut übereinstimmt mit der gleichmäßigen Anzahl der entsprechenden Höhlengruppen dieser Stadien im Tennengebirge und Untersberg. Das fehlende Vorherrschen älterer Höhlen im Tauglgebiet hat seinen Grund in der an und für sich geringen Höhe der Voralpen gegenüber den Hochalpen, da nur verschwindende Massenanteile des Gebirges über 1400 m Höhe aufragen. Auch nimmt die Abtragung in den wenig widerstandsfähigen Juraschichten einen raschen Fortgang und konnte eine Höhlenbildung hier überhaupt erst nach Entfernung der die Jurakalke und Mergel bedeckenden Neokomschichten eintreten¹⁰).

Eine weitere Stütze für die Übereinstimmung der Höhlenhorizonte mit den von Machatschek festgestellten tertiären Oberflächenbildungsstadien ergibt sich bei Feststellung des Höhenverhältnisses der südlichen Hochgebirgshöhlengruppen zu den nördlichen, also der Höhlen des Tennengebirges zu jenen des Untersberges, wobei nur die prominentesten Höhlengruppen in Vergleich gezogen werden sollen. Die süd-nördliche Entfernung des Tennengebirges vom Untersberg, also in Richtung des Quertales der Salzach, beziehungsweise der seit jeher bestehenden Entwässerungslinie gemessen, beträgt 20 km. Die mittlere Höhe der bedeutendsten, dem Stadium I entsprechenden Höhlengruppe des Tennengebirges beträgt 1780 m, die entsprechende des Untersberges 1640 m, so daß sich ein mittlerer Höhenunterschied von 140 m ergibt. Das entspricht einem Gefälle der Verbindungslinie beider Horizonte von 70/00, das gute Übereinstimmung mit den von Machatschek für das Talbodengefälle seines Stadiums I gewonnenen Resultaten zeigt. Zugleich liegt darin ein Hinweis auf die Bildung dieser Höhlen noch vor der jungtertiären Hebung der Alpen über das Vorland.

Aus der Zusammenfassung der drei großen Höhlengruppen, wovon Tennengebirge und Untersberg die Hochgebirgshöhlen, das Tauglgebiet jene der Voralpen repräsentieren, ergibt sich für die Höhlen des Landes, die in überwiegender Zahl dem Kalkhochgebirge angehören, die in großen Zügen geltende Feststellung, daß die Höhlenbildung bereits mit der beginnenden Verkarstung der Kalkalpen im Altmiozän einsetzt und im Jungmiozän in der Hauptsache

¹⁰⁾ M. Hell: Die Höhlen im Westen von Hallein, S. J. 1922, S. 152.

vollendet ist. Daß die Höhlenbildung in den folgenden Oberflächenstadien Machatscheks II—IV gegenüber jener der miozänen weit zurückbleibt, erscheint in der durch fortschreitende Taleintiefung verursachten Isolierung der einzelnen Kalkgebirgsstöcke begründet, denen hiedurch die Zufuhr größerer Wassermengen von Süden her abgegraben worden war, so daß nur mehr die wesentlich geringere, auf die einzelnen Gebirgsstöcke aufkommende Niederschlagswassermenge die weitere Höhlenbildung fördern konnte. Demgemäß geht die Höhlenbildung in den pliozänen Stadien II und III, sowie im präglazialen Stadium IV in annähernd gleicher Intensität vor sich, wie die angeführten Zahlen dartun. Ein merkbarer Abschnitt in der Bildung von Höhlen ist mit dem Ende der Präglazialzeit gegeben, da die Glazialepoche infolge gehemmter Wasserzirkulation der Höhlenbildung wenig günstig war. Noch jüngere Etappen im Sinne einer Neuanlage oder weiteren Ausbildung natürlicher Karsthöhlen können mit Rücksicht auf die Kürze der verflossenen Zeit im allgemeinen wenig in Erscheinung treten, wenn auch die Höhlenbildung als stete Folge der mechanischen und chemischen Einwirkung des Wassers auf das Gestein einen permanenten Vorgang darstellt. Die unterste Höhengrenze für die Bildung von Hohlräumen auf diesem Wege erscheint durch die bestehende Vorflut, durch die derzeitige Höhenlage der Talböden im allgemeinen bestimmt. Doch sprechen unbeschadet dieses Umstandes verschiedene Wahrnehmungen dafür, daß in Talstrecken, die in glazialer Zeit eine Übertiefung erfahren haben, auch die Höhlenbildung dementsprechend in tiefer gelegene Talbodenhorizonte hinunterreicht. Bezüglich des Ausmaßes glazialer Talbodenübertiefung sei darauf hingewiesen, daß anläßlich einer Bohrung nahe beim städtischen Kurhaus in Salzburg bis in 70 m Tiefe unter das heutige Bodenniveau nur lose Anschüttungen konstatiert wurden¹¹). Es hat also streckenweise erst die postglaziale Akkumulation das heutige Talbodenniveau hergestellt, bezw. die Vorflut wieder gehoben. Hiedurch sind tiefer liegende Höhlenräume der unmittelbaren Beobachtung entrückt. Daß aber solche bestehen, läßt sich aus der Topographie von Höhlen schließen, die nahe oder im Niveau der heutigen Talsohle liegen und deren Gestein in einheitlicher Formation die dermalige Talsohle unterteuft. Solche Höhlen sind der Lamprechtsofen bei Lofer im Saalachtal, die Brunneckerhöhle im Paß Lueg und andere. Auch die wiederholt bei niederen Wasserständen gemachte Wahrnehmung, daß anscheinend die Durchflußwassermenge des offenen Flußbettes der Salzach im Paß Lueg eine viel geringere sein dürfte als flußaufwärts bei Werfen¹²), könnte auf seitliche Kommunikationsmöglichkeiten, das heißt auf das Vorhandensein von Höhlenstrecken unter dem derzeitigen Wasserspiegel der Salzach hindeuten.

Die über die drei Höhlengruppen im vorstehenden entwickelten Gedanken können im großen und ganzen sinngemäß auch für die Nachbargebiete gelten und lassen demnach die Kalkhöhlen des Landes als ehrwürdige Naturdenkmäler erkennen, deren Entstehung bis in das ältere Tertiär, der der Eiszeit unmittelbar vorangehenden geologischen Epoche, zurückgeht.

Ing. Martin Hell, Salzburg.

¹¹) H. Wolf, Artesische Brunnen in Salzburg, Verhandlg. der geologischen Reichsanstalt, Wien 1867, S. 109.

¹²⁾ Ich verdanke diesen Hinweis Herrn Oberinspektor Franz Pichler von der hydrographischen Abteilung der Landesregierung in Salzburg.