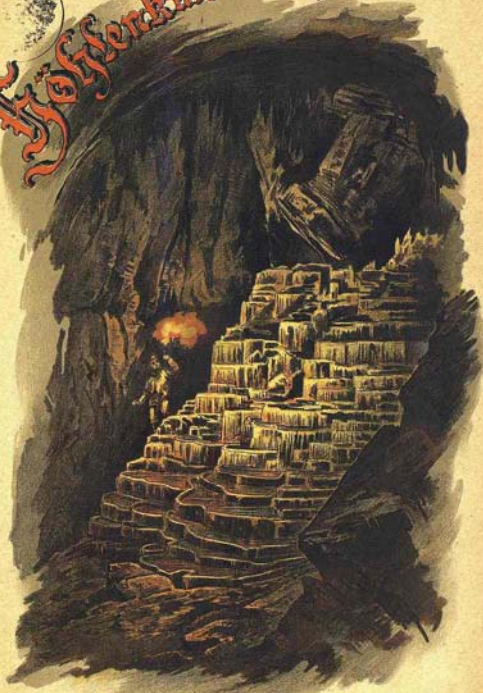


35174, VIII Ge

Geol. Anst. Wien

# Klosterkunde



Don  
Franz Krauß.

Verlag  
von  
Carl Gerold's Sohn  
Wien.

## Euere Excellenz!

Die Verdienste Euere Excellenz um die Erforschung der subterranean Verhältnisse in den österreichischen Karstländern sind nicht nur in dem engen Kreise der wenigen Specialisten der Höhlenforschung, sondern auch außerhalb desselben wohl bekannt. Ohne die Förderung, welche Euere Excellenz diesem Zweige der Wissenschaft stets angedeihen ließen, würde noch in mancher Hinsicht Unklarheit herrschen, wo heute durch die von Euere Excellenz angeordneten Studien vollgiltige Beweise erbracht worden sind. Auf Grund dieser Studien ist die Lösung sowohl der Entwässerungsfrage in den Kesselthälern von Krain, als auch jene der Wasserversorgung mit Trinkwasser nur mehr eine Frage der Zeit. Theoretisch können beide Fragen als gelöst betrachtet werden.

Gestatten es Euere Excellenz, die nachfolgenden Ausführungen, nachdem sie zum großen Theile auf die von Euere Excellenz angeordneten Erhebungen basirt sind, Euere Excellenz ergebenst zu widmen, womit ich die Ehre habe, mit dem Ausdrücke meiner vorzüglichsten Hochachtung zu zeichnen als

Euere Excellenz

Ergebenster

F r a n z   K r a u s

k. k. Regierungsrath.

Seiner Excellenz

Herrn Grafen Julius Falkenhayn

k. k. Ackerbauminister etc.

Wien.

## V o r w o r t.

---

Die Höhlenforschung hat in der letzten Zeit zwar bedeutende Fortschritte gemacht, aber als wissenschaftliches Specialfach ist sie noch immer nicht anerkannt. Auch sind die Fortschritte nicht so rasch erfolgt, als es wünschenswerth und auch möglich gewesen wäre, wenn sich ein größerer Kreis von Forschern betheiligt hätte. Die Specialisten der Höhlenforschung, die sich ausschließlich oder zum Mindesten vorzugsweise mit derselben beschäftigen, sind heutzutage noch sehr dünn gesäet, und sie wird daher zumeist, gleichwie in früherer Zeit, nur nebenbei von Geologen, Geographen, Entomologen zc. betrieben, je nachdem sich die betreffenden Fachmänner für eine oder die andere, mit der Höhlenkunde zusammenhängende Erscheinung oder für irgend eine Localität interessiren, die für den betreffenden Wissenszweig von Wichtigkeit ist.

Der Zweck dieses Buches besteht daher hauptsächlich darin, der Höhlenforschung neue Anhänger zu erwerben, welche dabei mitwirken sollen, das über die ganze Welt vertheilte massenhafte Studienmaterial zu bearbeiten und verlässliche Angaben darüber zu liefern. Kein Fachmann ist im Stand dieses ungeheuere Material aus eigener Anschauung beschreiben und die Wichtigkeit der in der Literatur vorhandenen Angaben prüfen zu können. Auch Laien können sich daher an der Höhlenforschung mit Erfolg betheiligen, wenn ihnen gewisse Grundprincipien bekannt sind, sowie die Methode, nach welcher sie vorzugehen haben. Die Bearbeitung des so gewonnenen wissenschaftlichen Materiales wird allerdings stets Sache erfahrener Fachmänner bleiben. Der Versuch, diese Grundprincipien, sowie die Forschungsmethoden in einem Buche zusammen zu fassen und dem Fache dadurch neue Jünger zu gewinnen, die nützlich wirken können, soll daher im Nachstehenden gemacht werden. Aehnliche Versuche einer Anleitung zur praktischen Höhlenforschung wurden schon wiederholt gemacht: Die kleine, recht verdienstvolle Arbeit von C. Fruwirth, die leider zerstückelt in den Jahrgängen 1883 und 1885 der „Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereines“ erschienen ist, sowie die noch kürzere Zusammenstellung: „Die Höhlen und ihre Erforschung“ von Josef S z o m b a t h y im „Jahrbuche des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ (Wien 1883), können als solche betrachtet werden, umfassen aber nicht die gesammte Höhlenkunde. Etwas vollständiger ist das Werk von W. Boyd Dawkins: „Die Höhlen und die Ureinwohner Europa's“ (übersetzt von Dr. W. Spengel, Berlin

1876); aber auch dieses behandelt nur ein enger begrenztes Gebiet der Höhlenforschung.<sup>1)</sup> Einzelne Partien werden in sehr anschaulicher Weise in den Werken von Dr. Adolf Schmidl, besonders in jenem: „Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Saas“ (Wien 1854), sowie in der Monographie von Graf Gundacker von Wurmb: „Ueber Höhlen und Grotten im Kalkgebirge von Peggau“ (Graz 1871), behandelt; aber ein die ganze Höhlenkunde umfassendes Werk besitzt weder die deutsche noch die fremde Literatur.

Es liegt ein gewisses Wagniß darin, wenn ein Autodidakt es unternehmen will, diese Lücke in der Literatur auszufüllen, weil dadurch gewissermaßen ein Eingriff in das Gebiet der zunächst berufenen, akademisch gebildeten Gelehrten geschieht. Wer sich jedoch im Besitze eines wissenschaftlichen Materiales befindet, welches theils durch langjährige eigene Forschungen, theils aus Quellen zusammengetragen worden ist, die nicht Jedermann leicht zugänglich sind, für den erwächst die Pflicht, dasselbe nicht egoistisch zu hüten und es allgemein zur Verfügung zu stellen, gleichviel, ob der Besitzer ein Laie oder ein Fachmann ist, und ohne Rücksicht darauf zu nehmen, ob er Lob oder Tadel dafür zu erwarten hat.

Einzelne Lücken und Irrthümer wird jedes Handbuch der Höhlenkunde aufweisen, denn es gehört zu den wesentlichsten Hindernissen, daß viele wichtige Objecte (wie die Kaltlufthöhlen von Rußland, die vulkanischen Höhlen von Island, die Niesenhöhlen von Amerika, die künstlichen Höhlen von Indien und von China zc.) nicht für Jedermann besuchbar sind, und daher nur auf Grund fremder Berichte besprochen werden müssen, welche nicht auf ihre Verlässlichkeit geprüft werden können. Ein durchwegs auf Autopsie beruhendes Handbuch der Höhlenkunde muß daher ein unerreichbares Ideal bleiben. Es soll aber wenigstens der Versuch gemacht werden, in dem vorliegenden Buche, mit Zuhilfenahme der arg zerstreuten Literatur, den ganzen Umfang der Höhlenkunde und den gegenwärtigen Stand dieses Wissenszweiges darzustellen. Vielleicht gelingt es einem Nachfolger besser, ein allen Wünschen entsprechendes Werk zu schreiben, welches die gesammte Höhlenkunde umfaßt. Möge dieser erste Versuch daher als solcher eine nachsichtige Beurtheilung erfahren. Darum ersucht höflichst

**Der Verfasser.**

---

<sup>1)</sup> Die Ansichten von Dawkins nähern sich jenen von Mojsisovics bezüglich der Anfänge der Höhlenbildung. Heute haben derlei Ansichten aber schon weit mehr Gegner als Freunde. Der Standpunkt, den Dawkins in geologischer Hinsicht einnimmt, läßt sich durch das Datum der Veröffentlichung der englischen Ausgabe (1874) begreifen. Diesbezüglich sagt Professor Dr. S. H. Kloss: „Er schrieb dies in 1874, zu einer Zeit, wo unsere neuen, von den alpinen Geologen ausgehenden Ansichten über Gebirgsbildung noch nicht so allgemein als Grundlage galten wie dies jetzt geschieht.“ Der geologische Theil des Buches umfaßt nur 57 Druckseiten.

# Inhalt.

	Titel.		Seite
	Dedication.		
	Inhalt.		
	Vorwort.		
I. Capitel.	Literatur . . . . .		1
II. Capitel.	Höhlenbildungs-Theorien . . . . .		11
III. Capitel.	Systematik . . . . .		35
IV. Capitel.	I. Classe. Ursprüngliche Höhlen.		
	A. In krystallinischen Gesteinen . . . . .		38
	B. In klastischen Gesteinen . . . . .		42
V. Capitel.	II. Classe. Später gebildete Höhlen.		
	A. Erodirte Klüfte und Spaltenhöhlen . . . . .		43
	B. Erosionshöhlen . . . . .		49
	C. Trockene Grotten . . . . .		70
	D. Nischenhöhlen oder Halbhöhlen und Felsbrücken . . . . .		86
	E. Corrosionshöhlen . . . . .		98
	F. Ueberdeckungshöhlen . . . . .		106
VI. Capitel.	Oberirdische Erosions-Erscheinungen . . . . .		110
VII. Capitel.	Kesseltäler . . . . .		140
VIII. Capitel.	III. Classe. Künstliche und bewohnte Höhlen . . . . .		164
	A. Natürliche Höhlen, die menschlichen Zwecken gedient haben oder noch dienen . . . . .		164
	B. Umgewandelte natürliche Höhlen . . . . .		170
	C. Künstlich geschaffene Höhlen und höhlenartige Hohlräume . . . . .		178
IX. Capitel.	Das Ende des Höhlenbildungsprocesses . . . . .		194

## A n h a n g.

X. Capitel.	Eishöhlen . . . . .	207
XI. Capitel.	Sagenhöhlen . . . . .	220
XII. Capitel.	Höhlenfunde . . . . .	230
XIII. Capitel.	Praktische Winke und Beispiele . . . . .	245
	Schlußbemerkungen . . . . .	289
	Namenregister . . . . .	293
	Sachregister . . . . .	297
	Verzeichniß der Beilagen . . . . .	308



## I. Capitel.

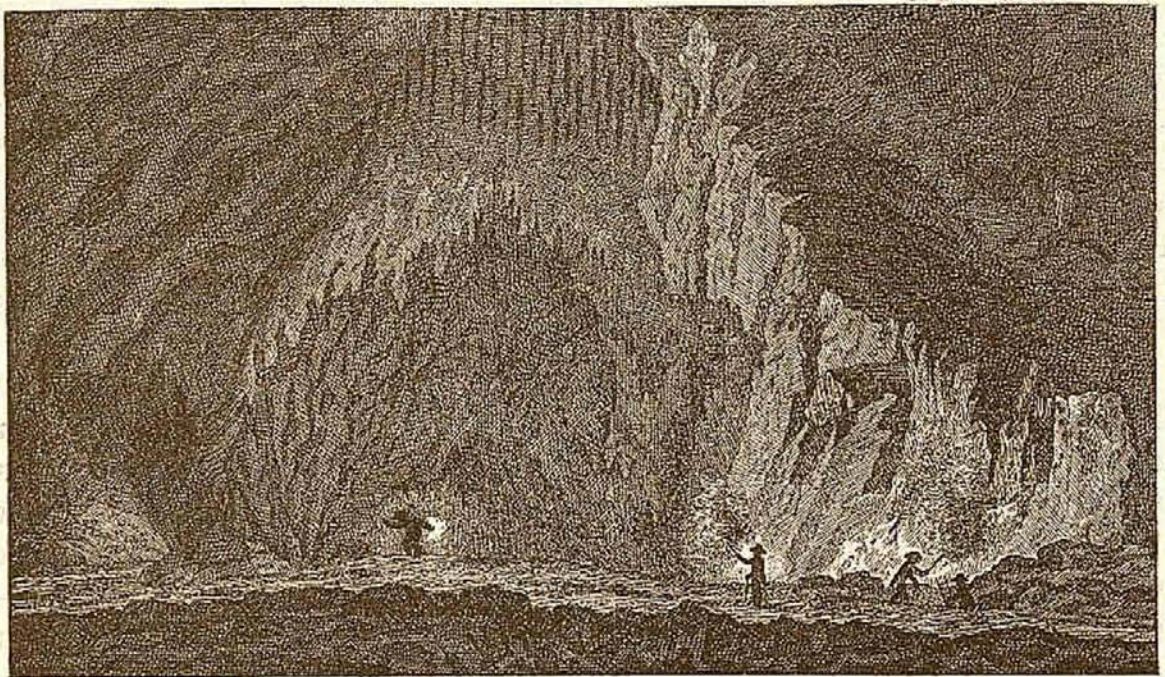
# Literatur.

Zu den ältesten Werken, welche über Höhlen ausführlicher handeln und die heute noch lesenswerth sind, gehören: das 1689 in Laibach erschienene Werk von Johann Weichard Freiherrn von Valvasor, *Die Ehre des Herzogthums Krain*. — G. H. Behrens, *Hereynia curiosa*, Nürnberg und Altdorf 1720. — Balthasar Hacquet, *Oryctographia carniolica*, Leipzig 1778. — Johann Friedrich Esper, *Ausführliche Nachrichten von neuentdeckten Zoolithen* &c., Bayreuth 1774. — Tobias Gruber, *Briefe, hydrographischen und physischen Inhalts aus Krain*, Wien, 1781. — Hösslin, *Beschreibung der württembergischen Alb*, Stuttgart 1798. — Dr. G. A. Goldfuß, *Die Umgebung von Muggendorf*, Erlangen 1810. — Bory de Saint Vincent, *Voyage souterrain ou description du plateau de Saint Pierre de Maestricht*, Paris 1821. — Ch. W. Ritter, *Beschreibung der größten und merkwürdigsten Höhlen des Erdbodens*, Hamburg, Bd. I, 1801, Bd. II, 1802, Bd. III, 1806; und noch manche Andere, die zum Theile später noch Erwähnung finden werden.

Bis zum Anfange unseres Jahrhunderts ist die Höhlenliteratur noch leicht zu übersehen. Es scheint eine Zeit gegeben zu haben, zu der man sich für Höhlen lebhafter interessirte, aber schon Hacquet klagt, daß diese Zeit vorüber sei. Erst das Eingreifen der Geologen und Anthropologen hat die Höhlen wieder populärer gemacht. Für die Forschungen der Geologen hat sich das große Publicum weniger interessirt. Die Funde der Anthropologen, die zum Theil wenigstens einen gewissen Gebrauchswerth besitzen — wenn es auch nicht immer Schätze nach dem landläufigen Begriffe waren — lagen dagegen der Auffassung des Publicums weit näher als die Knochen diluvialer Thiere, von denen viele Wagenladungen in die Spodiumfabriken noch heute wandern, wenn die Knochengräber nicht durch Absperrung der Höhlen an ihrem Geschäfte gehindert werden. Gäbe es ein großes Publicum, welches an den Höhlen und ihrer Erforschung Antheil nimmt, so würden mehr Höhlen abgesperrt werden und mancher für die Wissenschaft werthvolle Fund bliebe für dieselbe gerettet. Aus diesem Grunde muß es als ein Vorurtheil betrachtet werden, wenn man glaubt, daß die Wissenschaft des Laienpublicums gänzlich entzathen und als Selbstzweck betrieben werden kann. Dazu wäre die Höhlenforschung schon wegen ihrer Kostspieligkeit ungeeignet und bliebe ein Privilegium der Begüterten, von denen nur Einzelne das nöthige Wissen besitzen, aber vielleicht nicht die Lust, ein solches Studium auch praktisch zu betreiben, welches außerdem auch Anforderungen an die Körperkraft, Gewandtheit und an den persönlichen Muth stellt, denen nur Wenige gewachsen sind.

Aus Rücksicht auf den Leserkreis jener Zeit mögen die älteren Schriften die Höhlen zumeist nur vom Standpunkte der Naturwunder behandelt haben. Erst durch

das Eintreten der Geologen wurde die Richtung eine strenger wissenschaftliche; der descriptive Theil wurde Nebensache, die Höhlenbildung und der Höhleninhalt wurden Hauptsache. Die Geologen, welche sich mit Höhlen beschäftigten, sondern sich in zwei Gruppen, von denen eine sich mit dem genetischen und die andere mit dem zoopaläontologischen Theile befaßte. Später fand eine neue Scheidung unter den Höhlenforschern statt, wozu die prähistorischen Funde den Anlaß gaben, deren wissenschaftlicher Werth noch länger unbekannt blieb, als jener der Thierreste. Erst der neuesten Zeit war es vorbehalten, auch den Werth der Höhlenforschung für die Meliorationstechnik zu erkennen und von da an tritt eine allerdings noch spärliche Reihe von Schriften auf, in denen die Höhlenforschung nach einer Richtung behandelt wird, die von den früheren stark divergirt. Für diese neue Richtung treten wieder neue (zumeist technische) Zeitschriften und Bücher ein, die wohl nur selten in die Hände Jener gelangen dürften, welche die Höhlenforschung vom Standpunkte des Prähistorikers oder des Naturforschers betreiben, wozu auch die Entomologen zu zählen sind, die sich mit der lebenden Höhlenfauna beschäftigen.



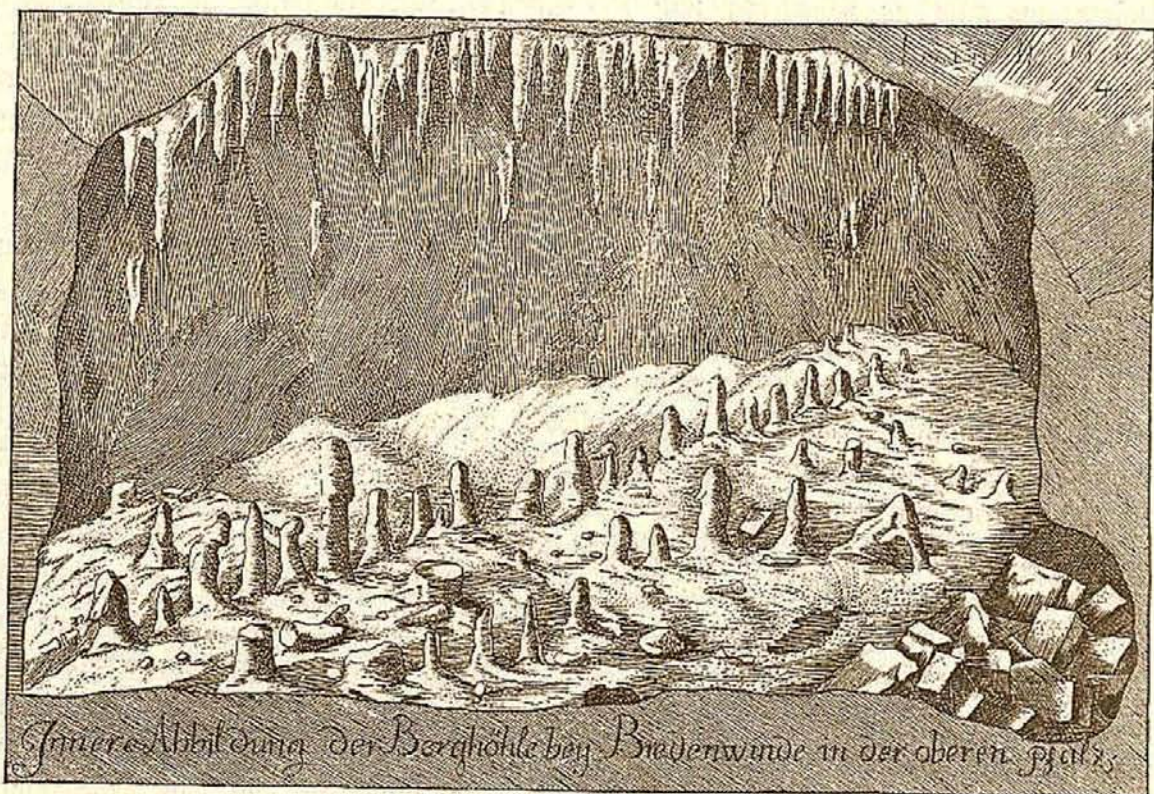
Ansicht des Einganges zur Grotte des Schülerlochs oder der Nibelshöhle bei Kehlheim a. d. Donau.

Die Beherrschung der modernen Höhlenliteratur ist, abgesehen von der Vielsprachigkeit, schon aus dem angeführten Grunde der Zersplitterung in so viele Disciplinen, ein Ding der Unmöglichkeit, und es kann daher nur angegeben werden, auf welchem Wege man sich die Kenntniß der wesentlichsten Literatur verschaffen kann. Hierbei kommen in erster Linie die geographischen lexikalischen Werke in Betracht, sowie Reisebeschreibungen und geographische Fachzeitschriften. Carl Ritter's großes Werk „Die Erdkunde“, Berlin 1822—1859, ist eine wahre Fundgrube für Nachrichten über Höhlen aus älterer Zeit. In den neueren Lexika's sind die Höhlen weit stiefmütterlicher behandelt. Das Illustrationsmateriale in den älteren Werken ist fast stets sehr mangelhaft, wie die vorstehende Probe zeigt, die aus Kayser's „Geographische Unterhaltungen“ (Augsburg 1823, 2. Bd. 1. Abtheil.) entnommen ist. Dieselbe stellt das Innere des Schülerloches bei Kehlheim vor. Bei Kayser heißt die Höhle

„Schülerloß“. In den geographischen Publicationen findet man zumeist gute topographische Angaben, die man gut thun wird, in einem Zettelkataloge mit kurzen Schlagworten zu verzeichnen, den man geographisch ordnen kann<sup>1)</sup>.

Jede neue Nachricht, die man in der Literatur findet, trägt man in den Zettel der betreffenden Localität mit kurzen Schlagworten und Bezeichnung der Quelle ein und auf diese Weise wird man binnen kurzer Zeit ein werthvolles Materiale gesammelt haben. Bei Citaten versäume man nie, sich von der Richtigkeit derselben zu überzeugen, weil hierbei oft nicht nur Druckfehler in den Ziffern beim Abschreiben unterlaufen sind, sondern sogar der Inhalt in Folge einer mißverständlichen Auffassung des citirenden Autors ein ganz anderer im Originale als im Citate ist.

Von geographischen Werken sind selbstverständlich auch die Lehrbücher zu berücksichtigen, die zumeist eine Höhlenbildungstheorie sowie Localitätenangaben und Beschreibungen enthalten, welche die Theorien erläutern sollen. Man darf aber nicht ver-



*Innere Abtheilung der Berghöhle bey Bredewinde in der oberen Pfalz*

gessen, daß unsere geographischen Lehrbücher Compilationswerke sind, und daß in Folge dessen die Verlässlichkeit der darin enthaltenen Angaben von jener der Quellen abhängen muß, aus denen der Autor geschöpft hat. Darum wird man gut thun, nach den Quellen zu forschen und zu untersuchen, ob dem Pro nicht ein ebenso gewichtiges Contra entgegensteht, was besonders von den Theorien gilt, von denen viele noch sehr controvers sind.

In Bibliotheken bewahrt man auch alte Zeitungen auf, in denen manche schon vergessene Nachrichten über Höhlen und mitunter auch Illustrationen enthalten sind. Eine solche über die Höhle von Bredewinde ist enthalten in der Zeitung „Churpfalzbaierisches Intelligenzblatt“, 57. Stück, München den 30. Dezember 1786. Die obenstehende Illustration ist dieser Nummer beigegeben. Im Texte wird schon auf die reihenförmige Anordnung der Tropfsteingebilde besonders aufmerksam gemacht.

<sup>1)</sup> Diese Methode hat sich dem Verfasser als sehr nützlich erwiesen, weil sie eine leichte Uebersicht über das vorhandene Materiale ermöglicht.



Aus allen vorerwähnten Quellen kann man schon eine bedeutende Anzahl von Nachrichten theoretischer oder descriptiver Natur sammeln. Es ist aber ganz gleichgiltig, mit welchem Literaturzweige man bei der Anlage eines Zettelcataloges beginnt. Eben so gut wie die geographische, kann auch die geologische Literatur für den Anfang gewählt werden. Diese ist ebenfalls unendlich reich an Nachrichten über Höhlen, u. zw. sowohl an theoretischen als an descriptiven.

Die ältere geologische Literatur steht auf dem montanistischen Standpunkte, weil sie dazu durch den Umstand gezwungen war, daß man es aus religiösen Gründen nicht gelten lassen wollte, daß die Versteinerungen etwas Anderes als Naturspiele seien. Höchstens gestattete man, sie als Ueberreste der „Sündfluth“ zu betrachten. Es gab aber schon im 17. Jahrhunderte Leute, welche die wahre Natur der Petrefacten erkannt haben. Im vierten Buche von Valvasor, welches von den Naturraritäten handelt, wird diese alte Streitfrage schon (1689) besprochen. Im Jahre 1727 wird schon ein *Belemnites suevicus* beschrieben und 1749 wurden bei Holzmaden in Württemberg die ersten vollständigen Reste eines *Schiosaurus* von einem Mediciner gefunden. Anderswo galten aber noch die in Höhlen entdeckten Knochen der diluvialen Thiere als Riesen- oder als Einhornknochen. Es ist ein Verdienst der alten Montanisten, daß sie den heutigen Geologen so trefflich vorgearbeitet haben, trotzdem sie gegen die damals herrschenden Meinungen ankämpfen mußten.

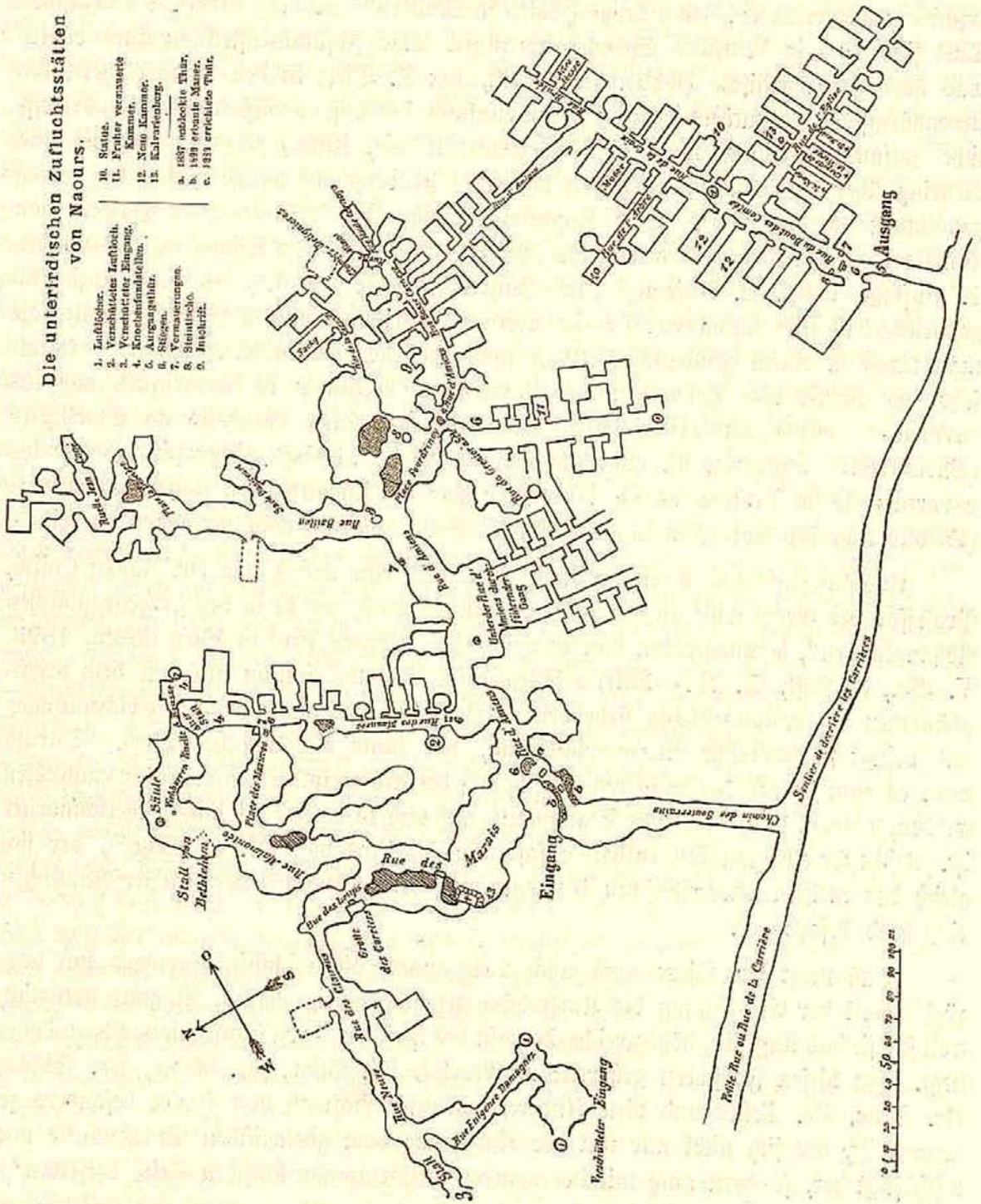
Ueber Höhlen selbst findet man wenig in den älteren montanistischen Werken, in den modernen geologischen Lehrbüchern sind aber häufig einzelne Höhlen als Beispiele für eine bestimmte Bildungsart angeführt. Auch Knochenhöhlen werden da vielfach erwähnt. Ueber die Osteologie besteht übrigens eine Specialliteratur, die Hunderte von Werken in allen Sprachen enthält. Neben diesen Lehrbüchern und Specialwerken kommt aber auch die periodische geologische Literatur in Betracht. Eine der ältesten Abhandlungen dürfte nach den bereits erwähnten jene Cuvier's sein, welche 1796 unter dem Titel: „*Sur les têtes d'Ours fossiles des Cavernes de Gailenreuth*“ im „*Bulletin de la société Philomatique*“ (Paris 1796) veröffentlicht worden ist. Manche dieser periodischen älteren Schriften sind höchst selten geworden und sind nur mehr in großen Bibliotheken zu finden. In neuerer Zeit sind aber so viele periodische Schriften von Staatsanstalten, Vereinen und von Privatunternehmern entstanden, daß eine Aufzählung ein eigenes Buch füllen könnte. Die größeren periodischen Schriften sind wohl bekannt, allein neben diesen gibt es auch solche, die von kleineren Vereinen in Provinzstädten herausgegeben werden und demzufolge eine so geringe Verbreitung haben, daß sie nur durch Zufall in die Hände eines Fremden gelangen. Die hochinteressanten ersten Berichte über die Entdeckung der *souterrains refuges* von Maours sind beispielsweise im „*Bulletin de la Société d'Emulation*“ von Abbeville 1889 erschienen und wurden dem deutschen Fachpublicum erst 1892 durch einen Aufsatz in der Zeitschrift „*Globus*“ bekannt. Viele Nachrichten in Zeitschriften, die in slavischen Sprachen erscheinen, gehen total verloren für die deutschen Forscher, wenn nicht Einer oder der Andere zufällig der betreffenden Sprache mächtig ist. Die Hauptwerke sind zum Glück in Weltsprachen gedruckt. So Schmerling's berühmtes Werk: „*Recherches sur les ossements fossiles, découvertes dans les cavernes de la province de Liège*“ (Rüttich 1833—1834) und Brandt's „*Untersuchungen über die in den altaischen Höhlen aufgefundenen Säugethierreste*“ (Petersburg 1870 in den Akademieschriften).

Auch hat man schon versucht, Zusammenstellungen der Höhlenliteratur zu machen, die aber stets sehr lückenhaft blieben. Dr. Heinrich Braun führt in seinem Buche

„Ergebnisse meiner naturhistorisch-ökonomischen Reisen“ (Leipzig und Heidelberg 1832) im zweiten Theile S. 513 eine Reihe von Fundstätten von fossilen Bärenknochen an, nebst Hinweis auf die Literatur darüber oder die Sammlung, in der sich die Belegstücke finden. Auch Dawkins (loc. cit.) bringt S. 286—287 eine Zusammenstellung

Die unterirdischen Zufluchtsstätten von Naours.

- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| 1. Luftlöcher.         | 10. Stütz.                    |
| 2. Verstehtes Loch.    | 11. Früher vermauerte Kammer. |
| 3. Verstehter Eingang. | 12. Neue Kammer.              |
| 4. Knochenmüllstein.   | 13. Kalvarienberg.            |
| 5. Stütz.              |                               |
| 6. Stütz.              |                               |
| 7. Verstehter Eingang. | a. 1887 erbaute Thür.         |
| 8. Stütz.              | b. 1899 erbaute Mauer.        |
| 9. Inlet.              | c. 1931 erbaute Thür.         |



der Höhlenfunde, welche 39 Thierarten, die in 40 Localitäten vorkommen, anführt. Massalongo publicirte in den naturwissenschaftlichen Abhandlungen von W. Haidinger (14. Bd., 4. Abth., S. 31) in italienischer Sprache eine kleine Liste der Literatur über den Höhlenbären nach Emile Cornalia, die nur 15 Werke anführt, während damals schon die zehnfache Anzahl von diesbezüglichen Schriften erschienen war. Sie waren

ihm eben in Vicenza nicht bekannt geworden. Ein Literaturverzeichnis über die Osteologie fossiler Säugethiere und Vögel ist der Arbeit von Dr. M. Kriz, „Die Höhlen in den mährischen Devonkalken und ihre Vorzeit“ (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 41. Bd., 3. Heft, S. 443) angegeschlossen (S. 557—569). Ein zweites Verzeichnis über die Literatur, welche auf das mährische Höhlengebiet Bezug hat (107 Nummern umfassend) ist enthalten in dessen in Brünn 1878 in tschechischer Sprache erschienenen Werkchen: „Ueber einige Höhlen in Mähren“ (S. 176—183). Die deutschen Titel sind auch in deutscher Sprache angeführt. Eine Zusammenstellung alles dessen, was über siebenbürgische Höhlen bekannt ist, hat A. Bielz in den „Jahrbüchern des siebenbürgischen Karpathenvereines“ (Hermannstadt 1884 ff.) veröffentlicht. Als vortreffliche Zusammenstellung muß die Collectivarbeit von Zittel, Ranke, Gümbel und Nehring über die bayerischen Höhlen bezeichnet werden, auf welche noch öfter Bezug genommen werden wird. Eine Zusammenstellung der bedeutenderen Höhlen von Württemberg ist enthalten in dem Buche „Geologische Ausflüge in Schwaben“; Tübingen, 1. Auflage 1864, 2. Auflage, ohne Jahreszahl (S. 180 ff.), die sehr anziehend geschrieben ist und mancherlei Details über die württembergischen Höhlen enthält, die man kaum in einem geologischen Buche suchen würde (Sagen etc.). Daubrée rühmt sehr eine Arbeit von Desnoyer: „Recherches géologiques et historiques sur les cavernes“, welche im „Dictionnaire universel d'histoire naturelle de d'Orbigny (Paris 1845) erschienen ist. Eine ähnliche Arbeit ist: „Essay géographique sur les cavernes de la France et de l'étranger par A. Lucante, en deux fascicules“. (Selbstverlag des Autors in Courransan.) Dieselbe scheint jedoch vergriffen zu sein<sup>1)</sup>.

Ausschließlich über Karsterscheinungen existirt eine Arbeit von Dr. Jovan Čoičić, Professor der Geographie an der Hochschule zu Belgrad, welche in den „Geographischen Abhandlungen“, herausgegeben von Professor Dr. Albrecht Penk in Wien (Wien, 1893, V. Bd., 3. Heft, S. 217—330) erschienen ist. Dieselbe umfaßt alle mit dem Karstphänomen in Zusammenhang stehenden oberirdischen und unterirdischen Erscheinungen und bringt so zahlreiche Literaturnachweise, wie kaum ein ähnliches Werk. Darum kann es zum Zwecke der leichteren Auffindung der arg zerplitterten Literatur empfohlen werden, obwohl der theoretische Standpunkt, auf dem es basiert, ein längst überwundener ist. Reichliche Quellenangaben enthalten fast alle Schriften von Dr. E. Tietze<sup>2)</sup>, der sich gleich den meisten österreichischen Geologen mit dem Studium der Karsterscheinungen eingehend befaßt hat.

Daß nebst Dr. Tietze auch noch viele andere österreichische Geologen sich vorzüglich mit der Erforschung des Karstphänomens beschäftigt haben, ist ganz natürlich, weil für sie das klassische, höhlenreiche Terrain des istrianer Karst sozusagen vor dem Thore liegt. Zu diesen Forschern gehören: v. Morlot, Dr. Pilar, Dr. Meyer, Dr. Stache, Dr. Stur, Dr. Teller und viele Andere, worunter Hofrath von Hauer besonders zu nennen ist, der sich nicht nur mit der Karstfrage vom geologischen Standpunkte aus beschäftigt hat, sondern auch mit der neueren meliorationstechnischen Seite derselben<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Diese beiden Arbeiten hat Verfasser nicht selbst zu Gesichte bekommen, sie werden jedoch mehrfach citirt und mußten deshalb angeführt werden.

<sup>2)</sup> Ueber seine diesbezüglichen Schriften s. S. 19.

<sup>3)</sup> Dr. Franz Ritter von Hauer: Berichte über die Wasserverhältnisse in den Kesselthälern von Krain, österreichische Touristenzeitung, Wien, 1883, S. 25—31 und 37—41.

Diese letztere Seite wurde in älterer Zeit durch Gruber<sup>1)</sup> und Hacquet, später durch Vicentini<sup>2)</sup>, Bayer, Tietze und Pilar und in neuester Zeit durch Verfasser dieses, sowie durch die Herren Ingenieure Frasky, Putick und Riedel in der Literatur repräsentirt. Ein größeres Sammelwerk über die gewonnenen Erfahrungen existirt nicht, so oft auch der Wunsch darnach ausgesprochen worden ist. Das Wesentlichste ruht in den Acten des k. k. Ackerbauministeriums in Wien, des Landesauschusses von Krain in Laibach und der bosnisch-herzegowinischen Landesregierung. Kürzere Mittheilungen sind enthalten in der „Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein“, in den Zeitschriften „Globus“, „Ausland“, „Stein der Weisen“, „Pettermann's geographische Monatshefte“, „Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik“, „Himmel und Erde“, „Gäa“, „Österreichische Touristen-Zeitung“, „Mittheilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereines“ und in den Tagesblättern.

Sehr mannigfaltig sind die Publicationen, welche sich mit der prähistorisch-anthropologischen Seite der Höhlenforschung beschäftigen. Dieser Wissenszweig ist noch nicht alt, denn er reicht nicht viel über das Jahr 1840 zurück. Trotzdem hat er in dieser Zwischenzeit ungeheure Fortschritte gemacht und sich ein Anrecht auf die öffentliche Beachtung erworben. Die erste Anregung ging von Boucher de Perthes aus, der von 1836 bis 1841 in der Umgebung von Abbeville im Diluvium und in den dortigen Höhlen Nachgrabungen anstellte, die ihm Steinwerkzeuge lieferten. Die Gelehrten von Paris, denen er 1839 seine Funde vorlegte, verlachten ihn jedoch, und es vergingen fast fünfzehn Jahre, bis ein bekehrter Gegner — Dr. Rigollot<sup>3)</sup> — es wagte, für die Ansicht Boucher de Perthes' in einer Abhandlung einzutreten, wodurch das maßgebende Institut de France bewogen werden sollte, seine der Frage gegenüber ablehnende Haltung aufzugeben. Vor Dr. Rigollot waren es die Gelehrten: Brogniart, Flourens und Dumas, welche Boucher de Perthes bei seinen Forschungen ermutigten und sich (wie Joly sagt) für nahezu überzeugt erklärten. Die von Boucher de Perthes behauptete Gleichzeitigkeit des Menschen mit den Resten der diluvialen Thiere in den Ablagerungen im Thale der Somme konnte durch den Fund eines halben menschlichen Unterkiefers erwiesen werden, den er am 27. März des Jahres 1863 in einer Ablagerung fand, die Steinwerkzeuge und Zähne von *Elephas primigenius* enthielt. Am 24. April 1863 legte Quatrefages das Stück dem Institut de France vor, seine hohe Wichtigkeit betonend. Damit war aber das Martyrium des Entdeckers noch nicht zu Ende. Elie de Beaumont war selbst durch das in Abbeville 1863 von hervorragenden englischen und französischen Gelehrten aufgenommene Protokoll über die Besichtigung des Fundplatzes nicht zu überzeugen, und bezeichnete die Coexistenz des Menschen mit dem Mammuth und dem wollhaarigen Nashorn als einen Irrthum oder als ein Hirngespinnst. Angesichts der in anderen Ländern gefundenen Beweisstücke konnten die französischen Gelehrten der alten Schule ihre negirende

<sup>1)</sup> Gruber ist der Erbauer des nach ihm benannten Gruberkanals in Laibach.

<sup>2)</sup> Von Vicentini existirt ein umfangreiches Project aus dem Jahre 1875 zur Entwässerung der Kesselthäler von Krain, von dem nur wenige lithographirte Abzüge existiren. Ein ähnliches Project, welches aber den Hauptzweck verfolgte, die Südbahn durch die Höhlen zu leiten, liegt gedruckt in einem kleinen Hefte vor. Der Verfasser ist Prof. Dr. Chr. Aug. Voigt. Die Schrift erschien 1850 in Wien bei L. Sommer, unter dem Titel: „Vorschlag zu einer Eisenbahn“. Ein drittes Meliorations-Project, vom Landesingenieur Witschel, befindet sich in den Acten des Landesauschusses von Krain. Es betrifft aber nur das Planinathal.

<sup>3)</sup> Dr. Rigollot ist der Entdecker des prähistorischen Fundplatzes von Saint-Acheul.

Haltung nicht mehr lange aufrecht erhalten und mußten ihre Gegnerschaft ebenso aufgeben wie Leyell<sup>1)</sup>, als er 1860 die Funde sah, die Schmerling seit dem Jahre 1832 bis 1860 gemacht hatte. Boucher de Perthes hatte übrigens Leidensgenossen in de Christol, welcher der Akademie 1829 eine Abhandlung „Notices sur les ossements fossiles des cavernes du département du Gard“ vorlegte, und Foly, der 1832 in der Bibliothèque universelle de Genève einen Aufsatz ähnlichen Inhalts veröffentlichte<sup>2)</sup>. Beide traten für die Gleichzeitigkeit des Menschen mit den diluvialen Thieren ein; das Gleiche that Marcel de Serres 1838, ging aber später wieder von dieser Meinung ab.

In England blieb die Ansicht Buckland's von der Nichtgleichalterigkeit, die er in seinem bedeutenden Werke „Reliquiae diluvianae“ (London 1823) vertrat, lange Zeit noch die herrschende. Im Jahre 1858 ließ jedoch die Royal Society in London, welche sich gegen die Lehrmeinungen Buckland's in Opposition befand, die Brixham-Höhle in Devonshire durch die Gebrüder Falconer und Herrn Prestwich untersuchen, und die dort gemachten Funde waren glänzende Beweise für die Gleichalterigkeit, die nun ihren Weg als allgemein anerkannte Lehrmeinung machte. Die Literatur der folgenden Jahre bringt dies deutlich zum Ausdrucke.

Ursprünglich durch Geologen betrieben, breitete sich die anthropologische Richtung immer mehr aus, und es interessirten sich naturgemäß besonders Anatomen für die Funde von menschlichen Nesten in Höhlen und Gräbern. Diese Specialität wird in Deutschland stark cultivirt, und es nimmt unter ihren Vertretern Professor Virchow in Berlin die dominirendste Stelle ein.

Zu den wichtigsten Entdeckungen auf deutschem Boden gehört der berühmte gewordenen Neanderthal-Schädel, den Fuhlrott in der sogenannten Feldhofer Kirche, einer kleinen Höhle im Neanderthale bei Düsseldorf im Jahre 1856 (Leyell sagt 1857) fand, welche seither zerstört worden ist. Leyell sah sie noch 1860. Auch dürfte es am Platze sein, hier zu erwähnen, daß Esper schon 1774 infolge seiner Funde in der Gailenreuther Höhle die Coexistenz des Menschen mit der Thierwelt der Diluvial-epoche nachgewiesen hat, die er „die Zeit des Unterganges der ersten Welt“ nennt. Das Beweismateriale nahm Buckland im Jahre 1816 nach England mit, und nach Dawkins soll sich ein Theil davon im Oxford'ser Museum befinden.

Die Höhlenforschung wird durch Anthropologen aller Länder eifrig betrieben und die Publicationen werden immer zahlreicher. Lehrbücher tauchen auf, und an einzelnen Universitäten bestehen bereits Lehrkanzeln für das Fach. Vereine und Privatunternehmer geben periodische Schriften heraus, in denen den Höhlenfunden eine große Aufmerksamkeit geschenkt wird und die man daher alle lesen sollte, wenn es überhaupt möglich wäre, neben der geographischen und geologischen Literatur auch die zahlreichen anthropologischen Schriften, die in vielen Sprachen erscheinen, noch zu

<sup>1)</sup> Leyell selbst äußert sich hierüber freimüthig, indem er sagt: Ich selbst konnte mich, als ich ihn im Jahre 1832 zuerst besuchte und seine prächtige Sammlung besichtigte, nicht überzeugen, und legte seinen Entdeckungen, welche ich in der dritten und in den folgenden Auflagen meiner „Grundzüge der Geologie“ mittheilte, nicht dasjenige Gewicht bei, welches sie, wie ich nunmehr glaube, verdienen. (Siehe: „Das Alter des Menschengeschlechtes“ von Sir Charles Leyell, übersetzt von Dr. Louis Büchner, Leipzig 1864, p. 39.) Leyell's anfängliche Zweifel waren übrigens schon 1859 durch den Besuch der Brixham-Höhle stark erschüttert worden.

<sup>2)</sup> „Der Mensch vor der Zeit der Metalle“ von N. Foly (deutsch übers.), Leipzig 1880, enthält ausführliche Nachrichten über die Entwicklungsgeichte der Anthropologie in Frankreich.

bewältigen. Nachdem aber die hervorragenderen Fachzeitschriften sich keine wichtigere Erscheinung entgehen lassen, so kann man sich darauf beschränken, diese leicht zugänglichen Quellen vorzugsweise zu benützen. Die Anzahl der in den anthropologischen Schriften bereits beschriebenen Höhlen ist eine sehr bedeutende, und ohne Zuhilfenahme des empfohlenen Zettellataloges ist sie nicht mehr zu übersehen.

Zu den vorzüglichsten anthropologischen Gesellschaften, welche Publicationen herausgeben, gehören:

Anthropologische Gesellschaft in Wien,  
Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte in Berlin,  
Deutsche Gesellschaft für Anthropologie, Ethnographie und Urgeschichte in München,  
Anthropological Institute of Great-Britain and Ireland in London,  
Société d'Anthropologie in Paris, in Brüssel und in Lyon,  
Anthropological Society in Washington u. s. w.

Die Schriften der Akademien der Wissenschaften enthalten weiters Abhandlungen über Höhlen und die in denselben gemachten Funde. Außerdem kommen in Betracht die von Privatunternehmern herausgegebenen Fachzeitschriften und Revuen, wie: Das Journal L'Anthropologie in Paris, die „Prähistorischen Blätter“ in München, und Zeitschriften allgemeinen Inhalts, wie: „Antiqua“ (Straßburg), „Globus“ (Braunschweig), „Natur“ (Halle), „Stein der Weisen“ (Wien), zc. zc.

Das Ueberblicken der in diesem Capitel angeführten Literaturquellen übersteigt die Leistungsfähigkeit eines Einzelnen, und es wäre hier eine Arbeitstheilung sehr ersprießlich, die am besten durch eine freie internationale Vereinigung aller Freunde der Höhlenforschung herbeigeführt werden könnte. Die Mitglieder derselben könnten im Wege gegenseitigen Austausches sich auch Nachrichten über die fremdsprachige Literatur verschaffen, die ihnen auf anderem Wege kaum zugänglich wäre.

Fachvereine, welche nur die Höhlenforschung betreiben, gibt es mehrere, und zwar: Abtheilung für Grottenforschung der Section Küstenland des deutschen und österreichischen Alpenvereines in Triest, Verein „Anthron“ in Adelsberg und „Schwäbischer Höhlenverein“ in Gutenberg (Württemberg). In neuester Zeit soll sich auch ein Verein „Hades“ in Triest gebildet haben. Die Mitgliederzahl dieser Vereine ist jedoch nicht bedeutend und keiner gibt eigene Publicationen heraus<sup>1)</sup>, noch stehen sie miteinander in engerer Verbindung. Von der Gründung einer Société spéléologique spricht man in Paris schon seit längerer Zeit. Vielleicht kann diese voraussichtlich größere Vereinigung in der Zukunft den internationalen Contact aller Höhlenforscher

<sup>1)</sup> In Wien bestand vom Jahre 1879 bis 1880 ein Verein für Höhlenkunde, der während dieser Zeit den „Literaturanzeiger des Vereines für Höhlenkunde“ herausgab, von dem jedoch nur fünf Nummern erschienen sind. Nachdem der Verein seine Selbstständigkeit aufzugeben gezwungen war, fusionirte sich derselbe mit dem österreichischen Touristenclub, und bestand noch unter dem Titel „Section für Höhlenkunde des österreichischen Touristenclub“ bis 1888. Die „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des österr. Touristenclub“ waren das Vereinsorgan. Von diesem erschienen die Jahrgänge 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887 und 1888. Die „Mittheilungen der Section für Naturkunde des österr. Touristenclub“ bilden gewissermaßen die Fortsetzung, enthalten aber nur wenig mehr über Höhlen.

Der „Schwäbische Höhlenverein“ hat einige zwangslöse Hefte und Höhlenpläne an seine Mitglieder vertheilt, ein eigenes Fachorgan besitzt er jedoch nicht. — Ueber die Thätigkeit der Abtheilung für Grottenforschung kann man sich aus den Jahresberichten der „Section Küstenland des deutschen und österreichischen Alpenvereines in Triest“ informiren, welche stets ein kurzes Resumé über die Hauptleistungen der Abtheilung bringen. Das im Besitze dieses Vereines befindliche höchst

zur Durchführung bringen. Einstweilen wäre aber ein engerer Contact zwischen den deutschen Höhlenforschern anzustreben. Bayern, Württemberg, Thüringen, Mähren und die österreichischen Alpenländer (insbesondere die Karstdistricte) sind sehr höhlenreich, und es fehlt auch nicht an Forschern, welche die ihnen zunächstliegenden Höhlen studirt haben. Es liegt im Interesse des Faches, daß ein Austausch der gewonnenen Erfahrungen stattfinde, um eine Klärung der Ansichten herbeizuführen und allgemein giltige Theorien aufstellen zu können. Erst dann wird sich die Höhlenkunde Anerkennung verschaffen können, wenn die vielen derzeit noch controvertirten Fragen gelöst sein werden, und eine allgemein anerkannte Lehrmeinung zur Geltung gelangt sein wird. Dies kann aber nur durch eine Vereinigung aller Vertreter des Faches geschehen; der Einzelne vermag dies nicht!

---

werthvolle „Grottenbuch“ existirt nur in einem einzigen handschriftlichen Exemplar, in welches Fachleuten jedoch stets mit größter Zuborkommenheit Einblick gestattet wird. — Mit Höhlenforschung beschäftigt sich auch die „Società delle Alpe Giulie“ in Triest, deren in italienischer Sprache veröffentlichte Jahrbücher manche werthvolle Beiträge über Höhlenforschung enthalten. — Die Kremsjer Höhlenforscher bilden keinen eigenen Verband und wirken nur im Interesse des dortigen Museumvereines, dessen Mitglieder sie sind. — In Graz hat sich eine kleinere Gesellschaft die Erforschung der Höhlen im Schöckel zur Aufgabe gemacht. Außerdem besteht noch seit Kurzem ein Verein zur Erforschung der Höhlen in Steiermark, in Graz, welcher durch den Unfall, der sieben seiner Mitglieder in der Luegloch-Höhle bei Semriach betroffen hat, viel von sich reden gemacht hat, was vor definitivem Abchlusse des Manuscriptes sich ereignete und noch erwähnt werden konnte. Es war dies der bedeutendste Unfall, der bisher in der Höhlenforschung vorgekommen ist. Die Ursache desselben war die Außerachtlassung aller gebotenen Vorsicht. Davon sind die Mitglieder dieses Vereines nicht freizusprechen, denen es übrigens an der erforderlichen fachmännischen Bildung fehlte, um die Tragweite ihres Beginmens erkennen zu können.

---

## II. Capitel.

# Höhlenbildungs = Theorien.

Die Höhlen haben schon im grauen Alterthume Aufmerksamkeit erregt. Wir finden bezügliche Stellen schon bei Herodot (über den unterirdischen Lauf des Lykosflusses), bei Pausanias (über den Oberlauf des Alphaios), bei Strabo (über die Kathabothren des Kopais-Sees) und noch bei vielen anderen Schriftstellern. Wenn auch viel Fabelhaftes darunter ist, so beweist dies doch, daß schon den alten Geographen der Umstand aufgefallen ist, daß Flüsse in Höhlen verschwinden oder aus solchen hervorbrechen, und daß sie darüber nachgedacht haben, welchen Ursachen dies wohl zuzuschreiben sei, welche Consequenzen daraus erwachsen und wodurch sich die Niveauschwankungen der Gewässer in den abflußlosen Thalbecken, insbesondere Griechenlands, erklären lassen. Das Resultat dieser Betrachtungen war im großen Ganzen ein recht natürliches, denn man pflegte die durch Erdbeben verursachten Einstürze als die Hauptursache der Störungen im geregelten Abflusse zu betrachten, und schrieb die Stauungen in den Kesselthälern auf Rechnung der durch diese Einstürze bewirkten Querschnittsverminderungen der Abflußhöhlen.

Daß die Alten mitunter gerne fabulirten, ist bekannt, und die Lust, gar wunderbare Historien über Höhlen zu erzählen, erhielt sich — wie Beispiele es beweisen — bis in die Neuzeit. Von den Nachrichten über Höhlen darf man zumeist ruhig drei Vierteltheile als Uebertreibungen betrachten und wegstreichen, und manchmal ist dies noch zu wenig. Als Beweis mag die in den „Mittheilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereines“ — also eines ernstlichen Fachblattes — vom Jahre 1890 (Nr. 14) enthaltene Beschreibung der Ottofer Grotte gelten, deren Ausdehnung auf  $2\frac{1}{2}$  Kilometer geschätzt wird, während sie thatsächlich nur 290 Meter lang ist. Wenn heutzutage noch solche Uebertreibungen vorkommen, um wie viel mehr muß man den älteren Nachrichten mißtrauen, deren Verbreiter sicher sein konnten, daß sie kaum Büßen gestraft werden können. Dazu kommt noch der ehemals nur wenig entwickelte Zustand der Naturwissenschaften, deren riesiger Aufschwung erst eine Errungenschaft unseres Jahrhunderts ist. Die Leute legten sich das Gesehene so gut zurecht, als sie es eben verstanden, und es ist peinlich zu beobachten, wie selbst die größten Geister bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts in Ansichten befangen waren, die bei einem heutigen Gymnastisten ein mitleidiges Lächeln hervorrufen würden. Selbst der große Kant befindet sich unter der Zahl Derjenigen, die in Bezug auf die Anschauungen über Höhlenbildung im Banne ihrer Zeit gefangen lagen. Seine Physische Geographie, welche nach seinen Vortragsheften von seinem Schüler Rink im Jahre 1802 herausgegeben wurde, mag schon zwischen 1780 und 1790 geschrieben worden sein. Sie gibt auch



ein Spiegelbild des Standpunktes der Geophysik jener Zeit, und sie theilt auch das Schicksal, welches unseren heutigen Arbeiten vielleicht gar bald bevorsteht; sie ist antiquirt, überholt.

Das Gleiche gilt von den meisten übrigen Forschern jener Zeit bis über den Anfang unseres Jahrhunderts. Damals entbrannte gerade am heftigsten der Kampf zwischen den Plutonisten und den Neptunisten, und es hieß mit einer oder der anderen Partei gehen; ein Schwanken war nicht möglich. Daher mag es kommen, daß beispielsweise Rosenmüller und Tillesius sich bemüht sahen, auch Theorien aufzunehmen, die gerade in der Mode waren, trotzdem sie, wie man beim aufmerksamen Lesen leicht bemerken kann, selber nicht recht daran glaubten. Es ist für den Mann der Wissenschaft selbst heute noch schwer, gegen die jeweilige Strömung anzukämpfen, wenn er nicht die ganze Menge seiner Fachgenossen gegen sich haben will, die, auf die Autorität eines Einzelnen hin, manchmal Lehrmeinungen ungeprüft für richtig erklären, die einer ernstlichen Kritik nicht standzuhalten vermögen, die aber dafür um so fanatischer vertheidigt werden.

Welchen Weg die Kenntniß über die Entstehung der Höhlen im Verlaufe des letzten Jahrhunderts genommen hat, kann aus den nachfolgenden Stichproben ersehen werden, deren chronologische Reihenfolge zugleich ein Bild des allmäligen Fortschrittes gibt, der sich darin manifestirt, daß man immer mehr Ursachen der Höhlenbildung erkannt und den Standpunkt aufgegeben hat, daß man das Phänomen mit einigen wenigen Sätzen zu erklären vermöge. Die seltenen Rückfälle bilden nur Ausnahmen. Im großen Ganzen ist aber die Erkenntniß entschieden fortgeschritten, daß der Höhlenbildungsproceß durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden kann, und daß eine einzige Theorie nicht genügt, um die verschiedenartigen Erscheinungen zu erklären, welche mit der Höhlenbildung im Zusammenhange stehen. Wer sich dem Studium der Höhlenkunde widmen will, der sollte auch die wesentlichsten in der Literatur verzeichneten Ansichten über die Ursachen der Höhlenbildung kennen. Die nachfolgende Sammlung enthält allerdings nur einen kleinen Theil von diesen Ansichten, die leichter zugänglichen Quellen entnommen sind. Eine vollzähliger Führung mußte schon aus Rücksicht auf den Raum unterbleiben. Wer sich weiter informiren will, der findet im Capitel über die Höhlenliteratur genügende Fingerzeige.

**1780—1790.** Höhlentheorien nach Immanuel Kant's „Physische Geographie“ (Philosophische Bibliothek, Heidelberg 1882, Heft 118—122, S. 124). §. 47. Höhlen befinden sich nur in Felsbergen und es gibt ihrer sowohl natürliche als künstliche. Zu den letzteren kann man vorzüglich die sogenannten Bergwerke zählen. . . . (folgt eine Beschreibung der Bergwerke mit Erklärung der Stollen und Schachte). . . . Unter den natürlichen Höhlen ist die Martinshöhle in der Schweiz, wo das Licht zur Sommerzeit gerade in dieselbe fällt, eine andere auf dem Pilatusberge u. s. w. zu merken. Weil öfters eine Kälte blos von einem Winde, welcher Dünste bei sich führt, verursacht wird, so ist es auch kein Wunder, daß es in diesen Höhlen sehr kalt ist, weil ein beständiger Wind in ihnen weht. Außer diesen ist noch die berühmte Baumannshöhle wegen der in Stein verwandelten Tropfen zu merken. Man will in ihr bald einen Mönch am Taufsteine, an dem viele Pathen gestanden, bald etwas Anderes beobachtet haben. Es findet sich in dieser Höhle eine Art Kalkspath. Weil nun die hineinfallenden Tropfen denselben gleich auflösen, so werden diese, wenn das Wasser

abgedunstet ist, versteinert und pflegen sich mehrentheils gleich dem Eise röhrenförmig zu bilden. Dieselbe Bewandniß hat es mit Marmor. Wenn nämlich der mineralische Spiritus bei seiner Erzeugung hinzutritt, so macht er, daß die Farbe des Marmor höher wird und ein Jeder nach seiner Einbildung bald dieses, bald jenes darin wahrnimmt.

Noch ist eine besondere Höhle zu merken, in der viele Namen eingäht sind, die nun über dem Steine erhöht stehen<sup>1)</sup>. Dieses scheint offenbar eine Materie vorauszusetzen, die aus dem Steine mittelst des Einritzens hervorgezogen und durch die Länge der Zeit verhärtet worden ist, woraus man füglich auf ein Wachsthum der Steine geschlossen hat.

In dem karpathischen Gebirge befindet sich eine Höhle, in der eine von der auf der Oberfläche der Erde befindlichen ganz entgegengesetzte Witterung angetroffen wird, so daß, wenn hier der Winter seinen Anfang nimmt, die Temperatur in der Höhle milder wird, und wenn es oben am Stärksten friert, daselbst Gras wächst, ja es so warm wird, daß sich wilde Thiere dahin begeben<sup>2)</sup>. Wenn es dahingegen an der Erde warm ist, so fängt es an in der Höhle kalt zu werden, bis es zu der Zeit, da es oben am Wärmsten wird, unten Eiszapfen friert, die einer Tanne an Umfang gleichen, daher sich auch die Ungarn selbiger bedienen, um ihre Getränke kalt zu erhalten. Zu diesem Endzwecke aber ist nichts besser, als daß man den Krug, in dem sich das Getränk befindet, mit nassen Tüchern umgebe und in den Wind hänge, da letzteres dann nicht nur kalt bleibt, sondern es auch, wenn es dies noch nicht wäre, um so sicherer wird. Hieraus dürfte man nicht unwahrscheinlich den Schluß ziehen, daß, wenn es an einem Ende kalt wird, das andere in den Zustand der Wärme übergehe. Die Wahrheit dieser allgemeinen Formel würde einigermaßen Gewißheit erhalten, wenn man nur noch beweisen könnte, daß, wenn es an einem Orte wärmer wird, es an dem entgegengesetzten Orte auch in der That kälter werde. Die Thermometer zeigen in einer Schmiede, in der es heiß geworden ist, Kälte an und ein heißes Eisen wird an dem einen Ende noch heißer, wenn man das andere Ende in kaltes Wasser steckt. Auch hat man im Sommer einige Fuß tief Wasser unter der Erde vergraben und darüber ein starkes Feuer gemacht, worauf es plötzlich u. zw. stark erkaltete. Demnach scheint das Feuer, welches über etwas Anderem angebracht wird, das unter ihm Vorhandene kalt zu machen; dasjenige Feuer hingegen, welches unter etwas Anderes gelegt wird, eben dieses zu erwärmen. Diese Erfahrung scheint gleichfalls den vorhin angeführten Satz zu bestätigen.....

Im Rammelsberge, der zum Harzgebirge gehört, ist es eben so heiß (wie in dem vorbeschriebenen Schwefelkiesbergwerke), und eine Quelle dagegen auf ihm so kalt, daß man das Wasser derselben nicht an den Fuß bringen kann. Diese große Kälte ist eine Wirkung von dem Hindurchströmen des Wassers durch Gips und Stein. Der vorhin genannte Verfasser (Mierou) bemerkt auch, daß die Hitze im Bergwerke, von dem er redete, erst entstanden sei, als die Schächten angelegt wurden, welche den Schwefelkies entblößten.

Anmerkung. Höhlen sind Vertiefungen meistens in Kalkgebirgen, mit mehr oder minder ausgedehnten Gewölben und Gängen. Die Entstehung solcher Höhlen

1) Nach einer späteren Angabe die Labyrinthhöhle von Gortyn auf Kreta.

2) Nach einer Anmerkung am Schlusse des §. 47: die Szeliczahöhle.

beruht bald auf Auspülungen durch Wasser, bald auf unterirdischen Feuerausbrüchen. Die Zahl derselben auf der Erde ist überaus groß, wenn auch nicht alle gleich merkwürdig sind.

§. 49. Es gibt tief in der Erde liegende Höhlen; das zeigen zum Theil die Erdbeben an; und da diese sich öfters über ganze Welttheile erstrecken, so müssen jene sehr tief sein.

1805. Rosenmüller und Tillejus in ihrem Werke: Beschreibung merkwürdiger Höhlen 2c. Leipzig 1805, in der Einleitung des II. Bandes, S. VII. Man mag, um den Ursprung der Höhlen zu erklären, entweder die Hypothesen eines Burnett, Whiston, Woodwards und Scheuchzer, oder die Meinungen der Herren De Luc, Silberschlag, Leibniz, De Cartes, Buffon, Walch, Scheffler und anderer Naturforscher und Philosophen, die sich mit der physikalischen Geschichte der Erde beschäftigt haben, zu Rathe ziehen, so wird man immer mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen können, daß mehrere große Höhlen mit der Erde zugleich gebildet worden, andere durch Erdbeben, unterirdische Entzündungen und andere Revolutionen im Innern der Erde, welche eine Hebung, Zertrümmerung oder Zerrüttung der festen Massen veranlaßt haben, entstanden sind. Wasser und Feuer werden demnach immer als die Hauptursachen der Entstehung der Höhlen betrachtet, auch äußert unter anderen Scheuchzer in seiner *Orographia Helvetica* pag. 127 die Vermuthung, daß ältere, vormals mit Wasser angefüllte Höhlen durch Erderschütterungen verstopft, und der Zufluß des Wassers dadurch verhindert worden sei, wodurch sie aus Wasserbehältern nun wirklich zugängliche Höhlen geworden wären. Durch die Verstopfung der Quellen und Löcher, durch welche das Wasser vormals in die Höhle gedrungen, sei es nunmehr genöthigt worden, andere Auswege zu suchen, Luft habe nunmehr die Stelle des Wassers vertreten und die leeren Räume, welche man jetzt trockenen Fußes durchwandern könne, ausgefüllt.

Cardanus (de subtilit. lib. II) und mit ihm andere Naturforscher vermuthen, daß sich die großen erdharzigen Adern in der Erde nach und nach von der unterirdischen Hitze verzehren und gleichsam ausbrennen, und sich endlich, wenn sie keinen neuen Zufluß bekommen, in leere Räume oder Höhlen verwandeln.

Herr Bergmann in seiner physikalischen Erdbeschreibung und der Verfasser der „Vermischten Beiträge zur physikalischen Erdbeschreibung“ behaupten, daß die Höhlen unserer Erde ihr Dasein mehr als einer Ursache zu danken hätten; und wenn man mehrere Höhlen selbst besucht und ihre inneren Räume selbst aufmerksam beobachtet hat, so fühlt man sich geneigt, mit ihnen gleicher Meinung zu sein. Man findet darin so viele Verschiedenheiten, daß man die Entstehung der einen dem Wasser, der anderen dem Feuer, und einer dritten dem Einsinken der inneren Erdschichten zuschreiben möchte.

Der Herr von Fichtel ist überzeugt, und hat auch in der That nicht wenige oder unwichtige Beweise für seine Meinung, daß manche Berge von der unterirdischen Hitze in die Höhe gehoben worden sind, gesammelt. Wo solche Hebungen durch unterirdisches Feuer bewirkt werden, da müssen auch nothwendig bei so großen und schweren Massen Stürzungen und Stemmungen der Steinlagen stattfinden, und zwischen diesen Stemmungen der Lagen müssen leere Räume zurückbleiben.

Es ist auch leicht zu begreifen, daß das unterirdische Feuer und die dadurch verursachten Erdbeben die Lagen des Gesteines und der Erde aus ihrer natürlichen Richtung heben und unordentlich übereinanderwerfen müssen.

Hierdurch entstehen größere und kleinere Räume und Oeffnungen, je nachdem die Gewalt des Feuers heftig oder nicht heftig gewesen ist. Höhlen dieser Art trifft man gemeiniglich in der Nachbarschaft brennender oder schon verlöschter Vulkane an, und man erkennt sie auch aus ihren Producten, welche gewöhnlich die Entstehungsart der Höhlen verrathen.

Sowohl die dichten als die lockeren Erdschichten haben eine Menge Spalten und Risse, wodurch das Regenwasser eindringt, hier und da sich ansammelt und Ausgänge verschafft, die Erde hier und da auflöst oder auch mit Gewalt ausschwenmt. Hierdurch entstehen unterirdische Gewölbe von mancherlei Größe, und nicht die geringere Zahl der unterirdischen Höhlen ist dieser Art der Auspülung ihr Dasein schuldig. Da die kalkartigen Berge in Ansehung ihrer auflösliehen Erde und minderen Härte nicht nur auf diese Art durch Auspülung, sondern sogar durch Auflösung von Wasser ausgehöhlt werden können, so trifft man in denselben auch weit häufiger Höhlen an, als in harten Felsen. Das Wasser nimmt überdies auf seinen Wegen, besonders in gebirgigen Gegenden, wo es bisweilen über Alaun, Vitriol, Schwefelkiese und dergleichen geht und hier vorher Auflösungen und Zersetzungen bewirkt, besonders solche Materien mit auf, durch deren Beimischung seine freßende und auflösende Kraft vermehrt wird.

Was nun endlich drittens die Entstehung der Höhlen durch Einsinken der inneren Erdschichten betrifft, so erfährt man sehr oft aus Nachrichten von verschiedenen Gegenden und Ländern unserer Erde, daß die obere Rinde des Erdballes ganze Stunden weit eingesunken ist.

In einem Aufsatze über die Höhle von Porcsesd (recte Porcseszt)<sup>1)</sup> in Siebenbürgen sprechen sich die Verfasser weiters über die Höhlenbildung aus, und citiren Johann Ehrenreich von Fichtel's „Mineralogische Bemerkungen von den Karpathen“ S. 423 und die Abhandlung desselben Verfassers „Von den Vulkanen der Karpathen“, um die Hebung als grottenbildende Ursache zu erweisen. Sie polemisiren gegen das Werk Saussure's: „Reisen durch die Alpen“, den Passus betreffend (im I. Th. S. 202—203), der von der Erosion handelt, und berufen sich ferner als Quellen für Höhlenbildungstheorien auf das Werk des Herrn Collegienrathes Pallas: „Sammlung zur Physik und Naturgeschichte“ (I. Bd. S. 131) und eines von Herrn Obristlieutenant Kessler von Sprengsessen, welches die Angelegenheit der Entstehung der jetzigen Oberfläche unserer Erde sehr umständlich und mit „frommer Gelehrsamkeit“ abhandeln soll.

1836. Theod. Birlet. Des Cavernes, de leur origine et de leur mode de formation, Avesnes 1836, p. 15.

Conclusion! — Nach Allem, was ich über den Ursprung, die Entstehung und das Alter der Höhlen im Allgemeinen gesagt habe, denke ich, daß sich die Theorie auf eine gewisse Anzahl von Gesetzen beschränken läßt, welche die folgenden sind:

1. Die Grundursachen der Existenz der Höhlen sind die Dislocationen und die successiven Erschütterungen der festen Erdrinde.

<sup>1)</sup> Bezüglich dieser Höhle sei bemerkt, daß sie nach den topographischen Angaben von R. und T. nicht aufzufinden ist, und nach Mittheilungen von Mitgliedern des siebenbürgischen Karpathenvereines, welche sie suchen gingen, wahrscheinlich auf rumänischem Gebiete nächst dem Grenzposten Poșzâda la Râcș liegen dürfte, wenn sie überhaupt existirt oder keine Verwechslung vorliegt.

2. Es müssen sich Höhlen in verschiedenen Epochen gebildet haben, da es auch Hebungen in allen geologischen Epochen gegeben hat.

3. Es gibt Höhlen, welche unmittelbar aus den Brüchen des Bodens entstehen. Ich habe ein gutes Beispiel davon in der Grotte des Jupiter auf Naxos citirt. (Siehe Tafel 39 des Atlas der Expedition scientifique de Morée.)

4. Es gibt Höhlen, deren Erweiterung aus der Combination von Bruchspalten und Gasemanationen resultirt, oder mit dem Durchgange von Thermal- oder Mineralwässern — wie jene von Sillaka auf der Insel Thermia, die in altem Schieferfelsgesteine ausgehöhlt sind — und jenen die entstünden, wenn die Thermalwässer dieser Insel, die in derselben Formation entspringen, versiegen, oder wenn die Gaseruptionen des Isthmus von Korinth aufhören würden.

5. Die Erweiterung vieler Kalkhöhlen ist nur der Erosion gewöhnlichen Wassers zuzuschreiben, welches sandige Depôts zurückgelassen hat, die man dort häufig trifft.

6. Es gibt Höhlen, welche ohne Beihilfe einer dieser umbildenden Kräfte durch Einbrüche in Hohlräume entstanden sind. Wenn diese Einstürze sich bis zur Oberfläche des Bodens fortgepflanzt haben, so rufen sie eine Art Einsturztrichter (cirques d'enfoncement) hervor.

7. Es gibt Höhlen, welche durch einfache Erosion entstanden sind, wie jene, welche am Meeresufer durch den fortwährenden Wellenschlag ausgehöhlt wurden. Derartige Höhlen gibt es in Morea in verschiedenen Höhenlagen (étages), welche auf ebenso viele alte Strandlinien hinweisen.

8. Schließlich ist die Gegenwart von Stalaktiten und Stalagmiten in größeren Höhlen ein sicheres Zeichen, daß ihre Entstehungsursache mit Erdbewegungen zusammenhängt.

Das sind die Ursachen, die mir für gewöhnlich die Höhlenbildung beeinflusst zu haben scheinen. Es können Beispiele vorkommen, die eine Ausnahme von diesen einfachen und natürlichen Regeln bilden, aber diese können nur vereinzelt Fälle sein, die keinesfalls die allgemeinen Thatsachen umzustößen vermögen.

Birlet schreibt die Bildung der Klüfte den Hebungen in der Erdrinde zu; aus den Klüften läßt er Höhlen entstehen. Er nimmt aber auch ursprüngliche Höhlen an, die er jedoch auch mit den Hebungsacten in Verbindung bringt.

**1854.** Wilhelm Zippe, in Schmidl's Werke: „Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina &c.“, Wien 1854.

Der Kalkstein (im Karste) ist durch seinen Reichthum an Höhlen ausgezeichnet, in welchen wieder eine ungemein reiche Tropfsteinbildung zu beobachten ist. Diese Höhlenbildung des Karst gibt Anlaß zu den sonderbarsten orographischen Verhältnissen. Bekanntlich ist die Höhlen- und Tropfsteinbildung durch die Auflösung des kohlensauren Kalkes in kohlensäurehaltendem Wasser bedingt. Da nun in anderen Kalkgebirgen die Höhlen nicht so häufig, und in dieser Gegend kein Grund vorhanden ist, einen größeren Gehalt von Kohlensäure in der Atmosphäre und folglich im Wasser anzunehmen, so muß die Ursache im Gestein liegen.

Wie schon oben bemerkt, zeichnet sich die Kalkregion durch rothe Färbung der Dammerde, durch Ablagerungen von rothem Lehm aus, und das Gestein selbst ist mit rothen Adern durchzogen, jedoch nur an der Verwitterung ausgesetzten Stellen. Diese rothe Färbung rührt von Eisenoxyd her. Nun ist aber das Gestein selbst sehr licht gefärbt, und in ihm kann kein Eisenoxyd sein. Ich glaube daher, das Eisen ist

im Karstfalle als kohlensaures Drydul vorhanden, welches bei Zutritt der Atmosphäre verwittert und in Dryd umgewandelt wird. Hierbei entwickelt sich Kohlensäure, welche an das die Verwitterung bedingende Wasser tritt und so die Auflösung des Kalkes bewirkt. An einigen Stellen mag der Kalk reicher an solchem kohlen-sauren Eisen-oxdul sein, welches sich in Adern concentrirt hat; hier werden mit der Zeit Höhlungen entstehen, Einstürze erfolgen und so größere unterirdische Räume gebildet.

An der Decke und den Wänden dieser Höhlungen tropft nun das zusehende Tagwasser herab, welches sich mit doppeltkohlen-saurem Kalk auf seinem Wege durch das Gestein gesättigt hat, hier in Berührung mit der Luft einen Theil Kohlensäure fahren läßt, wodurch der nun unlöslich gewordene, einfach kohlen-saure Kalk sich nieder-schlagen muß und so Tropfstein bildet.

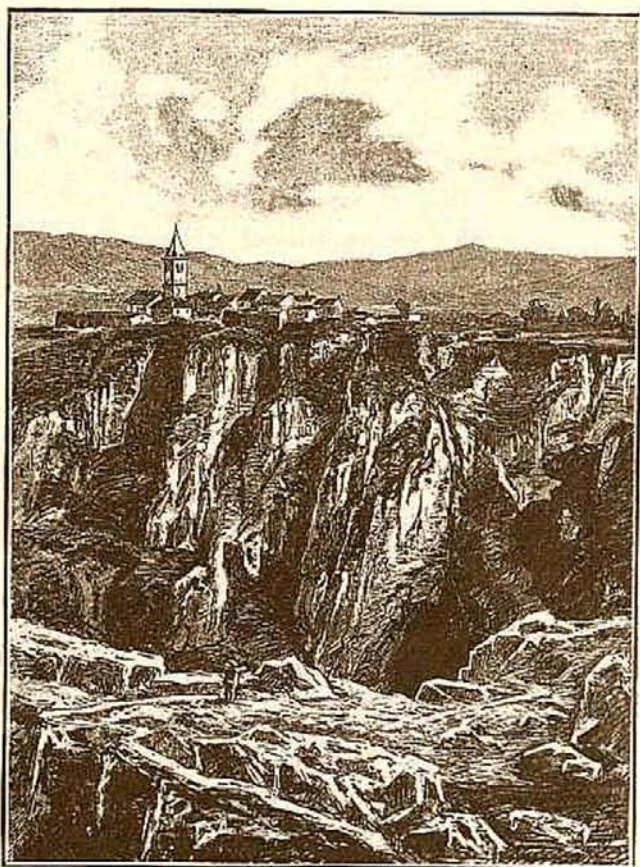
Die bereits erwähnten, die Gebirgs-oberfläche auf eine eigenthümliche Weise auszeichnenden Dolinen dürften wohl als Höhlen zu betrachten sein, deren Decke eingebrochen ist. Mitunter ist die Höhle noch in horizontaler Richtung zu verfolgen. So die Pylka jama bei Adelsberg in der Mitte des unterirdischen Wasserlaufes Poik; die Doline bei St. Canzian am Anfang des unterirdischen Wasserlaufes der Reka.

1858. Vinc. Lipold im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1858, S. 251.

Die durch die unterirdischen Flüsse hervorgerufene Höhlenbildung und Unterminirung des Terrains veranlaßte dort, wo die natürlichen Stützen der unterirdischen Gewölbe, durch fortschreitende Abnagung und Zerstörung geschwächt, endlich daselbe nicht mehr zu tragen im Stande waren, nothwendigerweise Brüche und Einstürze, die sich in der Regel bis zum Tage ausdehnten. Diese Wirkungen der unterirdischen Gewässer sind in den zahlreichen pingentartigen und trichterförmigen Vertiefungen, die man in dem bezeichneten Theile von Unterkrain (Umgebung von Gottschee) findet, nicht zu verkennen, und ich finde keinen Anstand anzunehmen, daß auch die vorhandenen größeren Dolinen größtentheils, ja daß selbst manche der bedeutenderen Kesselthäler nur der oben erörterten Wirkung der unterirdischen Flüsse ihre Entstehung verdanken.

1869. Fuhlrott hat in seiner kleinen Schrift: „Die Grotten und Höhlen von Rheinland-Westphalen“, Iserlohn 1869, eine Reihe von Ursachen zusammengestellt, welche die Höhlenbildung hervorrufen oder beeinflussen.

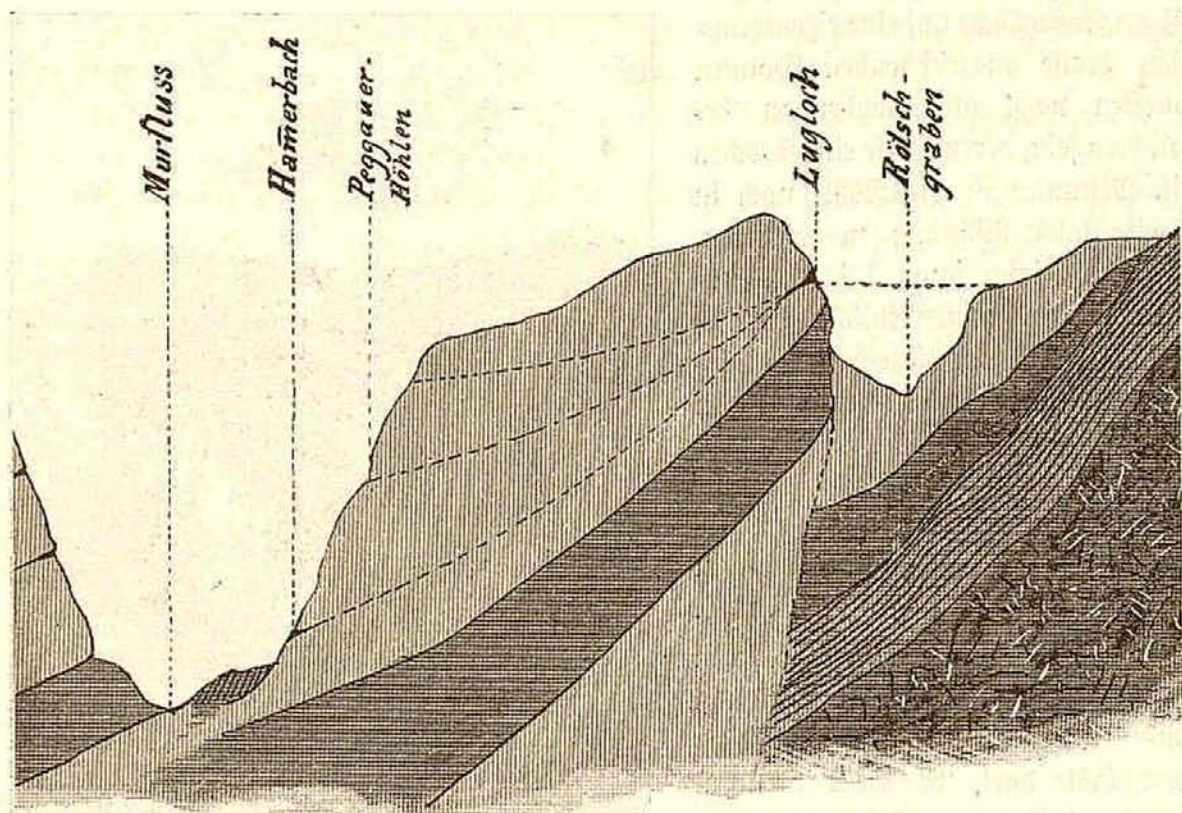
Kraus, Höhlenkunde.



Sauct Canzian mit den Dolinen.

1871. Gundaker Graf Wurmbrand: „Ueber die Grotten und Höhlen in dem Kalkgebirge bei Peggau.“ Separatabdruck, Graz 1871, Selbstverlag.

Es heißt da S. 5: „Im Allgemeinen unterscheidet man Einbruchs- oder Einfluß-, Ausbruchs- oder Ausflußhöhlen. Diese Bezeichnungen werden mit Rücksicht auf das Einfließen oder Ausfließen von Wässern genommen und auch da angewendet, wo man Grund hat zu vermuthen, daß dieses Verhältniß früher stattfand. Schmidl unterscheidet ferner Grotten und Höhlen. Unter letzteren versteht er jene unterirdischen Räume, welche das Bett unterirdisch strömender Gewässer sind, unter Grotten aber alle übrigen horizontalen Aushöhungen, was nicht ausschließt, daß auch in den Grotten eine Wasseransammlung, ein kleiner See sich vorfindet, wenn es nur eben ein stehendes, nicht strömendes Gewässer ist.“ — Graf Wurmbrand acceptirt diese Terminologie und wendet dieselbe im weiteren Verlaufe seiner Abhandlung an. —

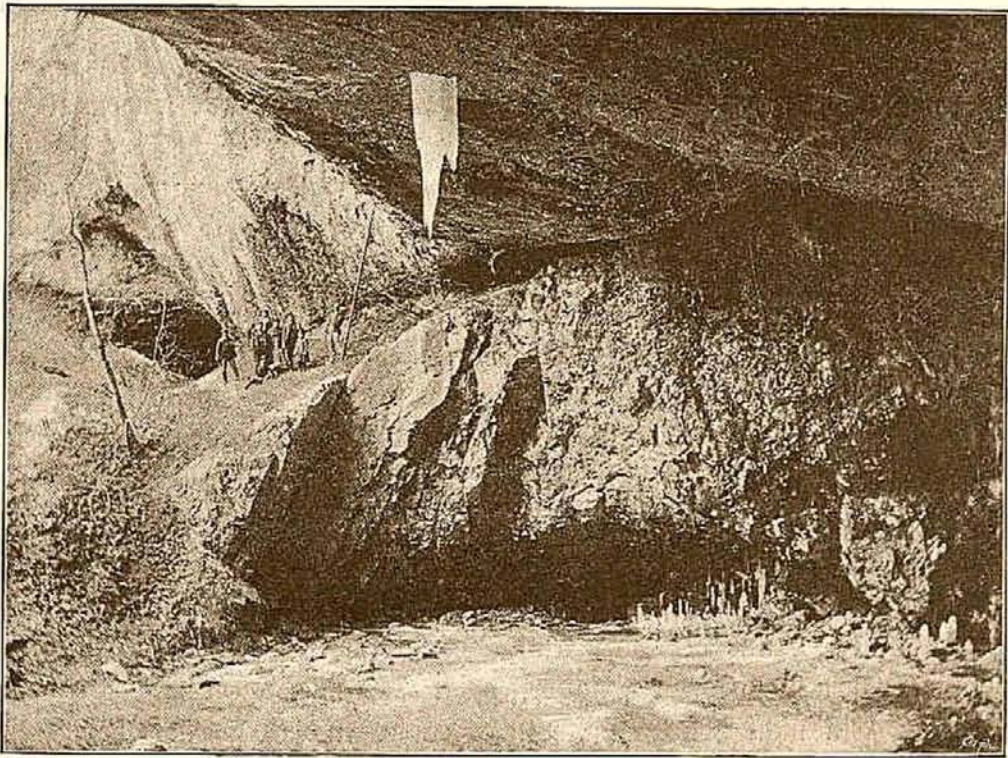


Verwerfungen im Peggauer Gebirge nach Graf Wurmbrand.

Am Schlusse von S. 6 wird erwähnt: „In eine weit zurückgelegene Periode müssen wir wohl den Anfang der Durchnagung der alten Kalkgebirge versetzen, da diese enormen Evacuationen, wie sie z. B. die Mirnitzer Drachenhöhle oder gar die berühmten großen Höhlen Krains und Ungarns aufweisen, einerseits eine sehr lange Zeit ruhiger Bersezung und Durchsickerung des Gesteines voraussetzen, andererseits die Terrainformen und Wasserläufe nun so verändert sind, daß ein Einströmen und Durchströmen oft nicht mehr denkbar ist. Eingefügte Thalschluchten, deren Sohle tiefer liegt als die oberen Eingänge der Höhlen, haben dieselben dem gegenwärtigen Wasserzuge völlig entrückt. . . . Die Höhlen haben also bestanden, bevor jene Schluchten derart eingefügt wurden und wir müssen uns, um die Ursachen ihrer jetzigen Gestalt zu erklären, den antediluvianischen Charakter der Landschaft vorstellen.“

Graf Wurmbrand steht auf dem Standpunkte, daß der Durchbruch der Höhlen mit Hilfe von Klüften erfolgt ist, deren Entstehung er mit Hebungsacten in Ver-

bindung bringt. Nach einer schematischen Darstellung auf Seite 11 (die hier reproducirt erscheint) liegt das Luegloch in einer großartigen Verwerfung. Die Wassercirculation folgt der Lagerung der devonischen Kalksteine, die über devonischen Schieferungen liegen. Es sind also vorzugsweise die Schichtungsklüfte, welche den Wässern den Weg durch das Gebirge ermöglicht haben. Die nach mehrfacher Richtung offenen Klüfte haben die Höhlenbildung ermöglicht, und die Entstehung der starken Zerklüftung schreibt Graf Wurmbrand Hebungsacten zu. Für die Ansicht, daß durch den Durchbruch von Höhlen oberirdische Thälchen außer Action getreten sind und daß umgekehrt durch die Eintiefung von Gräben andere Höhlen trocken geworden sind, gibt es Beispiele genug in der Literatur. In ersterer Hinsicht kann angeführt werden die Höhle des Bonheurflusses (nach Martel), durch deren Durchbruch eine noch heute deutlich erkennbare Flußrinne vom Wasser verlassen worden ist, welches jetzt durch die Klüft-



Eingang in das Luegloch bei Semriach nach einer Photographie von Friedrich Gerwig in Graz (Winteraufnahme mit Eisbildungen).

förmige Höhle fließt. Für die zweite Eventualität sprechen die Ausbruchsstellen der Steigquelle, welche ehemals die Krausgrotte durchflossen hat und die mit der Austiefung des Thales Schritt hielten, wodurch die oberen Stagen eine um die andere zu trockenen Grotten umgewandelt worden sind. An eine Höhlenbildung ohne vorhergegangene Spaltenbildung glaubt Graf Wurmbrand nicht und steht somit auf demselben Standpunkte, der auch im vorliegenden Buche eingenommen ist.

**1873—1891.** Dr. E. Tieze. Eine ganze Reihe von Schriften, welche auf Höhlenbildung Bezug haben, verdankt man dem Geologen Dr. E. Tieze. Die wesentlichsten darunter sind folgende: „Geologische Darstellung der Gegend zwischen Carlsstadt in Croatien und dem nördlichen Theile des Kanals von Morlaccas“, im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1873, S. 27 ff. — Diese Arbeit ist auch reproducirt in dem Buche: „Die Wassernoth im Karste der croatischen



Militärgrenze“, herausgegeben über Anordnung des k. k. General-Commando in Agram, Agram 1874, welches auch Beiträge von Baurath N. Beyer in Wien und Professor Dr. H. Pilar in Agram enthält. — „Zur Geologie der Karsterscheinungen“, Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1880, S. 729 ff. — „Geologische Uebersicht von Montenegro“, Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1884, S. 1 ff. — „Beiträge zur Geologie von Sykien“, Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1885, S. 283 ff. — Ueber Karsterscheinungen im Bereiche der ostgalizischen tertiären Gypsformation in den Aufsätzen: „Beiträge zur Geologie von Galizien“, 3. Folge, im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1886, S. 681 ff. und 5. Folge im Jahrbuche 1891, S. 62 ff.

Die Ansicht Dr. E. Tietze's über die Höhlen- und die Dolinenbildung läßt sich aus der erstangeführten Schrift am besten entnehmen (Wassernoth *zc.*). Seite 97 sagt er: „Die Zerklüftung und Durchlöcherung der Kalkmassen ist das Hauptmoment für die Beurtheilung der Wasserverhältnisse des Karstes im Allgemeinen...“ und Seite 98 fügt er hinzu: „Die Erosion wäre also in diesem Gebirge größtentheils in das Innere verlegt, und deshalb zeigt die Oberfläche nur ungenügende und unzusammenhängende Thalbildung“. Die Klüftigkeit ist also nach Tietze die Ursache der Verlegung der Erosion in das Innere und der Höhlenbildung an jener Grenze, wo das Wasser zu circuliren gezwungen ist. Tietze steht daher in dieser Hinsicht auf dem Standpunkte der meisten modernen Geologen.

Bezüglich der Dolinenbildung erkennt er dieselben als Einsturzerscheinungen und bekämpft jene Lehrmeinungen, welche sie den Riesentöpfen<sup>1)</sup> zuzählen wollen. Diesbezüglich weist er auf die Untersuchungen von Leonhard im neuen „Jahrbuche für Mineralogie“ 1854 und von G. v. Helmersen im „Mémorial de l'Académie des sciences de St. Petersbourg“ (7. sér., tome XI, Petersbourg 1868) hin. Helmersen hält die trichterförmigen, das Wasser in die Tiefe durchlassenden Einsenkungen des baltischen Silurkalkes von den Riesentöpfen getrennt. Dieses Citat läßt vermuthen, daß Tietze unter echten Dolinen (er gebraucht diesen Ausdruck S. 112 und S. 118), nur die durch Einstürze entstandenen Depressionen verstanden wissen will. Auch den Ausdruck „blattersteppige Terrains“ gebraucht Tietze bereits und nennt ihn „ein nicht übles Bild, welches einige Autoren gewählt haben, um die Trichterplastik zu versinnlichen“.

Ein gewisses historisches Interesse kann seine Widerlegung älterer Ansichten über Höhlenbildung und Karsterscheinungen beanspruchen. Bezüglich der Terra rossa neigt Tietze sich der Ansicht von Stache zu. Die Literaturangaben über dieses noch sehr strittige Thema sind sehr lesenswerth.

**1873.** Dr. Oscar Fraas, in den „Sammlungen gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge“ von Rud. Virchow und Fr. v. Holzendorff, VII. Serie, Heft 168.

In Frankreich haben die Gelehrten etwa folgenden Beweisgang eingeschlagen: Die Bildung der Höhlen geschah durch saure Dämpfe, welche in alten geologischen Perioden dem Erdinnern entströmten. Als in der letzten geologischen Periode, zur Zeit der Gletscher und der Ueberschwemmungen, die Erosion der Thäler begann, wurden die in den Kalkbergen vorhandenen Höhlen von dem Thal angeschnitten und

<sup>1)</sup> Wären die Dolinen eine bloße Oberflächenerscheinung, etwa nach Art der Riesentöpfe, dann müßte sich das Wasser in ihrem Grunde zu stehenden Becken ansammeln (S. 117).

der Thalschutt in die Höhlen eingeschwemmt. Sobald die Höhle bei tiefer gehender Auswaschung trocken gelegt wurde, bemächtigte sich ihrer der Mensch als Bergeplatz, ward aber, da seine Spuren theilweise tief unter dem Schutt liegen, zu verschiedenen Zeiten durch Ueberschwemmung wieder aus seiner Höhle vertrieben, und seine Wohnstätte, seine Küche und sein Lagerplatz vom Schlamme zugedeckt. Bei dem Fortschreiten der Thalauswaschung wurden später die tiefer liegenden Höhlen angeschnitten, so daß heutzutage die Höhenlage einer Höhle über der Thalsohle deren relatives Alter bekundet. Die hoch am Bergesrand, z. B. 30 Meter über dem Wasserspiegel des Thales, mündenden Höhlen sind älter als die 20 Meter hohen, diese älter als die 10 Meter und darunter gelegenen. Um die Zeit zu bestimmen, in welcher die Höhlen zutage traten, wird irgend ein Minimalmaß für die Erosion eines Kalksteines zu Grunde gelegt, etwa 1 Millimeter im Jahr, und kommen nun bekanntlich die Gelehrten über dem Rhein zu den enormen Ziffern (20—30 Jahrtausende), nach welchen sie das Alter des Menschen berechnen.

Auf welch unendlich schwachen Füßen diese ganze Logik steht, bedarf kaum einer Ausführung. Es ist entschieden verboten, in der Wissenschaft geologischen Sätzen, die nichts weniger als feststehen und unter allen Umständen disputabel sind, mathematische Beweiskraft zu vindiciren, und nun auf Grund von mehr oder minder hypothetischen Sätzen Schlüsse von so eminenter Tragweite zu ziehen, wie z. B. daß Europa schon seit 30.000 Jahren von Menschen bewohnt sei. In erster Linie ist die Höhlenbildung sicher ganz anders vor sich gegangen, als die alte plutonische Schule wähnte, welche saure Emanationen zu Hilfe rief, um den Kalk zu durchfressen. Unbefangene, aufmerksame Beobachter von Höhlen erblicken vielmehr in denselben alte unterirdische Wasserläufe, welche durch Spalten und Trichter mit der Oberfläche in Verbindung stehen. Jeder Bach, der aus dem Kalkberge entspringt, hat einen oft meilenlangen unterirdischen Lauf, und gibt es ja bekanntlich Höhlen genug, in welche man mittelst Fahrzeugen eindringt. Die Höhlen sieht man daher viel richtiger als Wasserläufe an. Erdbeben und Niveauveränderungen des Bodens haben in alten Zeiten schon den früheren Wasserlauf abgeleitet und wurden dadurch Höhlen trocken gelegt. Immer aber setzt die Bildung einer Höhle die früher vorhandene Thalbildung voraus, das Wasser, das jene bildete, verlangte einen Ausfluß ins Thal, und hat man solchen Einfluß und Ausfluß noch fast in jeder Höhle beobachten können. Die Existenz einer Höhle vor dem Thal, ist ein Kind vor dem Vater, eine unnatürliche Annahme, gegen welche jeder gesunde Sinn sich sträuben muß.

In zweiter Linie setzen die Anhänger der französischen Theorien die Bildung der Täler durch die Kraft der Erosion voraus. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß, so sicher sich Erosionsthäler in Schuttland, in der Molasse bis hinab zum Gneiß und Granit bilden, ebenso sicher auch eine große Zahl, vielleicht weitaus die Mehrzahl, nicht durch Erosion, sondern durch Spaltung und Klüftung der Gebirge sich gebildet hat. Namentlich kennt man kein Beispiel, daß sich in Kalkgebirgen quer durch meilenweit ausgedehnte Kalkbänke ein Fluß ein Thal genagt hätte. Kommt ein Fluß auf seinem Lauf durch die Länder an Kalkgebirge, so staut er sich vielmehr, läuft dann über die Kalkbänke weg und stürzt sich in Katarakten und Wasserfällen über die Bänke in das tiefere Gebirge. In diesem Falle existirt keine Spalte durch das Gebirge, die er benützen und sich zurecht machen könnte. Ueberall aber, wo der Fluß quer durch ein Kalkgebirge hindurchgeht in ganz bestimmter, von dem allgemeinen

Gefäll der Schichten unabhängigen Richtung, da ist es mehr als gewagt, die Thalbildung allein der Erosion zuzuschreiben. Ja, man kann im Gegentheil die meisten Thäler Belgiens und Frankreichs ganz positiv als Spaltenthäler bezeichnen, indem der allgemeine Wasserlauf — die Thäler als nicht vorhanden gesetzt — eine ganz andere Richtung genommen haben müßte, als er sie durch die Oeffnung der Gebirgsspalte gerade nahm.

Ein Blick in jedes geologische Lehrbuch zeigt auch dem Laien, wie sehr die Ansichten über Höhlenbildung und Thalbildung differiren und wie wenig man diese Erscheinung ein und derselben geologischen Action zuschreiben darf. Es mag wohl Höhlen geben in vulkanischen Gebieten, welche durch die Einwirkung von Säuren sich gebildet haben, aber es ist verboten, nun daraus zu schließen, daß alle Höhlen auch fern von jedem vulkanischen Herd so entstanden seien. Ebenjowenig maßen wir uns an, sagen zu wollen, alle Höhlen seien durch unterirdische Wasserläufe entstanden, wenn wir auch, namentlich in allen Gips- und Kalkgebirgen, die Mehrzahl der vorhandenen Höhlen auf diesem Wege zu erklären vermögen. Viele Höhlen existiren wohl auch vom Anfang an, d. h. seit der Zeit der Bildung des Gebirges, in welchem wir sie treffen. Man denke nur an die Klippenbrunnen im Riff, die theilweise in weiter Entfernung von der Brandung dem überwuchernden Wachsthum der Korallen ihre Existenz verdanken. Unter allen Umständen gibt es sehr verschiedene Grundursachen, denen die Höhlen ihre Entstehung verdanken, gerade wie dies auch bei der Bildung der Thäler der Fall ist. Welche der verschiedenen Grundursachen nun aber im einzelnen Fall gewirkt hat, und ob nicht noch anderweitige Factoren in Rechnung zu ziehen sind, die bisher unbeachtet geblieben, mag wohl in jedem einzelnen Falle der Localgeologe nach vorangegangener Detailprüfung entscheiden, im Princip aber können derartige Fragen nie und nimmermehr erledigt werden.

1874. W. Boyd Dawkins, (englische Ausgabe), 1876, deutsche Uebersetzung von Dr. J. W. Spengel unter dem Titel: „Die Höhlen und die Ureinwohner Europa's“, (Leipzig und Heidelberg) S. 21:

„Die in Kalkfelsen liegenden Höhlen besitzen Charaktere, durch welche sie sich von allen übrigen unterscheiden. Sie öffnen sich meistens an den Abhängen von Thälern und Schluchten in verschiedener Höhe, indem sie um die Haupt-Erosionsachse gerade wie die Zweige um den Stamm eines Baumes angeordnet sind, so z. B. in Cheddar-Paß. Der Uebergang vom Thal zur Schlucht und von der Schlucht zur Höhle ist manchmal so allmählig, daß man unmöglich verkennen kann, daß alle drei Folgen derselben Ursache sind.....

„In allen Gegenden, wo Höhlen vorkommen, trifft man trichterförmige Hohlräume von verschiedener Größe, die in England als „pot-holes“ (Topflöcher) oder „swallow-holes“ (Schlundlöcher), in Frankreich als „bétoires“, „chaudrons du diable“, „marmites de géants“, in Griechenland als „Katavothra“, in Deutschland als „Niesentöpfe“ bezeichnet werden, in denen sich das Regenwasser sammelt, ehe es gänzlich in den unterirdischen Bahnen verschwindet. Man kann sie in allen Stadien sehen, bisweilen als flache Trichter, in denen nur nach außerordentlichen Regengüssen Wasser steht, in anderen Fällen als tiefe senkrechte Schachte, in die das Wasser beständig hinabstürzt, wie beim Hells-Pot in Yorkshire. Auch die von Desnoyer beschriebenen Cirques oder Kessel gehören zu derselben Classe von Höhlungen.....“

Der dynamo-geologische Theil des Buches von Professor Dawkins umfaßt nur 57 Seiten (8<sup>o</sup>). Die übrigen (ca. 300) Seiten sind zumeist anthropologischen Studien

gewidmet. Bei der großen Gedrängtheit des geologischen Theiles ist es immerhin denkbar, daß eine ausführlichere Behandlung gezeigt hätte, daß Dawkins durchaus nicht der Meinung ist, daß die Dolinen in der Art der Gletschermühlen, Riesentöpfe u. dgl. entstanden sind, weil er wiederholt darauf zurückkommt, daß sich die Höhlen auf den Linien des geringsten Widerstandes durch mechanische und durch chemische Erosion bilden. Die Ursache des Mißverständnisses liegt wahrscheinlich nur in der Wahl der vergleichenden Ausdrücke aus anderen Sprachen, woran der Uebersetzer aber nicht die Schuld trägt. Die angeführten Ausdrücke bezeichnen durchaus keine identischen Erscheinungen. Es muß aber leider zugestanden werden, daß die wissenschaftlichen Bezeichnungen nicht so feststehende sind, daß nicht zwei verschiedene Verfasser denselben Ausdruck für zwei sehr verschiedene Dinge verwenden können.

Die Thalbildung erfolgt nach Dawkins durch Zurückrücken der Höhle, die durch Einbruch zur Schlucht und später durch Abwitterung der Steilwände zur Thalrinne wird.

Ueber die Entstehungsursache der Höhlen äußert sich Dawkins deutlicher S. 39, wo er sagt: „Schon ein oberflächlicher Blick zeigt uns, daß fließendes Wasser das Hauptagens gewesen ist. Der Kalkstein ist so von Rissen und Eintrocknungslinien durchsetzt, daß das Wasser rasch einsickert und sich in kleinen Strömen sammelt, deren Richtung von dem Fallen der Schichten und der Lage der Spalten abhängt“, und S. 41 sagt er nochmals: „Aus den vorhergehenden Seiten ersieht man, daß Höhlen in Kalkfelsen nur Gänge sind, die vom Wasser ausgehöhlt sind, welches die Linien des geringsten Widerstandes oder die bei der Schrumpfung der Schichten während ihres Erhärtens entstandenen Risse aufgesucht hat“. Nirgends nimmt Dawkins die senkrechten Höhlen aus, um sie als reine Oberflächenercheinungen zu bezeichnen, wie man ihm imputiren wollte, um ihn als Gewährsmann für unhaltbare Theorien mißbrauchen zu können.

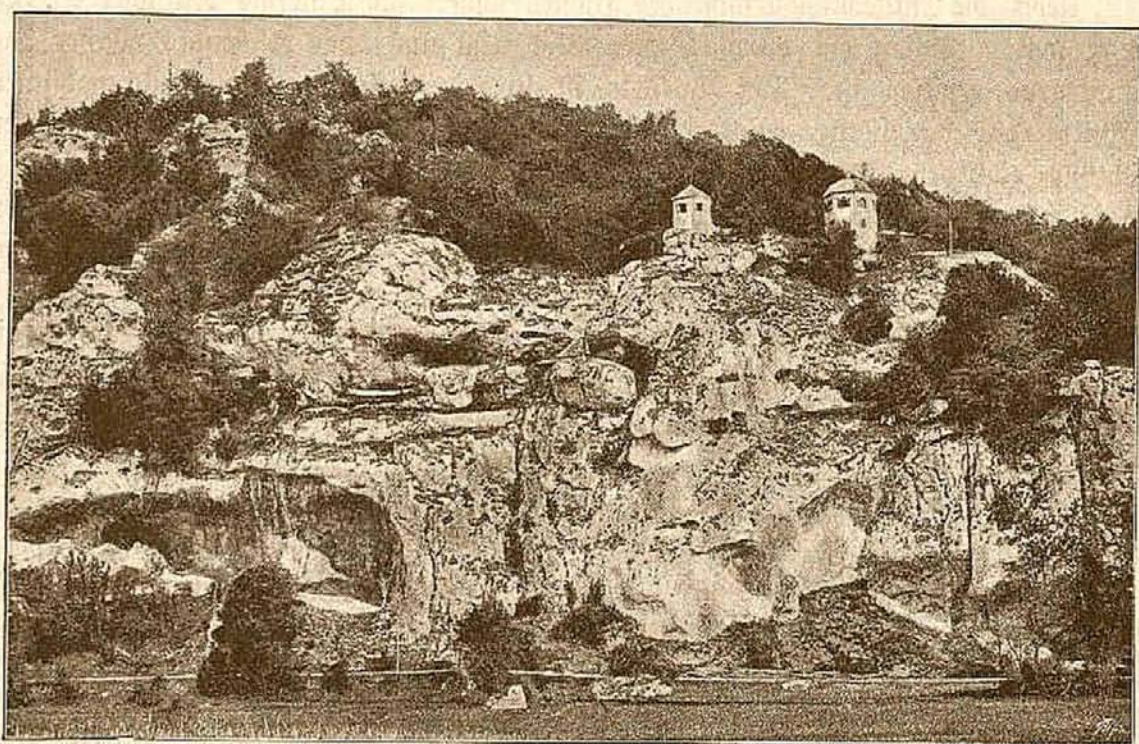
1875. Dr. Franz Ritter von Hauer, Geologie, Wien, 1875.

Durch die chemische Thätigkeit des Wassers, namentlich wenn dasselbe unter höherem Druck, bei höherer Temperatur und in Verbindung mit Kohlensäure oder anderen Säuren die Gebirgsgesteine durchdringt, werden dieselben zersetzt, theilweise aufgelöst und ihre Bestandtheile an die Erdoberfläche geführt. Diese durch lange Zeitperioden fortdauernde Action muß nothwendig Hohlräume im Innern der Erdrinde hervorbringen und ihr verdanken in der That die Höhlen und unterirdischen Grotten, die wir am häufigsten in den leicht löslichen Kalk- und Gipsgesteinen finden, ihre Entstehung. Derartige Hohlräume nun, wenn bei ihrer fortwährenden Erweiterung das Deckengewölbe die auf demselben ruhende Last nicht mehr zu tragen vermag, stürzen ein und die durch den Sturz hervorgebrachte Erschütterung wird stets ein je nach der Bedeutung der Katastrophe mehr oder weniger weit reichendes Erdbeben hervorrufen. In manchen Gebieten, wie namentlich in den aus Kalksteinen bestehenden Plateaus der Karstländer ist in der That der ganze Untergrund von Höhlen und Grotten durchzogen; stundenweit hat man an vielen Stellen — ich erinnere hier nur an die Adelsberger Grotte — ihren unterirdischen Lauf verfolgt, ohne bisher auch nur annähernd diese ganze unterirdische Welt erforscht zu haben. Von der Häufigkeit der Einstürze aber, welche in diesen Gebieten stattfinden, geben die zahllosen Gesteins-trichter oder Dolinen, welche man auf den Plateaus beobachtet, ein untrügliches Kennzeichen. In Form und Art der Entstehung sind sie genau dasselbe, wie die von dem Bergmanne sogenannten Pingen oder kreisförmigen Erdtrichter, welche durch den Ein-

sturz der in den Bergbauen durch Menschenhand hervorgebrachten Hohlräume so häufig entstehen. Uebrigens kann man sich, wenn die Hohlräume eine beträchtliche horizontale, aber nur geringe verticale Ausdehnung besitzen und in größeren Tiefen sich befinden, auch ganz wohl vorstellen, daß die Folgen des Einsturzes an der Erdoberfläche nicht immer sichtbar werden. Hier, wie bei so vielen anderen geologischen Erscheinungen, darf man aber nie vergessen, daß gleiche oder sehr analoge Erscheinungen oft durch sehr verschiedene Ursachen erzeugt werden.

1878. Dr. W. von Gümbel, in: „Beiträge zur Anthropologie und Urgeschichte Bayerns“, München 1879, S. 192.

„Es genügt nicht einfach ein Auflösen der Felsmassen durch Wasser, es muß dieses Wasser auch zu der unterirdischen Lagerstätte gelangen, dort circuliren und wieder abfließen können. Dies wird durch die Zerklüftung der Gesteine vermittelt, welche dem Meteor-, Tag- u. Wasser den Zugang in die Tiefe öffnet



Eingang in das Schulerloch bei Regensburg nach einer Photographie.

und dem mit gelöster Mineralsubstanz geschwängerten Wasser wieder freien Abzug gestattet, um neuen Wassermengen Platz zu machen, und den Proceß der Auflösung fortwirken zu lassen. Es begreift sich daher von selbst, daß besondere günstige Verhältnisse zusammenwirken müssen, um eine solche Höhlenbildung einzuleiten. Derartige günstige Umstände treffen nun nicht überall zusammen, sondern nur in beschränktem Maße da und dort, und daraus erklärt es sich, daß Höhlen gerade nicht überall vorkommen, daß sie aber am häufigsten im Kalkgebirge sich finden, weil Kalk überhaupt zu den verbreitetsten Felsarten der Erdrinde gehört und am öftesten die besonderen Verhältnisse darbietet, unter deren Herrschaft die Höhlenbildung überhaupt möglich ist.

„Wesentlich gefördert wird die chemische Arbeit des kohlenensäurehaltigen Wassers noch durch den Umstand, daß von dem durch die Auflösung von Kalktheilchen an sich gelockerten Material noch Theilchen durch den Stoß, Fall oder die Bewegung des Wassers auch auf mechanischem Wege losgerissen und mit fortgeschwemmt werden, wodurch immer neue Angriffspunkte für die weitere Arbeit geboten werden.

„Dem Zusammentreffen besonders günstiger Verhältnisse verdankt der Frankenjura seinen außergewöhnlichen Reichthum an Höhlen.“

S. 194. „Es sei noch bemerkt, daß im fränkischen Gebirge die wenigsten der hier vorfindlichen Höhlen durch eine seitliche oder horizontale Ausmündung zugänglich sind; die meisten liegen tief begraben im Innern der Felsmassen und werden äußerlich nur durch eine eigenthümliche trichterförmige Einsenkung verrathen, welche die Bewohner der Gegend „Wetterlöcher“ oder „Schauerlöcher“ nennen, indem sie dieselben für Wirkungen der Blitzschläge halten. Sie bezeichnen die Stelle, wo von oben das Regenwasser eindringt und sind daher die verticalen Eingänge zu unterirdischen Hohlräumen. . . . .

„Selten sind Höhlungen ganz in dichten Kalkstein eingeschlossen, wie das Schulerloch bei Kehlheim und das Osterloch am Walchensee, welche großartige Erweiterungen von mehr oder weniger senkrechten Klüften darstellen. Weiter findet sich noch eine Höhle in dem Fichtelgebirge, die Langenauer-Höhle, entstanden durch die Zersetzung eisenreichen Schiefers und der Knollenlage in dem oberdevonischen Kalkstein. Endlich sei noch die Mühltalhöhle im Mangfallthal bei Valley erwähnt, welche als eine durch Kalktuffabsätze überwucherte Felsenausbuchtung angesehen werden kann, durch Steinbrucharbeit aber bereits wieder zerstört worden ist.“

Einige andere wichtige Sätze aus den Schriften von Oberbergdirector Professor Dr. W. v. Gümbel werden an geeigneter Stelle noch im Texte angeführt werden.

1880. Edm. von Mojsisovics, im „Jahrbuche des deutschen und österreichischen Alpenvereines“, Wien 1880.

... Die großartige Durchlöcherung der Kalkformationen, die unterirdischen Flußläufe und die durch diese theils chemische, theils mechanische Erosion bewirkten partiellen Einstürze sind es nicht, welche das Karstphänomen bedingen. Sie sind offenbar nur begleitende Erscheinungen, für welche hier aus noch unbekanntem Gründen die Bedingungen günstiger sind<sup>1)</sup>, als anderwärts. Sie sind nur, wie man auch sagen kann, die sichtbaren Aeußerungen des Karst-Processes. Ein für die Beurtheilung der Karsterscheinungen sehr wichtiger Punkt scheint bisher übersehen oder wenigstens nicht hinreichend gewürdigt worden zu sein. Es sind die großen, die Stelle der normalen Thalbildung einnehmenden trogförmigen Becken („Polje“ in der slavischen Türkei), deren Ursprung nur in wenigen Fällen auf wirkliche Einstürze zurückzuführen ist. In den meisten Fällen tragen diese Becken den Stempel einfacher Erosionsthäler, deren Ausgang durch einen Felsriegel verlegt ist. Jeder Versuch einer Erklärung der Karsterscheinungen muß vor allem diesen blinden Thälern Rechnung tragen. Da das Karstphänomen, wo es auftritt, keine localisirte Erscheinung ist, sondern über weite Districte gleichmäßig verbreitet ist, da ferner selbst ein der Entfaltung dieses Phänomens ungünstig erscheinender Gebirgsbau, wie z. B. der dalmatinisch-bosnische Faltenbau, die Erscheinung keineswegs zu beeinträchtigen vermag, so kann nur eine auf weite Strecken hin gleichmäßig wirkende, mächtige Kraft die Ursache des Karstphänomens sein. Meiner Ansicht nach ist nun diese Kraft keine andere, als der horizontal wirkende Gebirgsschub.

<sup>1)</sup> Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, daß vereinzelte Höhlen in vielen Kalkgebirgen vorkommen, welche niemals den hier zu besprechenden typischen Karst-Process durchgemacht haben. — In manchen Kalkgebirgen dürften aber die noch vorhandenen Höhlen die letzten Ueberbleibsel eines erloschenen Karst-Processes sein.

Wenn in Gebirgsgegenden die mechanische Arbeit der Thalbildung<sup>1)</sup> durch fortwauernde oder mehr weniger intermittirende Gebirgsfaltung gestört oder unterbrochen wird, so wird die nächste Folge der Abdämmung von Thalfrecken zu Seebecken sein. Besteht das Gebirge aus im Wasser unlöslichen Gesteinen, so kann erst die Ausfüllung der Seebecken durch Neubildungen, oder die mechanische Ausfeilung einer Abflußrinne das Seebecken wieder trocken legen. Besteht das Gebirge aus einem im Wasser relativ leicht löslichen Gestein, wie reiner Kalk, welcher überdies leicht zur Zerklüftung neigt, so kann sich das Wasser zunächst durch chemische, in späteren Perioden aber durch vereinigt chemisch-mechanische Erosion unterirdische Abflußwege öffnen. Die den Proceß beschleunigende Zerklüftung der Kalkfelsen kann selbstverständlich durch die fortwauernde Gebirgsfaltung herbeigeführt oder beschleunigt werden. Hört die Gebirgsstauung auf, oder läßt die Intensität derselben bedeutend nach, so werden sich nach und nach, in Folge des Nachstürzens des Deckgebirges und der gleichzeitig fortschreitenden subaërischen Denudation, die unterirdischen Flußläufe in subaërische Abflußrinnen transformiren — und der Karstproceß, welcher sonach als eine besondere Form der Erosion in reinen Kalkgebieten erscheint, ist beendet.

Störung der begonnenen Thalbildung in Kalkgebirgen durch Gebirgsfaltung wäre sonach die erste Veranlassung zur Herausbildung des Karstphänomens...

Nachdem noch die Ablagerungen der Braunkohlen in den Kesseltälern als ein Beweis für die Ansicht des Verfassers aufgeführt worden ist, geht derselbe auf die Karsttrichter über, die er von den Dolinen unterscheidet.

...Die Karsttrichter werden allgemein ebenso wie die Dolinen (Einsturzkeffel) als durch den Zusammenbruch unterirdischer Hohlräume veranlaßte Einstürzererscheinungen aufgefaßt. Indessen spricht schon die auffallend regelmäßige Form der Trichter gegen diese Annahme. Einstürze kennzeichnen sich stets durch unregelmäßige Umrisse und selbst benachbarte, unter ähnlichen Umständen zu Stande gekommene Einstürze werden nie genau die Form ihrer Nachbarn copiren. Bei Karsttrichtern gehört aber gerade die Wiederkehr derselben trichterförmigen Gestalt mit mehr oder weniger kreisrundem Umriß zu den charakteristischen Eigenschaften.

Die volle Ueberzeugung aber, daß die Karsttrichter keine Einstürze sein können, erhält man in solchen Fällen, wo geneigte Flächen, wie z. B. Berggehänge von Trichtern derart dicht besetzt sind, daß nur schmale Felsrippen als Ränder zwischen den einzelnen Trichtern fortlaufen. Man hat derartigen Flächen nicht unpassend das Prädicat „blattersteppig“ beigelegt. Wie sich aber derartige oberflächliche Aushöhlungen im festen Kalkfels als Einstürze erklären lassen sollen, scheint mir gänzlich unverständlich. Als ich zum ersten Mal mit Karsttrichtern besäte „blattersteppige“ Gehänge sah, wurde ich sofort an die Karrenfelder unserer nördlichen Kalkalpen erinnert. Es fiel mir zunächst auf, daß diesen südlichen Gegenden Karrenfelder vollständig fehlen<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup> Ich bin mit Rutimeyer, Heim und Anderen der Ansicht, daß die Gebirgsthäler der Hauptsache nach das Werk der Erosion sind. Wenn ich auch gerne zugebe, daß in gewissen Fällen (namentlich bei wenig oder gar nicht dislocirten Gesteinen) die Thäler vorzüglich der Richtung der vorhandenen Kluftrichtungen folgen, wie auch Daubrée noch neuerdings durch Mittheilung instructiver Beispiele aus Frankreich zeigte, so dürfte doch hier ebenfalls der Hauptantheil der eigentlichen Arbeit der Erosion zuzuschreiben sein. M.

<sup>2)</sup> Dies ist nicht ganz richtig und es kann höchstens zugegeben werden, daß am Krainer Karste weit seltener als in den nördlichen Kalkalpen typische Karrenfelder vorkommen. Sehr schöne Karrenfelder zeigt die Nordseite der Doline „stara apnenca“ nächst Adelsberg, wo die Schichten ziemlich steil einfallen. K.

trotzdem die äußeren Bedingungen zur Bildung derselben in vielen Fällen erfüllt schienen. Als ich dann weiter beobachtete, wie innig die Verbreitung der Trichter mit dem Auftreten der Terra rossa<sup>1)</sup> oder deren Derivaten zusammenhängt, so setzte sich bei mir die Ansicht fest, daß die sogenannten Karsttrichter in die Kategorie der „geologischen Orgeln“ gehören, mit welchen sie auch die äußere Gestalt gemeinsam haben. Die Karsttrichter sind die Hauptangriffspunkte der chemischen subaërischen Auflösung der Kalkfelsen, und deshalb findet sich auch die unlösliche Asche des Kalks, die Terra rossa, so innig mit den Trichtern vergesellschaftet. Ich füge noch hinzu, daß die Karsttrichter, ebenso wie ihre Stellvertreter in den nördlichen Kalkalpen, die Karren, stets gesellig auftreten und daß der Durchmesser der einzelnen Trichter von wenigen Centimetern bis zu vielen Metern variiren kann. Es ist augenscheinlich, daß die Trichter allmählig nach Tiefe und Umfang wachsen. Benachbarte Trichter vereinigen sich mit der Zeit in Folge der allmählichen Auflösung der Scheidewand zu Doppeltrichtern u. s. w. Der Zusammenhang zwischen den Karsttrichtern und den eigentlichen Karsterscheinungen bestünde demnach nur in dem zufälligen Zusammenvorkommen an demselben Orte.

An anderem Orte („Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegowina“ im „Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1880) wird der Eingang erwähnte Satz fast wörtlich wiederholt.

Zur Klarstellung des Standpunktes, den Mojsisovics in der Karstfrage einnimmt, gehört auch ein weiterer Satz aus dieser Abhandlung, welcher lautet: „Zu den wesentlichsten Karsterscheinungen rechnen wir die Becken ohne oberirdischen Abfluß, die weitverzweigten Hohlräume, die unterirdischen Flußläufe und die Einsturzkessel (Dolinen).“ Mojsisovics leugnet also die Einsturzercheinungen durchaus nicht, er hält im Gegentheile die Dolinen für jene Depressionen, die zu den charakteristischen Karsterscheinungen gerechnet werden müssen. Was Mojsisovics aber Karsttrichter nennt, sind trichterförmige Depressionen, die allerdings nicht in der Weise entstanden sind, wie die Einsturzdolinen, aber auch nicht in der Art, wie sie Mojsisovics beschreibt. Er sagt ausdrücklich: „die Karsttrichter gehören in die Kategorie der geologischen Orgeln, mit welchen sie ja auch die äußere Gestalt gemein haben.“ Was aber unter dem Ausdrucke „geologische Orgeln“ zu verstehen sei, wird nicht genauer präcifizirt, obwohl dies nöthig gewesen wäre, weil derselbe vielfach angewendet wird, u. zw. nicht stets in Bezug auf eine gewisse bestimmte Erosionsform. Letzteres ist wohl die Ursache der vielerlei Mißverständnisse, die zu heftigen Polemiken schon Anlaß gegeben haben.

1886. Dr. Melchior Neumayr, „Erdgeschichte“, Leipzig 1886, bezeichnet S. 453 die Karren als Oberflächenerscheinung, welche vom abfließenden Regenwasser auf geneigten Schichtflächen des Kalksteines ausgewaschen werden. Ueber Karsttrichter und Dolinen, die er zwar nicht durch eigene Benennungen unterscheidet, deren Entstehung er aber auf verschiedene Weise erklärt, sagt er S. 455: „Diese Vertiefungen des Bodens bezeichnen uns äußerliche Communicationen der Oberfläche mit dem unter-

1) Neumayer und Fuchs haben gezeigt, daß die in den Mittelmeerlandern in so großer Verbreitung auftretende Terra rossa nichts weiter als der bei der atmosphärischen Auflösung reiner Kalksteine verbleibende unlösliche Rückstand sei. M.

Stache hat dagegen eine andere Theorie aufgestellt, auf welche später noch wiederholt die Rede kommen wird. Stache nimmt nämlich an, daß sich die terra rossa nicht aus allen Kalksteinen bilde und daß sie sich derzeit auf secundärer Lagerstätte befinde. Neumayer und Fuchs sind übrigens nicht gleicher Ansicht miteinander. K.



irdischen System von Wasserläufen und Hohlräumen, wenn dieselben auch äußerlich nicht immer sichtbar sind.“ Die Mehrzahl der Dolinen sind, nach Neumayr, durch Einsturz entstanden. Einfache Auflösung des Kalkes — sagt er weiter — kann einen Canal in der Tiefe erweitern, dessen oberes Ende sich später durch Schutt verstopft und die Trichterform annimmt.

Neumayr ist also einer der Ersten, der eine zweifache Möglichkeit der Entstehung jener trichterförmigen Vertiefungen annimmt, die man in Krain mit dem Gesamtnamen „Dolinen“ bezeichnet.

1887. A. Daubrée: „Les eaux souterraines à l'époque actuelle“. Paris 1887.

„Der unterirdischen Wassercirculation gegenüber verhalten sich die Höhlen wie die Bruchspalten, jedoch mit größerer Wirksamkeit. Die bedeutende Entwicklung, welche sie in vielen Kalkgebirgen besitzen, verschafft ihnen eine hervorragende hydrologische Bedeutung . . . . . Die Namen Höhlen oder Grotten bezeichnen Höhlungen von sehr unregelmäßigen Formen, die einmal in mehr oder minder geräumigen Kammern bestehen, ein andermal in engen Röhren, die miteinander in Verbindung stehen und Gänge bilden, die sich hunderte oder tausende von Metern weit erstrecken können.

„Die Felsklüfte (Diaclasses) sind manchmal sehr weit, weil eine mechanische Action ihre Wände auseinandergerückt hat, manchmal, weil dieselben durch die unterirdischen Wässer angegriffen worden sind, am häufigsten jedoch, weil beide Actionen zusammengewirkt haben. Auf diese Weise können sie nach und nach zu wirklichen Höhlen werden, die ebenso aus höchst unregelmäßigen Bruchspalten (cassures), wie aus der Loslösung zweier Schichten von einander entstehen können . . . . .

„Andere Höhlungen von sehr abwechselnden Formen, wie: die puits naturels, gouffres, abîmes, ragagés (Provence), dolines (Friaul<sup>1)</sup>, entonnoirs, bétoires, puisards; chasma bei den alten Griechen, katavothra bei den modernen; Schlotten in Thüringen, swallow holes in Nord-England, ponor bei den Slaven, schließen sich an die Höhlen durch allerlei Uebergänge an, und spielen eine wichtige Rolle in der Vertheilung der unterirdischen Gewässer.“

Von Trichtern führt Daubrée jene von Ain-Taïba in der Sahara an, deren Entstehung er Einstürzen in Folge der Auslaugung von Gipslagern zuschreibt.

Höhlen gibt es, wie Daubrée (S. 293) betont, vorzüglich in Kalkgebirgen jeglichen Alters.

Die Entstehung der Grotte d'Arcy-sur-Cure (im Jurakalke, welche aus einer großen Anzahl von Kammern besteht, die durch Scheidewände abgechnürt erscheinen und eine 800 Meter lange geradlinige Höhle bilden) wird durch die Annahme erklärt, daß senkrechte Klüfte die Erosion der einzelnen derzeit miteinander verbundenen Räume ermöglicht haben.

Die puits naturels (berges du Clain bei Poitiers) sollen durch wirbelndes Wasser erodirt worden sein.

Aus den Causses von Larzac werden als typische Erscheinungen angeführt: 1. die bétoires oder entonnoirs genannten Erdtrichter, die häufig stufenförmig aufgebaut sind; 2. die Abgründe (abîmes, puits naturels oder Abene); 3. senkrechte Brüche und Spalten, theils leer, theils mit einer röthlichen Erde und mit Gesteinstrümmern

<sup>1)</sup> Soll heißen Carniole (Krain).

ausgefüllt; 4. zahlreiche Höhlen- und Quellenbildungen. Die Spalten spielen bei allen Höhlenbildungen eine Hauptrolle. Den Klüften haben sich andere Brüche zugesellt und daher stammen auch verschieden geformte Höhlungen. Dies erklärt auch, warum sich häufig Hohlräume entlang von Dislocationsspalten hinziehen. Gleich künstlichen Aushebungen haben die größeren oder kleineren Höhlungen eine Rückwirkung auf die oberirdischen Wässer ausgeübt. Dadurch entstanden unterirdische Bäche und Ströme, welche durch die Austiefung der Thäler nach und nach ihren Platz gewechselt haben. Die Wirkung des Wassers ist zugleich eine mechanische und eine chemische. Die Sande, Gerölle und Lehme stammen von der mechanischen Wirkung, denn sie sind Schwemmprodukte; die chemische Wirkung verräth sich durch gewisse Formen, die nur sie allein zu erzeugen vermag, wie die corrodirte Oberfläche der Wände, die wie angefault erscheinen, und die Gegenwart von Tropfstein. Derlei Spuren findet man noch in ganz trockenen Höhlen, woraus man erkennen kann, daß ihre Trockenlegung relativ jung ist und von der Austiefung der benachbarten Thäler her stammt, durch welche der Abfluß erfolgt ist. Die zugänglichen Höhlen in Frankreich zählen nach Hunderten, eine weit größere Anzahl ist unerschlossen. Die Höhlen sind mit Einstürzen vergesellschaftet, die unzählig in den österreichischen Karstländern sind.

Außer den Höhlen, welche durch Uebereinanderthürmung von Felsblöcken entstehen (wie man derlei sehr häufig im Walde von Fontainebleau sieht), gibt es auch solche, welche durch Hinwegschaffung von Sanden durch das infiltrirte Wasser entstehen, wenn die Sande in verhärteten Schotterbänken eingeschlossen sind.

Die Auslaugung von Gips oder Steinsalz erzeugt ebenfalls Hohlräume, und durch diese Einstürze die sich an der Oberfläche bemerkbar machen. Am 9. November 1876 entstand ein Einbruch durch die künstliche Salzgewinnung (durch Auslaugung) in Arth-sur-Meurthe, der durch die gleiche Ursache hervorgerufen wurde.

Das Gleiten von losen Blöcken auf geneigter Unterlage mit Hilfe des Wassers, wie es in Roquefort beobachtet wurde, kann ebenfalls spaltenförmige Hohlräume erzeugen.

Die Brandung erzeugt Höhlen und Naturbrücken, wie an der Küste von Etretat, bei Dieppe, Tréport, in den Graniten der Bretagne und von Jersey, in den Basalten von Staffa, bei Sorrent &c.

Auch in Lavagängen bilden sich Höhlen, wie bei Ronat (Buh-du-Dôme), Lancrotte, Teneriffa und in Island, welchen ergiebige Quellen entfließen.

Die Schlammströme einzelner Vulkane deuten ebenfalls auf das Vorhandensein größerer Hohlräume mit Wasseransammlungen hin. Auch diese haben schon Einstürze bewirkt.

Daubrée führt auch reihenförmig angeordnete Einstürze auf einer Bruchlinie bei Mournans an, die sich über Onglières und Plenissette bis Plenise (Jura) hinzieht. Lons-le-Saulnier, welches auf Jurakalk steht, der auf einer mergeligen und salzführenden Unterlage ruht, ist ein classisches Einsturzgebiet. Einstürze sind aus der dortigen Gegend verzeichnet aus den Jahren 1703, 1712, 1738, 1792, 1814 und 1830. Eine geradlinig angeordnete Trichterreihe kennt man auch in den Wäldern von Arbois (13 an der Zahl).

Daubrée nimmt überhaupt noch mehr Entstehungsursachen an als seine französischen Vorgänger, und er läßt bereits gelten, daß sich Höhlen fortwährend neu bilden, sowie daß Einstürze stattfinden, durch welche Dolinen erzeugt werden. Die auszugsweise citirten wenigen Sätze aus dem reichen Beweismateriale Daubrée's

zeigen, welchen hervorragenden Standpunkt dieser Gelehrte einnimmt. Sozusagen schulgerechte Definitionen bringt Daubrée zwar nicht, man erkennt aber seine Ansichten leicht aus den von ihm angeführten Beispielen.

**1888—1894.** E. A. Martel. Von diesem eifrigen Specialisten der Höhlenforschung sind im Verlaufe der letzten sechs Jahre ungefähr ein halbes hundert größerer und kleinerer Publicationen erschienen, unter denen die bedeutendste das Werk „Les Cevennes“ (Paris 1890) ist. Man führt Martel mitunter als Anhänger der subaërischen Entstehung der Schlände, Dolinen und Trichter an (gleich Dawkins, Mojsisovics und Obijic). Daß diese Annahme nicht ganz richtig sei, beweist sein 23. Capitel: Les eaux souterraines, in welchem er, nachdem er eine Reihe von Theorien angeführt hat, S. 362 sagt: „Wie dem auch sei, keine dieser Theorien genügt für sich allein, um die Bildung der Schlände (puits naturels) zu erklären. Das hat schon Desnoyer im Jahre 1888 in seiner ausgezeichneten Arbeit über die Grotten <sup>1)</sup> ausgesprochen, als er die drei Einflüsse schilderte: Dislocation der Ablagerungen (durch Einschrumpfung oder Bruch), strömende Wässer (die Einstürze hervorrufen), Auflösung (durch chemische Einwirkung).“

„Unsere Untersuchungen der Schlände der Cevennen haben uns zur Ansicht geführt, daß es kein allgemeines Gesetz für die Entstehung dieser Abgründe gibt, daß die höchst verschiedenen localen Terrain- und Höhenverhältnisse auch sehr verschiedene Resultate hervorgerufen haben, und daß gewisse Abgründe allen drei erwähnten Ursachen ihre Entstehung verdanken, während bei anderen deren nur zwei, oder selbst auch nur eine Ursache die Bildung hervorgerufen hat.“

Damals hatten Martel und seine Freunde erst vierzehn Schlände in den Cevennen erforscht; seither ist diese Zahl auf hundert angewachsen, aber schon in seinen ersten Publicationen erklärt Martel den Schlund von Padirac als einen Einsturzschlund. Allerdings vergleicht er auch einige andere Schlände mit Riesentöpfen, die zu den reinen Oberflächenerscheinungen gehören, wenn man die Bezeichnung richtig anwendet. Die bouteillenförmigen Schlände schreibt er einstürzenden Wässern zu, welche Wirbel am Grunde erzeugen, eine Ansicht, zu der ihn die schraubenförmigen Auswaschungen im „Avene de l'Egue“ bestimmt haben mögen, die er S. 364 erwähnt, wobei er sich auch auf Lapparent bezieht, welcher der gleichen Ansicht ist, die auch von einigen deutschen Geologen getheilt worden ist.

Die Höhlenbildung in den Plateaugebirgen schreibt Martel vorzugsweise der Infiltration durch Klüfte zu; er erkennt übrigens auch an, daß es in gewissen Gebirgsarten (vulkanischen u. s. w.) auf andere Weise gebildete Höhlen gibt. Unter den französischen Forschern steht Martel daher der deutschen Schule am nächsten. Inwieweit seine Forschungen am österreichischen Karste, die er im Herbst 1893 angestellt hat, seine Ansichten beeinflusst haben, wird sein neuestes Werk „Les abîmes“ lehren, von dem bei Schluß dieses Buches erst einige Correcturbogen vorlagen, aus denen aber schon ersichtlich war, daß er zum mindesten für weichere Kalke den Einsturzerscheinungen einen weit größeren Einfluß einräumt als früher.

Mit großer Begeisterung schildert da Martel die Naturwunder des Karst und insbesondere die unterirdischen Wasserläufe in der Adelsberger Grotte, in den Refahöhlen und in den Raibachhöhlen. Die Umgebung der Naturbrücken (im Raibach-

<sup>1)</sup> Im „Dictionnaire d'histoire naturelle de d'Orbigny“. 2. Auflage, 6. Bd., Paris 1868.

thale) nennt er das lehrreichste Terrain, welches er je gesehen hat, und das will viel sagen, denn Herr Martel hat seine Untersuchungen über den wesentlichsten Theil von Frankreich und über die Karstländer nördlich und östlich des Adriatischen Meeres ausgedehnt, bis Griechenland hinab.

Herr Martel ist Advocat in Paris und zählt als Naturforscher daher nicht unter die zünftige Gelehrtenwelt. Seine zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten berechtigen ihn aber, einen Platz unter denselben zu beanspruchen<sup>1)</sup>. Seit dem Auftreten Martel's hat die Höhlenforschung in Frankreich einen großen Aufschwung erhalten. Dieses Verdienst wird auch allgemein anerkannt, und zwar nicht nur in Frankreich selbst, sondern auch außerhalb dieses Landes, soweit als man sich überhaupt für Höhlenforschung interessiert.

In seinem neuesten Werke wiederholt Martel seine Anerkennung der drei Haupteinflüsse, bemerkt aber S. 449: „Was die Schachte oder Jama's (Avens) betrifft, die gewöhnlich sehr enge sind, so sind sie dort (am Karst) sehr zahlreich, und sind, wie in den Causses, der Effect einer oberirdischen Aushöhlung (creusement superficiel) sowohl mechanischer (érosion) als chemischer Natur (corrosion). S. 550 führt er ebenfalls „avens de creusement superficiel“ an. Vielleicht bringt das Buch, wenn es vollständig vorliegen wird, darüber eine Aufklärung, was unter dem „creusement superficiel“ zu verstehen ist.

1889. Prof. Dr. F. H. Kloos zeigt in seiner vorzüglichen Monographie: „Die Hermannshöhle bei Mübeland“, Weimar 1889, daß die Spaltenbildung zu den Grundursachen der Höhlenbildung gehöre. Er sagt (S. 7): „Es ist gewiß kein Zufall, daß das höhlenreiche Karstgebiet der illyrischen Küstenländer einem außerordentlich stark gefalteten und gestörten Gebirge angehört. Die alpinen Massenkalle der Kreidezeit, welche dort in bedeutender Mächtigkeit entwickelt sind, haben der Stauung und Zusammenschiebung einen kolossalen Widerstand entgegengesetzt. Eine tiefgehende Zerspaltung mußte davon die Folge sein und diese in Gemeinschaft mit der Löslichkeit des Gesteins war die Ursache der Höhlenbildung“.

1891. Professor Dr. Siegmund Günther, „Lehrbuch der physikalischen Geographie“ (Stuttgart 1891) S. 473.

Die erste Bedingung zur Entstehung einer Karstlandschaft ist die, daß das anstehende Gestein ganz oder doch fast ganz aus Kalk besteht. In ihm kann die Denudation mit besonderer Leichtigkeit arbeiten; seine Porosität und Zerklüftung bewirkt rasches Einsickern des atmosphärischen Wassers bis zu tief gelegenen Horizonten. Dede und Einförmigkeit, zerrissene Kalksteinplateaus, Mangel an Wasser und Vegetation, sowie zahlreiche Bodeneinsenkungen kennzeichnen die Karstlandschaft an der Oberfläche; verzweigte Höhlen und unterirdisch fließende Wasserläufe kennzeichnen dieselbe unter der Erde.

Der Name „Karst“ und der daraus abgeleitete „Verkarstung“ stammt von jener vielbesuchten Gegend in Innerkrain, welche von den Slovenen „Kras“ genannt wird. Dieses Bergland ist jedoch nur der am weitesten nach Nordwesten vorgeschobene Ausläufer eines weit ausgedehnteren Gebietes, denn als verkarstet kann der ganze westliche Theil der Balkanhalbinsel gelten bis hinab zur Südspitze des Peloponneses.

<sup>1)</sup> Siehe den Aufsatz: „Die Höhlenforschung in Frankreich“ in Petermann's Geographische Monatshefte, Gotha 1892, 4. Heft.



Weise an ein und derselben Stelle längere Zeit hindurch in rotirender Bewegung ist, so z. B. durch Wirbel in Wasserfällen, durch den Bogenschwall am Strande, ja sogar durch die Drehbewegung, in welche der Wind das Wasser in den Vertiefungen auf einem Granitfelsen versetzt." Auch die geologischen Orgeln oder Erdpfeifen sollen die gleiche Entstehungsursache haben, wären also als reine Oberflächenerscheinungen zu betrachten. Daß auch die tiefen Erosionsschlünde zu dieser Classe zu zählen seien, wie Einzelne es behaupten, wird jedoch nicht gesagt.

1893. Carl Siegmeth: „Die Agteleker-Tropfsteinhöhle“, *Experies* 1890, S. 8.

„Die Kalkgebirge sind das günstigste Terrain zur Höhlenbildung. Die Gewässer sickern durch Spalten und Klüftungen ein und vermehren beim Durchdringen des Humusbodens ihren Kohlensäure-Gehalt, mit dessen Hilfe sie aus den Kalken den leichtlöslichen doppeltkohlen-sauren Kalk bilden und ihn mit sich führen. Mehrere auf diese Weise ausgehöhlte Spalten vereinigen sich zu einem größeren Flußlaufe. Bedeutende Wassermassen durchströmen diese unterirdischen Flußläufe. Mit der chemischen, auflösenden Thätigkeit vereinigte sich die mechanische Erosion und bildete die ungeheuren Räume, wie wir sie heute in der Agteleker Höhle und in anderen Höhlen bewundern.“

„An einzelnen Stellen setzte das Gestein der chemischen und mechanischen Einwirkung einen geringeren Widerstand entgegen, es bildeten sich dort größere Hohlräume, weite Hallen, an anderen Orten wieder gelang es dem Wasser nur schwer das nöthige Flußbett herauszuarbeiten; die Höhle blieb hier gangförmig, enge, bei hohem Wasserstande nur schwer zugänglich. In den hallenförmigen Ausweitungen staut sich das Wasser oft zu Seen an, oder es ist wenigstens das Vorhandensein derselben in früherer Zeit nachweisbar.“

„Trifft das Wasser auf eine Schichtungsfläche, dann hat es natürlich leichtes Spiel und mit ihm auch der Höhlentourist, denn an solchen Stellen ist die Sohle ziemlich eben und leicht gangbar. Oft findet das Wasser einen neuen Abfluß, verläßt die alte Höhle, das alte Bett. Die Höhle wird dann trocken, wird zur Grotte.“

„Die Erosionsthätigkeit des Wassers äußert sich auch in der Bildung trichterförmiger Mulden an der Oberfläche des Plateaus, die man am Karste „Dolinen“ bei uns „Töbör“ nennt. Viele solche Dolinen verdanken auch ihre Entstehung dem Einsturze der Decken von Höhlenräumen und correspondiren dann mit Schuttkegeln oder Schutthalden im Inneren der Höhle. Manche gestatten dem Wasser den Eintritt in die Höhle, bei manchen ist dies nicht der Fall, oder der vorhanden gewesene Abflußanal ist verstopft. In solchen Dolinen sammelt sich das Wasser zu Seen an und meistens ist der Boden mit einem rothen, eisenhaltigen Thon, der Terra rossa des Karstes bedeckt, als Rückstand des durch das Wasser ausgelaugten Kalksteines. Solche Dolinen oder Töbör finden wir auch am Sziliczer-Plateau sehr häufig. Manche von ihnen haben besonders große Ausdehnung.“

„Solche Dolinen, welche noch heute dem Wasser den Ablauf in die Höhlenräume gestatten, ohne jedoch größere Oeffnungen zu zeigen, kommen am häufigsten vor. Zu diesen gehören: die Baradlavölgy, Magyorósvölgy, Sortöbör, Gallyatöbör, und Andere.“

„Eine zweite Art der Dolinen zeigt größere oder kleinere Oeffnungen, meist mit Gebüsch verwachsene Felsklüfte, welche oft die zuströmenden Wassermassen nicht

rasch genug ableiten können. Aeltere Schriftsteller<sup>1)</sup> sprachen sogar von Wirbel, welche dadurch entstehen und unachtsamen Menschen gefährlich werden können. Das Volk nennt diese Stellen „Kavaszhut“ (falsche Löcher). Zu jenen Dolinen, welche dem Wasser nicht mehr den Abfluß gestatten, gehörten der „Vörös-tó“ (rother See), welcher früher wahrscheinlich mit dem „Aranyút“ (Goldstraße) genannten Seitenarme der Höhle in Verbindung stand.

---

Es sind im Vorstehenden allerlei Lehrmeinungen angeführt, die sich mitunter arg widersprechen. Viele von den irrigen Ansichten, sind längst widerlegt, tauchen aber doch hin und wieder nochmals auf. Darum soll in den nachfolgenden Capiteln versucht werden, sie nochmals durch neuere Thatsachen zu widerlegen, die erst in jüngster Zeit bekannt geworden sind. Diese Thatsachen werden zugleich auch Beweise für die Richtigkeit von gewissen Theorien bilden, die im Vorstehenden bereits angeführt erscheinen. Auf diese allein sollen alle weiteren Ausführungen sich stützen und es ist vielleicht nicht ganz überflüssig dies zu betonen, um nicht den Schein zu erwecken, als ob der Verfasser dieses Buches die hier absichtlich vorangestellten längst erkannten Wahrheiten als sein eigenes geistiges Eigenthum auszugeben Willens sei.

---

<sup>1)</sup> Wafz, Schmidl u. A.

### III. Capitel.

## Systematik.

Es wurde schon wiederholt versucht, die sämmtlichen Höhlenarten in ein System zu bringen, es blieben jedoch stets einige davon übrig, die sich nicht einreihen ließen, was immerhin sein Mißliches hat und beweist, daß das System nicht richtig war. Es soll daher eine neue Gruppierung versucht werden, in welcher alle Höhlen, gleichviel welcher Form und welcher Entstehungsart, Platz finden können.

Wenn man die sämmtlichen Höhlen gruppiren will, so bleibt keine andere Eintheilungsart, als jene in:

1. ursprüngliche Höhlen
2. später gebildete natürliche Höhlen
3. künstliche Höhlen.

Diese drei Hauptgruppen zerfallen dann wieder in Unterabtheilungen, bei denen auf die Form oder Entstehungsart Rücksicht genommen werden kann. Die Gesteinsart, in denen die Höhlen vorkommen, ist dabei nicht maßgebend, denn es gibt ganz gleich geformte und auf gleiche Weise entstandene Höhlen in Gesteinen von verschiedenem geologischen Alter, wie man später sehen wird. Die Namen Kalkhöhlen, Gipshöhlen, Lavahöhlen, Basalthöhlen haben nur als nähere Bezeichnungen einen Werth, die Systematik bedarf ihrer nicht. Auch der Inhalt der Höhlen ist für die Eintheilung nicht von Belang, denn es kann Knochenhöhlen sowohl in eruptiven, als auch in sedimentären Gesteinen geben und ebenso Eishöhlen, Windhöhlen, Guanohöhlen u. dgl. Nur für die Unterabtheilungen kann 1. die Entstehungsart oder 2. die Form herangezogen werden. In ersterer Hinsicht kann man unterscheiden zwischen Erdbebenklüften, Spaltenhöhlen, Erosionshöhlen, Corrosionshöhlen, Ueberdeckungshöhlen und Bergsturzhöhlen; in letzterer zwischen: Schachthöhlen (wozu auch die Klippenbrunnen gehören), Tunnel- oder horizontalen Höhlen, den zwischen diesen beiden liegenden schrägen und Stagenhöhlen und den Halbhöhlen oder Nischenhöhlen. Man kann aus dieser noch lange nicht vollständigen Liste von Bezeichnungen die geistreichsten Gruppierungen vornehmen, die einfachste ist aber stets die beste, denn das Künsteln kann nur die Uebersichtlichkeit beeinträchtigen.

Hält man also an der vorgeschlagenen Dreitheilung fest, so würden sich folgende drei große Gruppen ergeben:

1. Ursprüngliche Höhlen, d. h. alle jene, welche sich mit dem Gebirge zugleich gebildet haben, in dem sie vorkommen. Darunter gehören:

a) in den krystallinischen Gesteinen: alle Blasenräume, unter denen die berühmten Krystallkeller die bekanntesten sind, ferner die meisten Lavahöhlen und alle Blasenräume in vulkanischen Gesteinen, daher in gewissem Sinne auch die nachträglich ausgefüllten kleinen Hohlräume, welche man als Mandelsteine bezeichnet.



b) in den klastischen Gesteinen: die horizontalen Riffhöhlen und die Klippenbrunnen. In Sedimentgesteinen dürften sich schon wegen ihrer Bildungsart kaum ursprüngliche, sondern nur später gebildete Höhlen nachweisen lassen, jedoch können gewisse Spaltenhöhlen, welche durch den Austrocknungsproceß der Sedimente entstanden und später erweitert worden sind, füglich als Uebergänge von den ursprünglichen Höhlen zu den später gebildeten betrachtet werden.

2. Später gebildete Höhlen. Diese Gruppe umfaßt sowohl die größte Anzahl, als auch die zahlreichsten Gattungen von Höhlen in Bezug auf ihre Entstehungsart. In letzterer Hinsicht sind besonders drei Arten bei der Höhlenbildung thätig gewesen, u. zw.:

- a) die Spaltenbildung durch Bruch,
- b) die Erosion und Corrosion,
- c) die Ueberdeckung.

In die Unterabtheilung a) gehören die Erdbebenklüfte, sowie etwa durch den jetzt so beliebten horizontalen Gebirgsschub entstandene Bruchspalten; die aber wahrscheinlich zumeist mit ersteren identisch sein dürften. Weiters: Klüfte, welche durch Senkungen von Theilen eines Berges in Folge von Unterwaschung entstanden sind, deren Zahl aber nicht sehr groß ist.

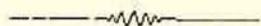
Den größten Antheil an der Höhlenbildung hat b) die Erosion und Corrosion. Sie wirkte sowohl in senkrechter Richtung als auch in horizontaler und bildete in ersterer Hinsicht Schacht- oder Schlundhöhlen und in letzterer horizontale oder Tunnelhöhlen. Die schrägen und die Stagenhöhlen stehen zwischen beiden und können je nach ihrem mehr senkrechten oder mehr horizontalen Verlaufe, bald zu der einen, bald zur anderen Kategorie gezählt werden. Weiters ist zu beachten, daß die Erosion sowohl mechanisch als chemisch (Corrosion) wirken kann und daß jede dieser beiden Formen unverkennbare Spuren zurückläßt. Häufig wirken sie beide zusammen. Dagegen sind reine Corrosionshöhlen sehr selten. Eine Unterscheidung zwischen Wasserfählern (Schlundhöhlen, Flußschwinden, Ponoren Katabothren) und Wasserspeiern (Riesenquellen, Kephalarien, Speihöhlen) wurde wiederholt gemacht, es werden jedoch mit diesen Ausdrücken keine besonderen Höhlenarten, sondern nur der Anfang oder das Ende einer Wasserhöhle bezeichnet. Außer den bereits erwähnten Höhlenarten dürften ferner auch fast alle Halbhöhlen zu den Erosionshöhlen zu zählen sein. Hierzu können auch jene Halbhöhlen gezählt werden, die durch wirbelndes Wasser oder durch Wirbelwinde erodirt wurden.

c) Die Ueberdeckung kann Höhlenräume sowohl durch Ueberdeckung von bestehenden Spalten, Klüften, Klammen zc. erzeugen, indem abstürzende Felsplatten oder Blöcke über denselben liegen bleiben oder aber durch das ungemein rasche Wachstum von Quelltuffbildungen. Auch durch vulkanische Eruptionen können Ueberdeckungshöhlen in einzelnen seltenen Fällen erzeugt werden; dann greifen sie aber in die Classe der ursprünglichen Höhlen über. In die Kategorie der Ueberdeckungshöhlen gehören auch jene zumeist kleinen Höhlen, die sich zwischen den Felsblöcken der Bergstürze befinden und die häufig abnorme Temperatur besitzen. Mit ihnen verwandt, aber eigentlich zumeist nicht mehr zu den Höhlen zu zählen, sind Windlöcher, Windröhren und Eisansammlungen in lockerem Schutte.

3. Die künstlichen Höhlen sind nicht minder mannigfaltig, als die natürlichen. Zu ihnen gehören alle sogenannten Erdställe, die fast ausschließlich im Löß und Lehm gegraben sind, deren Anzahl weit beträchtlicher sein dürfte, als man glaubt.

Die meisten davon sind in Niederösterreich und in Bayern entdeckt worden. Auch die künstlich erweiterten Höhlen können in diese Classe einbezogen werden, ebenso alle Bergwerke, alle bergmännisch abgebauten Steinbrüche und alle für Cultus-, Begräbniß- oder Vertheidigungszwecke eingerichteten künstlichen oder umgestalteten natürlichen Höhlen.

Gegen die vorstehende Classificirung könnte mit Recht eingewendet werden, daß auch sie nicht unanfechtbar ist, weil sie keine scharfen Grenzen zwischen den einzelnen Höhlentypen zieht. Dieser Vorwurf kann aber jeder Eintheilung gemacht werden, weil es solche Grenzen in der Natur nicht gibt und weil überall Uebergänge existiren, welche eine scharfe Abgrenzung unmöglich machen. Die Natur wiederholt sich nicht in ihren Gebilden und auch die scheinbar ähnlichsten Dinge sind einander nicht vollkommen gleich. Das Gleiche ist auch bei den Höhlen der Fall. Jede Höhle hat ihre Eigenthümlichkeiten in Bezug auf Form oder Inhalt, und diese unendliche Mannigfaltigkeit ist vielleicht die Ursache, daß die Höhlenforschung so viel Anziehendes für Jene hat, die sie mit Ernst betreiben.



## IV. Capitel.

# I. Classe: Ursprüngliche Höhlen.

### A. In krystallinischen Gesteinen.

Im krystallinischen Gebirge nimmt man an, daß sich ursprüngliche Höhlen in jenen Felsarten befinden, welche seinerzeit in feurig-flüssigem Zustande dem Erdinnern entquollen sind, also in Graniten, granitischen Gneissen, Porphyrn, Basalten und ähnlichen plutonischen Gesteinen. Diese Höhlen sind Blasenräume, zumeist von geringer Ausdehnung, die auch wegen der Entstehungsart dieser Gesteine nur in geringer Menge vorkommen können, und die in den seltensten Fällen zugänglich, d. h. durch Zufall erschlossen werden. In diesen Räumen sammelt sich zumeist mit Kieselsäure gesättigtes Infiltrationswasser, und kleidet dieselben mit den wunderbarsten Krystallen aus. Wird durch Gletschererosion, Bergsturz, oder irgend eine andere Ursache eine solche Blase bloßgelegt, so zeigt sich eines der schönsten Naturwunder, welches aber selten lange unberührt bestehen bleibt, weil der große Handelswerth der Krystalle Anreiz genug zu ihrer Ausbeutung gibt. Die richtige Bezeichnung für derlei Räume ist „Krystallkeller“; in der Schweiz, wo sie am häufigsten vorkommen, heißen sie Strahlenlöcher, weil man die Bergkrystalle Strahlen nennt. Die Leute, welche sich mit dem Sammeln und dem Handel von Bergkrystallen beschäftigen, nennt man daher auch Strahler.

Selten trifft man jedoch die wirkliche Blasenform, sondern zumeist die Kluftform<sup>1)</sup> an, wie bei dem berühmten Gange im Zinkenstocke, dessen Länge 40 Meter, dessen Breite 6 Meter betrug, und der eine enorme Ausbeute geliefert hat. Der Zinkenstock soll übrigens noch viele derartige Krystallkeller enthalten. Der vorerwähnte Krystallkeller wurde schon im Jahre 1720 aufgefunden, ein zweiter, ebenfalls sehr berühmt gewordener, wurde 1757 entdeckt. Aus ihm stammen die schönsten Exemplare der Museen; das größte Stück soll 700 Kilogramm gewogen haben. Zwei der größten Krystalle aus diesem Keller befinden sich im Musée d'histoire naturelle in Paris. Auch der berühmte Rauchtopas im naturhistorischen Hofmuseum in Wien stammt aus einem Schweizer Krystallkeller nächst dem Tiefengletscher<sup>2)</sup>.

Der kostbare Inhalt solcher Krystallkeller bringt es mit sich, daß ihre Entdecker, so lange es angeht, den Ort möglichst geheim halten, um fremde Concurrenten davon abzuhalten. Daß im Nauristhale vor etwa 15 Jahren ein mit ziemlich großen Krystallen ausgekleideter Raum aufgefunden worden sei, ist bekannt, da Stücke von 2

<sup>1)</sup> Zur Vermeidung von Mißverständnissen muß hier bemerkt werden, daß die kluftförmigen Krystallkeller auch in wirklichen Klüften (Bruchspalten u. dgl.) vorkommen können. Zu den reinen ursprünglichen Höhlen dürfen aber nur die mit dem Gesteine zugleich gebildeten Blasenräume gezählt werden.

<sup>2)</sup> Die „Gartenlaube“ vom Jahre 1869, S. 734, enthält die Beschreibung einer am Tiefengletscher in der Schweiz entdeckten Höhle mit reicher Auskleidung von schönen Bergkrystallen, leider ohne Abbildung.

bis 5 Kilogramm und drusig zusammengewachsene Krystalle von 50 Kilogramm und darüber seitdem durch den sogenannten Parteierwirth in großer Menge in den Handel gebracht wurden. Den Ort, wo sich der Krystallkeller befindet, hielt der Entdecker bis zu seinem Tode geheim, und es gelang nicht, ihm sein Geheimniß abzulauschen. Nur so viel verrieth der Mann, daß die Stücke aus einem kleinen, höhlenartigen Raume stammen, der nur in der Centralgneißzone liegen kann, weil sich sonst kein der Bildung von Bergkrystallen günstiges Gestein in der Gegend befindet.

Was die Krystallkeller (deren es auch sehr unansehnliche gibt) im Großen sind, das sind im Kleinen die Blasenräume in Eruptivgesteinen, die oft mit den wunderbarsten Krystallen ausgekleidet, ja oft ganz ausgefüllt sind. Die bekanntesten und wohl auch die schönsten darunter sind die in keiner größeren Mineraliensammlung fehlenden Achatmandeln oder Mandelsteine von Theiß bei Klausen in Tirol. Nach Richthofen wird hier ein Tuffconglomerat des Quarzporphyrs vielfach von sich durchkreuzenden schmalen Melaphyr- und Augitporphyr-Gängen und derlei Gangtrümmern durchsetzt. Derart erscheint das Gestein an dem Fundorte ähnlich einer Breccie: es hat eine tiefgehende Zersetzung erlitten. Spalten in demselben, sowie Blasenräume im Augitporphyr wurden mit Auslaugungsproducten des Nebengesteines an den Wänden bekleidet. Zumeist bildete Quarz den ersten Absatz. Einzelne Mandeln erreichen die Länge von 30—40 Centimeter und enthalten: Quarz, Chalcedon, Achat, Amethyst, Carneol, nebst verschiedenartigen Begleitmineralien, wie: Apophyllit, Calcit, Chabasit, Comptonit, Datolith, Desmin, Fluorit, Harmotom, Laumontit, Prehnit und Stilbit<sup>1)</sup>. So interessant diese kleinen Blasenräume auch sein mögen, so kann man sie eigentlich nicht unter jene Höhlungen rechnen, die hier behandelt werden sollen. Sie geben aber doch einen Begriff über die Vorgänge bei der Auskleidung auch größerer Hohlräume, und darum durften sie nicht ganz übergangen werden<sup>2)</sup>.

Die Lavahöhlen sind dagegen echte Höhlen, die sich zwar nicht so recht mit dem Gesteine selbst gebildet haben, sondern dadurch entstanden sind, daß auf einer stärker geneigten Berglehne das flüssige Magma auf der Oberfläche durch Abkühlung erhärtet ist und stehen blieb, während es im Innern noch flüssig blieb, und dem Gesetze der Schwere folgend weiter zu Thal floß, wodurch nothwendigerweise ein Hohlraum entstehen mußte, dessen Längsachse in der Stromrichtung lag. Derlei Höhlen bleiben oft durch lange Zeit unzugänglich, und man ahnt ihre Existenz nur durch den dumpfen Ton, den der Boden beim Betreten des Ortes hören läßt, unter dem der Gang liegt. Wird durch irgend ein Ereigniß (Abbruch am Ende oder Einbruch im Verlaufe der Höhle) ein Eingang frei, so zeigt es sich, daß die Höhle zumeist nur einen einzigen Gang bildet, der nur in dem Falle eine Gabelung zeigt, wenn der Lavaström durch irgend ein Hinderniß gespalten wurde. Fast jeder Vulkan hat derartige Höhlen; die größten befinden sich auf der Insel Island.

Zwei bedeutende Lavahöhlen sind auch aus Amerika bekannt. Deckert führt sie in seinem Verzeichnisse der nordamerikanischen Höhlen an (Globus 1888, Nr. 14),

<sup>1)</sup> Nach: Zepharovich, „Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Oesterreich“. Wien, 1859 und 1873.

<sup>2)</sup> Als solche Beispiele können auch die Natrolithe betrachtet werden, die in Blasenräumen der Basalte vorkommen, und die von Quenstedt erwähnten Quarzkrystalle in den Hohlräumen von Zweischalern in der Schwäbischen Alb. Alle diese Auskleidungen wurden auf nassem Wege erzeugt und zwar auf die gleiche Art, wie dies in größeren Hohlräumen geschieht.

Pluto's Cave liegt im Thale des Elk River unweit des Mount Shasta in Californien, die Höhle von Taxco liegt im Staate Guerrero in Mexico.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß sich in Lavas und anderen vulkanischen Gesteinen auch Erosionshöhlen bilden können, weil alle diese Gesteine beim Erkalten an Volumen verlieren und daher zahlreiche Spalten oder Absonderungsklüfte enthalten. Daubrée führt (Bd. I, S. 99) als Beispiel die Quelle von Rohat im Puy du Dôme an, die aus einer Lavahöhle entspringt. Ähnliche Wasserläufe, welche aus den Enden von Lavagängen hervorbrechen, führt Daubrée auch S. 302 an, und zwar solche von Lancerotte und Teneriffa auf den Kanarischen Inseln und auf Island (letztere nach Dr. Eugen Robert's: „Voyage en Islande“). Weiters führt auch das erst 1894 in Berlin erschienene Werk von Dr. Adolf Markuse: „Die Hawaischen Inseln“ mehrere Lavahöhlen an, von denen zwei Süßwasseransammlungen enthalten<sup>1)</sup>. Von diesen Wasserbassins ist eines stets rein und klar, während die Oberfläche des anderen von einem unlöslichen weißen Staube bedeckt ist, der nur schwindet, wenn der Wind durch die Höhlenmündung hereinweht. Die unweit davon in den massiven Lavaschichten am Absturze des Hina-Berges liegende dritte Höhle, welche die „trockene Höhle“ genannt wird, soll die bedeutendste sein. Ihre Mündung ist 39 Meter breit und 6 Meter hoch; ihre Längenerstreckung wird auf 80 Meter angegeben. Die Eingebornen meiden diese Höhle, wegen der Sagen, die von ihr existiren. Ueber die Hawaischen Lavahöhlen berichtet auch William Ellis („Reise durch Hawaii“, Hamburg 1827) S. 20, und führt ihre Entstehung auf fließende Lavaströme zurück. S. 21 beschreibt er die Höhle Kaniaka, deren Länge er auf 1200 Fuß angibt. Das Wasserbassin am Ende enthält Seewasser und communicirt mit dem Meere. Die Höhle verengt sich stellenweise sehr, hat aber an anderen Stellen bis 25 Fuß Höhe und 20 Fuß Breite.

Die Basalthöhlen dürften kaum zu den ursprünglichen Höhlen zu rechnen sein; sie werden daher erst später unter den Strandhöhlen (Halbhöhlen) behandelt werden. Nur die Bildung einer Basalthöhle, auf welche man erst vor Kurzem aufmerksam wurde, läßt sich vorläufig noch nicht anders erklären, als durch die Annahme, daß ihr Innenraum ursprünglich ein Blasenraum gewesen sein müsse, der freilich im Verlaufe der Zeit stark verändert worden ist. Diese Höhle war schon 1770 einmal wissenschaftlich untersucht worden, kam aber dann wieder in Vergessenheit. Martel, der bekannte französische Höhlenforscher, wiederholte die Untersuchung im Juni 1892 und fand, daß sie sich hauptsächlich durch drei Eigenschaften auszeichne, und zwar 1. durch ihre Schachtförmigkeit, die bei Basalthöhlen bisher noch nicht bekannt war, 2. durch das Vorkommen irrespirabler Gase (Kohlensäure) am Grunde, und 3. durch abnorm niedrige Temperaturen. Der Schlund, durch welchen man in die Höhle gelangt, ist wohl durch successiven Abbruch der Decke, und ebenso ist der Trichter oberhalb des 4 Meter weiten Schlundes durch Abböschung nachträglich entstanden. Dessenungeachtet ist es schwer, die Entstehung des über 50 Meter weiten Innenraumes zu erklären, wenn man nicht die Hypothese zu Hilfe nimmt, daß derselbe ursprünglich eine Gasblase gewesen sei. Das Auftreten der Kohlensäure ist im Basaltgebirge nicht überraschend. Ob die Gasblase, welche das 3 Meter tiefe Wasserbecken am Grunde 5 Meter hoch bedeckt, aus Spalten in die Höhle gelangt, oder aus dem Wasser

<sup>1)</sup> „...trotz der Nähe des Meeres“, sagt Dr. Markuse. Diese beiden Höhlen scheinen also in tiefem Niveau zu liegen.

steigt, konnte nicht constatirt werden. Die Temperatur, welche am Tage  $+ 10.5^{\circ}$  C. betrug, sank constant bis auf  $+ 1^{\circ}$  C. am Wasserspiegel, und das Wasser selbst zeigte nur eine Wärme von  $+ 1.5^{\circ}$  C.<sup>1)</sup> Abnorm niedrige Temperaturen in lockerem Basaltgesteine sind wiederholt bekannt gemacht worden<sup>2)</sup>, in anstehendem Basalte jedoch ist es der erste Fall, daß man (notabene in solcher Tiefe) auf abnorm niedrige Temperaturen gestoßen ist.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß sich auch in Basalten ebensogut wie in Lavan Erosionshöhlen bilden können. Die Absonderungsklüfte der Basalte, welche von namhaften Geologen ebenso wie die Klüfte und Risse in den Lavagängen der Volumenverminderung bei der Abkühlung zugeschrieben werden, begünstigen ja sehr die Infiltration. Die Grottes de Pranal (Puy du Dôme) sind aber nicht durch infiltrirtes Wasser erodirt, sondern sie sind Uferhöhlen, die von der Sioule gebildet worden sind (nach Elie de Beaumont), und sind daher Halbhöhlen (Nischenhöhlen) von geringer Tiefe.

In vulkanischen Tuffen kommen vereinzelt Höhlen vor. Die Entstehung der bekannten Zwerglöcher zwischen Karlsbad und Stiephübel in Böhmen wird sowohl von Hochstetter<sup>3)</sup> wie von Neuß<sup>4)</sup> dadurch erklärt, daß Baumstämme im Basalttuff eingeschlossen worden seien, welche nach dem Zerfalle erodirt wurden, als die Höhle im Gehänge angeschnitten worden ist. Die Höhlen besitzen nicht umsonst ihren Namen. Sie sind von so minimalen Dimensionen, daß nur in die größte derselben ein Mann zu gelangen und sich in ihr aufzustellen vermag. Diese hat eine unregelmäßige Form, die in der That an jene eines Wurzelstockes erinnert; strenge genommen gehören daher die Zwerglöcher unter die Ueberdeckungshöhlen.

Eine Höhle im vulkanischen Tuff ist auch aus der Eifelgegend bekannt. Sie liegt im Brohlthale, dürfte aber möglicherweise auch nicht zu den ursprünglichen Höhlen zu zählen sein, weil die Eifelgegend sehr reich an Sauerlingen ist, die als Steigquellen aus dem tiefen Erdinnern zu Tage kommen, und weil eine genauere Untersuchung nicht vorliegt. Derlei Höhlen werden im späteren Capitel der „Corrosionshöhlen“ nochmals erwähnt werden, sie mußten aber, schon des Hinweises wegen, hier angeführt werden.

Den ursprünglichen Höhlen weit näher stehen die sogenannten Blaslöcher (Dampflöcher) der Vulkane. Sie reichen als unregelmäßig geformte Röhren, die mit erweiterten Mundlöchern beginnen, in schräger bis senkrechter Richtung in den Berg bis in größere Tiefen, wo sie sich so weit verengen, daß sie nicht einmal mehr schließbar sind. Eine Anzahl solcher Höhlen im ausgebrannten Vulkane Elgon in Centralafrika (nächst dem Victoria-Nyanza) wird unter den bewohnten Höhlen im betreffenden Capitel ausführlicher erwähnt werden.

<sup>1)</sup> Näheres über den Creux-de-Souci in den Zeitschriften „La Nature“ 1892, S. 166, — Petermann's „Mittheilungen“ 1892, Heft Nr. 19, — „Der Stein der Weisen“ 1892, Heft 21.

<sup>2)</sup> A. Bleichel, Ueber das Eis im Sommer zwischen den Basalttrümmern bei Kamait in Böhmen; in Bogendorff's „Annalen“ 1841, S. 218 u. 292, — „Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften“, Prag 1838, — „Neues Jahrbuch für Mineralogie“ 1844, S. 240. Die älteste Nachricht dürfte enthalten sein in: Sommer, „Das Königreich Böhmen“ 2c., Prag 1733 (nach: Fugger's „Eishöhlen und Windröhren“; siehe das Capitel „Eishöhlen“).

<sup>3)</sup> Ferdinand v. Hochstetter, „Karlsbad, seine geognostischen Verhältnisse und seine Quellen“. Karlsbad 1856, S. 62. Auch ist hier eine auf die Zwerglöcher bezügliche Sage angefügt.

<sup>4)</sup> A. E. Neuß, „Geognostische Skizze der Umgebung von Karlsbad, Marienbad und Franzensbad“. Prag 1863, S. 55.

## B. In klastischen Gesteinen.

Kürzer abgethan ist das Capitel der ursprünglichen Höhlen in den klastischen Gesteinen, nachdem sich dieselben auf Riffhöhlen beschränken, von denen es sowohl verticale (Klippenbrunnen) als horizontale gibt. Die Entstehung derselben wird von den Einen dem ungleichen Wachstume der Korallen, von anderen örtlichen Zerstörungen von Korallencolonien zugeschrieben. Die Ergründung der richtigen Ansicht ist Sache der Zoologen, und es wäre zu wünschen, daß sich dieselben mehr mit dieser Frage beschäftigten, als es bisher geschehen ist. Darwin <sup>1)</sup> erwähnt, daß Korallenriffe bei Port Francés und bei Port Maçeio an der Küste von Brasilien voll von großen, unregelmäßigen, mit dem Meere communicirenden Höhlen seien. Auch von Bruchspalten spricht er (S. 97), deren Entstehung er Niveauänderungen (Hebungen oder Senkungen) zuschreibt. Derlei Spalten können später wieder überbaut und zu kluftartigen Höhlen werden, wenn das Riff über das Meeresniveau emporgehoben wird. Daß örtliche Zerstörungen einzelner Korallencolonien vorkommen, darüber liegen zahlreiche Beobachtungen vor. Einzelne Fischarten (wie *Searus*) leben vorzüglich vom Abweiden der Polypenstöcke. Auch die Holothurien sind große Feinde der Korallenthier.

Das Innere eines Korallenriffes bildet die Lagune, deren Grund ebenfalls Korallenthier enthält, jedoch andere Arten als die der Brandung ausgesetzte Seite, auf welcher die kräftigeren und durch den Kampf um's Dasein widerstandsfähiger gewordenen Arten leben. Der Grund der Lagune wird aber nicht nur von den Korallenthierchen aufgebaut, sondern auch von den Schalen verschiedenartiger absterbender Thiere, von losgelösten Partikeln von Korallensand und von den kalkigen Excrementen der von den Schalthieren, Polypen &c. lebenden anderen Thiere. In feuchtem Zustande gleicht der Lagunenschlamm einer echten Kreide; in trockenem Zustande schrumpft er ein und zerfällt entweder in feinen Sand, oder er wird rissig, und ein solches Materiale ist ganz geeignet, nach dem Erhärten der Infiltration den Zugang zu eröffnen. Dieses Rissigwerden kommt bei jüngeren Kalken sehr häufig vor und insbesondere bei den dolomitischen. Dies mag auch die Ursache sein, daß Dolomite und dolomitische Kalk besonders für Höhlenbildung geneigt sind, während die dichteren und minder klüftigen, nicht dolomitischen, triadischen, marmorartigen Kalk weder so zahlreiche, noch so bedeutende Höhlen aufzuweisen haben, als jene der Kreide- und der Juraformation. Der von den Geologen bezüglich seiner Zugehörigkeit noch viel umstrittene Dachsteinkalk, den Hauer in die Rhätische Formation einreicht, frühere Geologen aber noch der obersten Trias zuzählten, ist ebenfalls sehr höhlenreich, nicht minder auch der weit ältere Devonkalk, in dem sich die bedeutendsten Höhlen von England und die großen mährischen Höhlen befinden. Alle diese Höhlen gehören zwar in die Classe der Erosionshöhlen, sie verdanken aber sicher der schon ursprünglichen Klüftigkeit der Gesteine ihre Entstehung. Diese Klüftigkeit ist ein so wesentliches Erforderniß, daß man behaupten kann, daß ohne sie in dichtem Kalksteine eine Höhlenbildung undenkbar ist, wie man es an der verhältnißmäßigen Geringfügigkeit der durch reine oberirdische Erosion (ohne Infiltration) erzeugten Auswaschungen (Niesentöpfe, Karsenfelder &c.) nachweisen kann.

<sup>1)</sup> Ch. Darwin's gesammelte Werke, übersetzt von F. Victor Carus. Stuttgart 1876, S. 57.

## V. Capitel.

### II. Classe: Später gebildete Höhlen.

#### A. Erodirte Klüfte und Spaltenhöhlen.

Wie am Schlusse des vorigen Capitels schon bemerkt wurde, sind die Spalten, welche durch Volumenverminderung beim Austrocknungsproceß submarin oder sublacuster gebildeter Gesteine, oder durch Bruch, oder sonstwie entstehen, wie Professor Fraas es schon betonte (siehe S. 20), die Hauptursache, daß die Infiltration tief in das Innere der Gebirge dringen kann. Dies genügt jedoch nicht, um eine subterrane Erosion zu erzeugen, sondern das infiltrirte Atmosphärwasser muß auch circuliren können. Ist dies nicht der Fall, so muß es die gelösten Mineralien in Krystallform absetzen und die Spalten successive verschließen. Die Kalkspathadern und auch die härteren Quarzgänge mögen auf solche Weise (auf nassem Wege) entstanden sein. Wo das Wasser circuliren kann, werden dagegen die Klüfte erweitert. Die Menge der im Infiltrationswasser durch mechanische oder chemische Erosion von den Klüftwänden abgelösten festen Bestandtheile ist jedoch nicht gleich, denn die Lösungskraft des Wassers hängt hauptsächlich von seinem Gehalte an Kohlensäure ab. Nach Szombathy<sup>1)</sup> enthält das anscheinend sehr reine Wasser des Kaiserbrunnens, welcher den wesentlichsten Theil des Wassers für die Wiener Hochquellenleitung liefert, in 10.000 Theilen Wasser 1.385 Theile gelöster fester Bestandtheile, jenes der ebenfalls in den Aquäduct eingeleiteten Stixensteinerquelle 2.452, wodurch also die Klüfte, in denen das Wasser circulirt, wesentlich erweitert werden mußten. Szombathy berechnet hieraus, daß durch die beiden Quellen dem Gebirge jährlich 4,262.000 Kilogramm fester Bestandtheile entführt werden, die einen Raum von 1570 Kubikmeter einnehmen würden. Auf diese Weise können mit der Zeit enge Klüfte in Höhlen umgewandelt werden. Die Klüftbildung muß aber der Höhlenbildung stets vorangehen.

Um die Menge der Kohlensäure zu erforschen, welche das die Erosion begünstigende Infiltrationswasser enthält, sind schon wiederholt Untersuchungen angestellt worden. Fruhwirth's Aufsatz (siehe Einleitung) enthält eine kurze Zusammenstellung einiger diesbezüglicher Untersuchungen. In 10.000 Theilen Wasser fand:

Fugger in Schneewasser.....	62·6	Theile Kohlensäure
Mulder in Wasser, welches durch Gartenerde durchtrat... 203·6	"	"
Wolff in Drainwasser aus Wiesenland..... 437·22	"	"
Wolff in Drainwasser aus Feldboden..... 503·31	"	"
Fugger in Brunnenwasser am 21. Februar..... 432·14	"	"
Fugger in Brunnenwasser am 12. März..... 681·26	"	"

\*) Die Höhlen und ihre Erforschung. Ein Vortrag, gehalten im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, am 14. März 1883, Wien 1883 im Selbstverlage des Vereines.



Den Kohlensäuregehalt der Luft fand Saussure im Mittel aller Jahreszeiten auf Grund dreijähriger Beobachtungen mit 0.000415 Volumtheilen. Es ist also evident, daß viel davon abhängt, wie die Oberfläche des Bodens beschaffen ist, durch welchen das Atmosphärwasser in die Gesteinsklüfte gelangt, und dieses ist nicht nur maßgebend für die Ausfüllung oder Auskleidung der Spalten, sondern auch für die Bildung der Tropfsteine in den Höhlen und den Absatz von Mineralien auf nassem Wege überhaupt. Auch die Intensität des Druckes der angesammelten Wassersäule muß schon aus mechanischen Gründen die Erosionskraft vermehren, weil sie die durchfeuchtete Angriffsfläche vermehren hilft und Wasser in Rigen und Poren preßt, die sonst nicht angegriffen würden. Nach den von Fruhwirth ebenfalls citirten Versuchen von Arthur Simony vermehrte sich die Lösbarkeit der untersuchten Mineralien bei 40 Atmosphären Druck auf das Doppelte und bei 65 Atmosphären auf das Dreifache. Auch bei erhöhten Temperaturen steigt die Lösbarkeit ungemein rasch, wie man es ja an den bedeutenden Mengen gelöster fester Bestandtheile erkennen kann, welche die heißen Quellen enthalten und die sich sofort in Form von Sinter absetzen, sobald das Wasser seine hohe Temperatur nach dem Austritte aus der Quelle verliert. Die Verhältnisse können, wie man sieht, ungemein complicirt sein und es spielt daher auch die Form der Klüfte eine wesentliche Rolle, weil von ihr die Druckhöhe der Wassersäule abhängt und weil bei großen Tiefen die Erdwärme die Temperatur des infiltrirten Wassers erhöhen hilft. Ob eine Spalte offen bleibt, ob sie erweitert wird, oder ob sie durch Krystallabsatz ausgefüllt wird, hängt daher von allerlei Umständen ab.

Klüfte gibt es vielerlei in unserer Erdrinde. Die moderne Geologie schreibt die Entstehung der bedeutenderen Bruchspalten größtentheils dem horizontalen Gebirgsschube zu, welcher durch die Contraction der festen Erdrinde entsteht, was einen feurigflüssigen (plastischen) Erdkern zur Voraussetzung hätte. Diese Klüfte sind ein Resultat von Pressungen, und die Verschiebungen machen sich durch Erschütterungen bemerkbar, welche man tectonische Erdbeben, zum Unterschiede von den vulkanischen und den Einsturzbeben nennt<sup>1)</sup>. Man kann also diese Art von Klüften füglich unter die Erdbebenklüfte rechnen<sup>2)</sup>, weil sowohl ihre Bildung, als ihre Erweiterung, oder die Verschiebungen der Klüftwände stets von Erbeben begleitet sind. Einige davon mögen schon bei ihrer Entstehung so weit klaffen, daß man sie als Spaltenhöhlen bezeichnen darf. Ein Beispiel dieser Art ist die am 16. October 1819 in Folge eines Erdbebens entstandene Kluft im Schloßberge von Mitterfill im Pinzgau (Salzburg)<sup>3)</sup>, deren Mündung im Schloßhofe derzeit durch große Steinplatten überdeckt ist. Aus der Erweiterung der senkrechten Klüfte können richtige Spaltenhöhlen entstehen. Großartige Bruch- und Verwerfungsspalten gibt es in vielen Gebirgen. Im Haushalte der Natur haben sie eine große Wichtigkeit, weil in ihnen die Wassercirculation vorzugsweise stattfindet. Seit man dies erkannt hat, ist die Aufsuchung von Quellen in

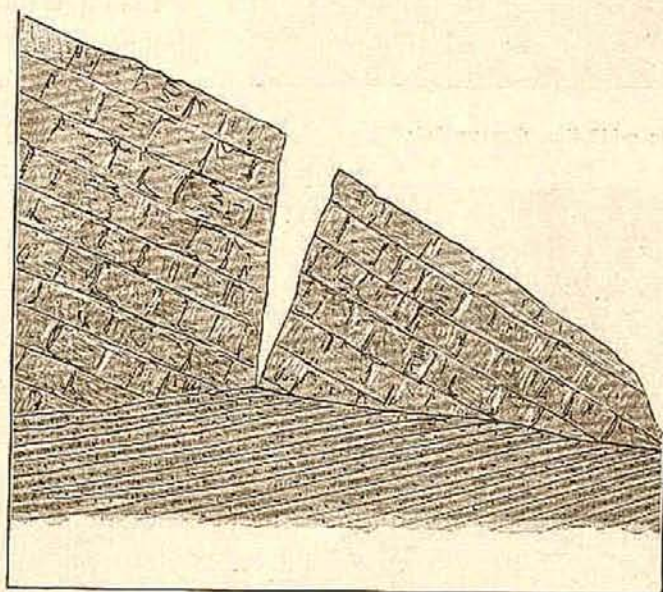
<sup>1)</sup> H. Hoernes: „Erdbebenstudien“. „Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt“, 28. Bd., Wien 1878. — Toula: Ueber den gegenwärtigen Stand der Erdbebenfrage, in den „Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“, Wien 1881, gebraucht hierfür die Bezeichnung „Dislocationsbeben“, die Hoernes auch in seinem späteren Werke „Erdbebenkunde“, Leipzig 1893, acceptirt.

<sup>2)</sup> Außer den Bruchspalten gibt es noch vielerlei andere Spalten, die je nach ihrer Größe oder Entstehung eigene Bezeichnungen besitzen (Haarspalten, Schichtungsklüfte zc.).

<sup>3)</sup> Nach Schaubach: „Die Deutschen Alpen“, III. Bd., Jena 1846, S. 29.

wasserarmen Gegenden wesentlich erleichtert worden. Die künstlich erschlossene Quelle, welche zur Wasserversorgung von Abbazia herangezogen wurde, liegt am Ende einer Bruchspalte, die sich durch eine deutliche Verwerfung im nahen Steinbruche verräth<sup>1)</sup>. Durch Erschließung von solchen wasserführenden Spalten, wird man in Zukunft bedeutende Wassersätze nutzbar machen können, die sich heute in unbekannte Tiefen verlieren. Es müssen zu diesem Zwecke aber die Geologen mit den Technikern Hand in Hand gehen.

Eine eigenthümliche Art von Spaltenhöhlen entsteht dadurch, daß eine leichter erodirbare weiche Gesteinschichte, welche unter einer härteren liegt, durch Wasser aufgelöst und fortgeschwemmt wird. Das seiner Unterlage theilweise beraubte, consistente „Hangende“ bricht dann ab und sinkt nach der Tiefe. Klafft die Bruchspalte nach oben, so bildet sie einen langgestreckten engen Schlund. Ein Beispiel dieser Art ist die sogenannte Windlegerhöhle (Windlehenhöhle oder Windlöcherhöhle) bei Gmunden. Sie entstand durch Auswaschung der mergeligen Schichten im Liegenden (Blambach Schichten?). Ihre Breite beträgt oben über einen Meter und sie keilt sich eine unzu-



Nach oben klaffende Spaltenhöhle.

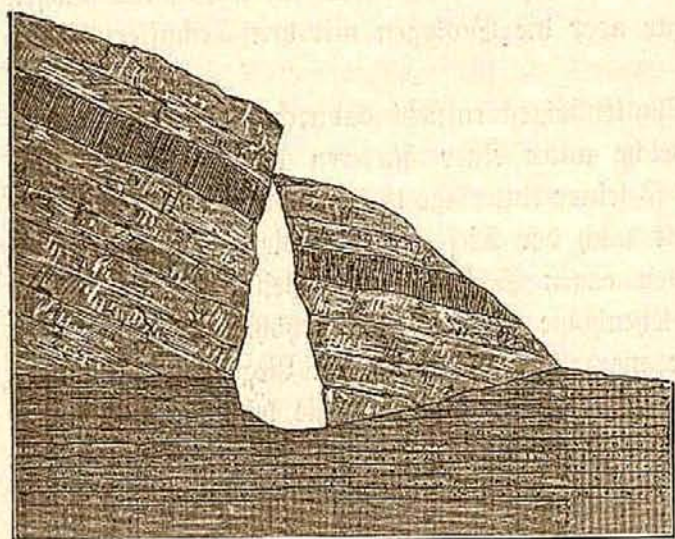
gängliche Spalte aus. Durch Einschwemmung ist sie von der Ostseite her zugänglich geworden, während die Westseite durch Nachrutschen von Felsstücken überdeckt ist. Derartige Klufthöhlen sind übrigens sehr selten. Wenn deren nur so wenige bekannt sind, so rührt dies vielleicht davon her, daß die meisten davon sofort nach ihrer Entstehung durch Nachfall verschüttet worden sind.<sup>2)</sup>

Es kann aber auch der umgekehrte Fall vorkommen, daß Spalten oben geschlossen und unten weiter sind. Befinden sich derlei Spalten am Rande von Gebirgen,

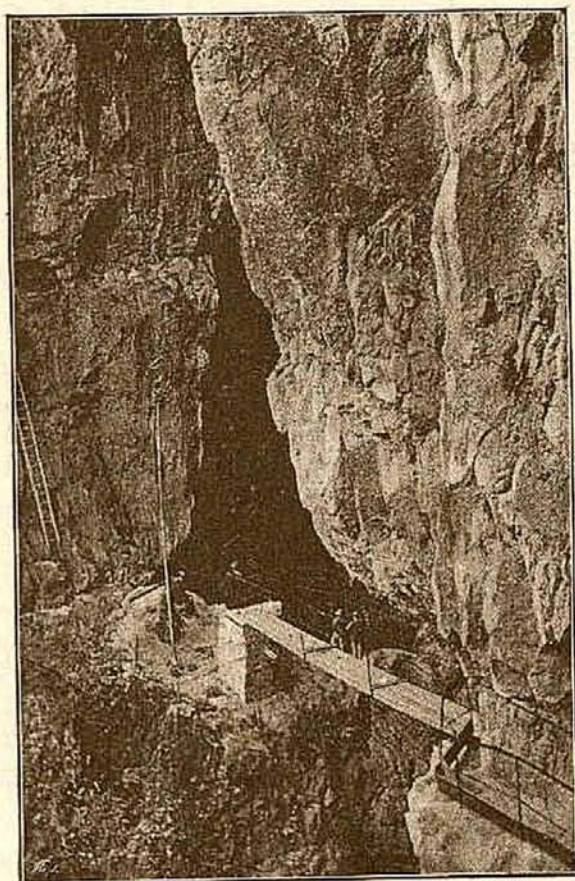
<sup>1)</sup> Nachdem die Quellspalte unter das Meeresniveau hinabreicht, so wird bei stärkerer Inanspruchnahme mitunter auch Seewasser mitgepumpt. Aus diesem Grunde wird derzeit an der Zuleitung von Gebirgswasser gearbeitet, welches in vortrefflicher Qualität unterhalb des Gipfels des Monte Maggiore aufgefunden worden ist, und mit natürlichem Gefälle nach Abbazia geleitet werden kann.

<sup>2)</sup> Die von Brugger beschriebenen Naturklüfte im Hoch-Obir (Kärnten) sind keine Klufthöhlen, wie dies aus dem in der österreichischen Touristen-Zeitung (Wien 1882, II. Bd., S. 269) veröffentlichten Aufsätze mit Grundriß und Durchschnitt, hervorgeht. Der Name ist nur eine bergmännische Bezeichnung für Hohlräume (Geflüste).

so sind sie häufig zugänglich. Die meisten der bestehenden derartigen Kluftthöhlen dürften jedoch geschlossen sein. Bei Bohrungen in Württemberg hat man Klüfte angebohrt, in welche die Bohrer plötzlich 20 Meter und darüber einsanken, wie Quenstedt berichtet.



Nach oben geschlossene Spaltenhöhle.



Ausgang der Marhorcic-Grotte.

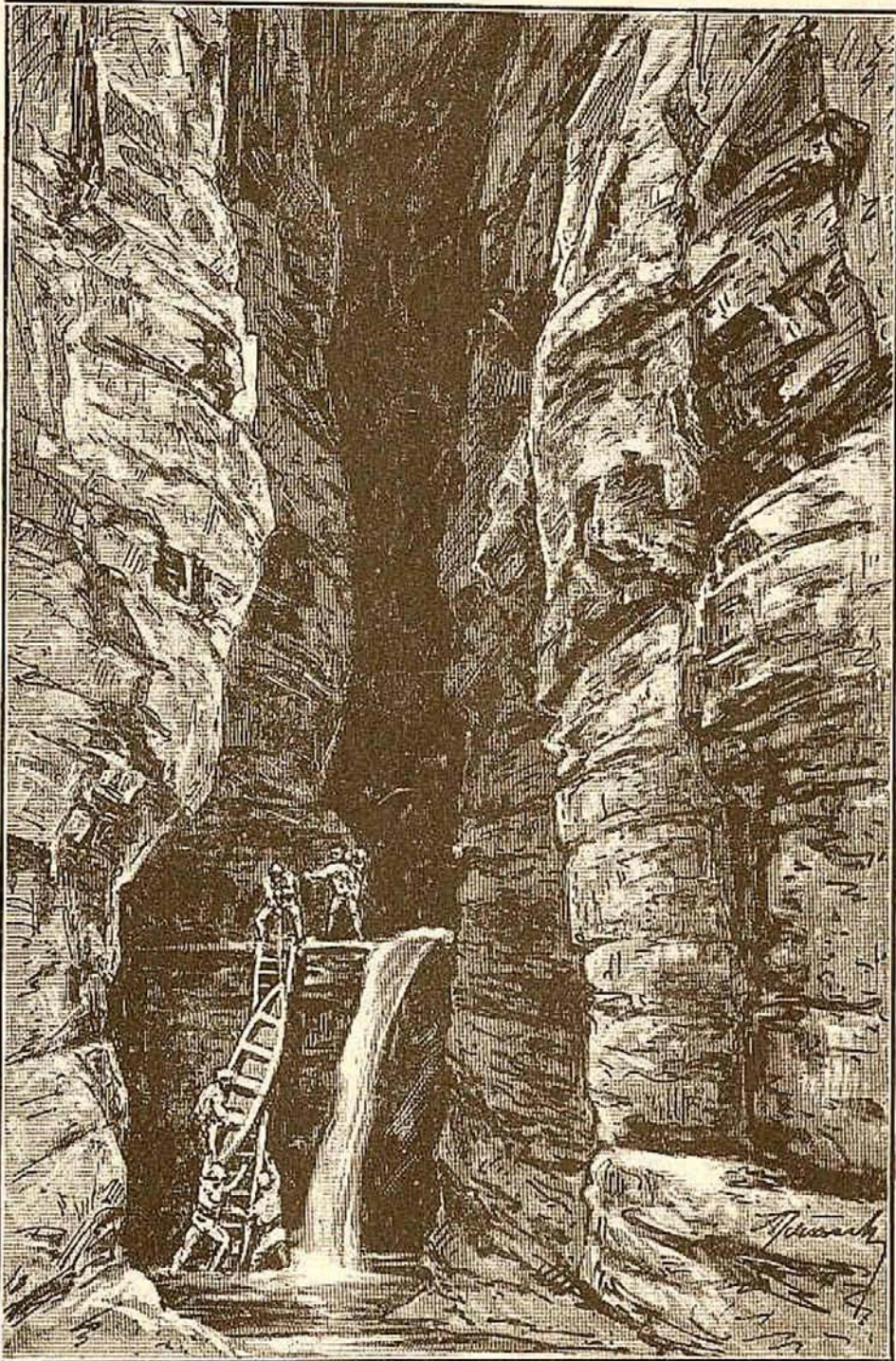
Schöne Untersuchungen über Kluftbildungen hat A. Daubrée in seinem Werke „Les eaux souterraines à l'époque actuelle“ (Paris 1887) veröffentlicht, aus denen ersichtlich ist, welcher bedeutenden Einfluß die Kluftbildung auf die Höhlenbildung und auf die Wassercirculation ausübt.

Daß aus ursprünglich engen Klüften durch Erosion mit der Zeit auch klammartige enge Thalschluchten entstehen können, braucht wohl nicht nachgewiesen zu werden. Beispiele hierfür gibt es in genügender Menge, obwohl die Entstehungsart nicht mehr überall deutlich erkennbar ist.

Klüfte gibt es sowohl senkrechte, welche die Gesteinschichten durchsetzen, als auch mehr oder minder horizontale, welche ihnen folgen. Aus beiden Arten können durch Erweiterung Kluft- oder Spaltenhöhlen entstehen und es ist stets leicht zu erkennen, aus welcher Art die Höhle gebildet wurde. Höhlen, die aus Bruchspalten entstanden sind, welche das Gestein ohne Rücksicht auf die Schichtung durchsetzen, sind zumeist senkrecht, sehr hoch und verhältnißmäßig schmal. Ihr klammartiger Charakter verleiht ihnen ein eigenthümliches Gepräge. Bramabiau (in Frankreich) und die Refeshöhlen von St. Canzian (Karst) sind unzweifelhaft aus senkrechten Klüften entstanden. Hätte die Erosion nicht sofort Angriffspunkte in sehr tiefen Horizonten gefunden, so hätte sich dort ebenso gut eine offene Erosionsschlucht (Klamm) bilden können.

Höhlen von auffallend schrägem Querschnitte sind dagegen zumeist aus solchen Klüften entstanden, welche der Schichtung folgen. Derlei Absonderungsklüfte zwischen den Schichten begünstigen, bei nur einigermaßen aus der Horizontale fallender Lagerung, die Wassercirculation oft ebenso gut wie die senkrechten Bruchspalten.

Die vortrefflichen photographischen Aufnahmen von Professor Dr. Max Müller in Braunschweig, welche in dem Werke über die Hermannshöhle bei Mübeland reproducirt sind, zeigen deutlich, daß auch aus den Absonderungsklüften Höhlen entstehen können, welche in ihrem absonderlichen schrägen Querschnitte der Schichtenstellung



Wasserfall in der Durchflußhöhle des Bouheurslufes nach Martel.

folgen. Eine ähnliche, nur wenig bekannte Höhle mit schrägem Querschnitte, der durch die Schichtenstellung bedingt wird, ist die kleine Haberleithberghöhle bei Ischl in Oberösterreich. Derlei Höhlen gibt es viele, die beiden Beispiele dürften aber genügen. Bezüglich der Hermannshöhle bei Mübeland muß jedoch hinzugefügt werden, daß nach Untersuchungen von Professor Kloos hier eine Complication vorzuliegen scheint, weil

sich Spuren nachweisen ließen, daß die ursprüngliche Höhle (Pferdestall) eine gewölbte Decke besaß und daß die schiefe, der Schichtenstellung folgende Form erst später durch Nachbruch entstanden sei. Die erste Ursache, daß das Wasser Angriffspunkte fand, waren aber jedenfalls die präexistirenden Absonderungsklüfte zwischen den Schichtenlagen.

Wirkliche Klufthöhlen in solchen Klüften, welche durch Zerreißen des Gebirges entstanden sind, beschreibt Professor Quenstedt. Das Glemsen-Höllloch ist eine Spalte, die in eine Höhle ausläuft. Auch die Gönningers-Höhle dürfte in diese Kategorie zu zählen sein. Von der 8 Meter breiten und 20 Meter hohen Höhle, welche das Große Haus genannt wird, sagt Quenstedt nur, daß sie einer oben bedeckten Kluft gleiche. Diese württembergischen Höhlen verdanken senkrechten Klüften, die sich an die Schichtenstellung nicht kehrten, ihre Entstehung. Für die Wassercirculation sind die senkrechten ebenso wichtig wie die schiegen Schichtungsklüfte.

Die Wasserversorgung von Mauniz (bei Rakel am Karste) gelang nur durch die Beobachtung, daß die Schichten des Trias-Dolomites in gleichmäßigen Streifen unter die Kreidefalle ziehen, und daß man daher darauf rechnen konnte, in einer bestimmten Tiefe jenes Wasser antreffen zu können, welches im höheren Niveau versank<sup>1)</sup>. Bei senkrechten Bruchspalten ist es minder sicher, das in ihnen circulirende Wasser anfahren zu können, weil derartige Brüche sich mitunter bis in große Tiefen fortsetzen, was bei Klüften, welche sich in der Nähe des Meeres befinden, zur Folge hat, daß man in ihnen fast stets nur brakisches Wasser antrifft.<sup>2)</sup>

Eine bestimmte Grenze, wann eine Kluft den Namen Klufthöhle verdient, ist selbstverständlich nicht anzugeben. Höchstens könnte man sagen, daß man letztere Bezeichnung dann anwenden darf, wenn die Kluft zum Mindesten schließbar geworden ist. Aus Klüften entstandene Höhlen besitzen übrigens mitunter auch weitere Räume, die aber bald wieder in Engen übergehen. Durch fortschreitende Erosionswirkung verlieren die Klufthöhlen ihren Charakter und gehen in die Tunnelform über. Auch aus der engsten Spalte kann mit der Zeit eine Höhle entstehen, wenn nur die Bedingungen hierfür vorhanden sind. Diese sind:

1. die Möglichkeit der Wassercirculation;
2. die Lösungskraft des Infiltrationswassers, und
3. die leichte Löslichkeit des Gesteines.

Welcher Ursache die Entstehung der Kluft zuzuschreiben ist, das ist in diesem Falle ganz gleichgiltig. Mit Hilfe der Klüfte werden dichte Gesteine permeabel und die Infiltration dringt bis in tiefe Horizonte vor, wo sie bei Vorhandensein der vorerwähnten Bedingungen erodirend und demzufolge höhlenbildend wirken kann.

Bei sehr steil einfallenden Schichten kommt übrigens häufig eine Complication von Erosionserscheinungen mit Einsturzercheinungen vor. Letztere sind aber nur secundärer Natur, denn erst muß ein Hohlraum da sein, in welchen Nachbrüche erfolgen können. Martel nennt diese Nachbrüche „éboulements latéraux“. Die Form der auf diese Weise entstandenen Hohlräume gleicht sehr jener der Klufthöhlen, welche durch Erosion (Erweiterung von Schichtungsklüften) entstanden sind, ihre Entstehungsweise ist jedoch an den scharfentigen Bruchstellen an der Decke leicht zu erkennen.

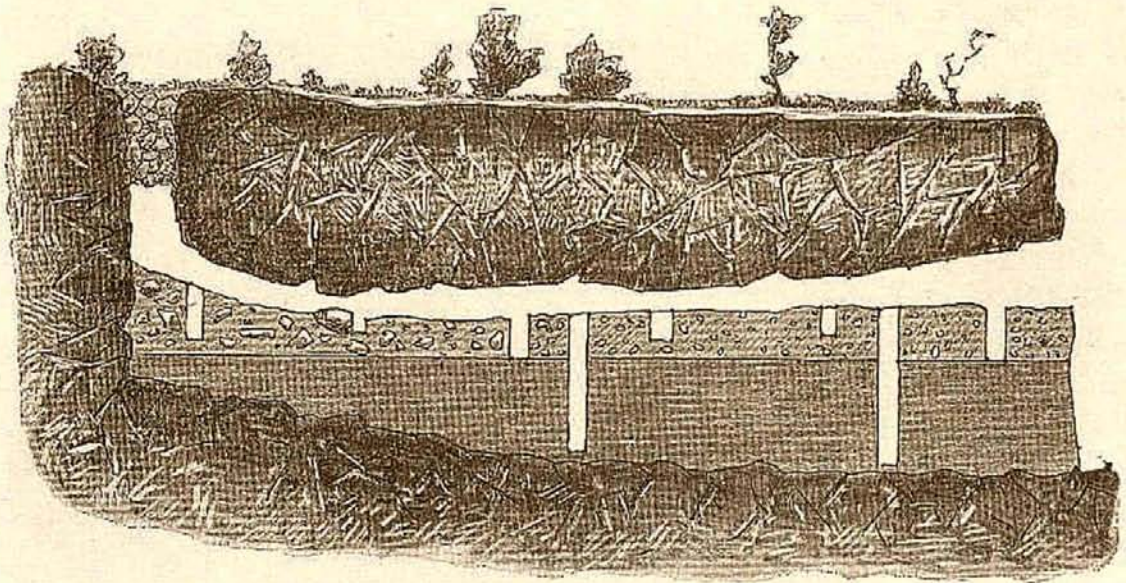
1) Die Auffindung der Wasserader ist ein Verdienst des k. k. Forstinspections-Adjuncten Wilhelm Puttk.

2) Diesbezüglich siehe die Durchschnitte von Strandquellen in dem Aufsätze: „Die Meermühlen von Argostoli“ in der Zeitschrift „Der Stein der Weisen“, Wien 1892, Heft 22, S. 301 ff.

Der „Pferdestall“ bei Kübeland ist ein vortreffliches Beispiel einer durch eine Schichtungsflucht entstandenen und später durch Nachbruch erhöhten Höhle. Ganz ohne jede Complication vollzieht sich die Höhlenbildung überhaupt nie. Dies sei für Jene bemerkt, welche der Meinung sind, man könne ein bestimmtes Schema aufstellen, nach welchem sich die Bildung von Höhlen einer bestimmten Form vollzieht. Daher mögen manche irrige Theorien stammen, denn nicht eine einzige Ursache allein wirkt bestimmend auf die Form der Höhle, sondern oft eine Reihe von Nebenumständen erzeugt dieselbe, und ebenso können verschiedene Ursachen zur Bildung von sehr ähnlichen Formen beitragen. Von der Form allein auf die Bildungsursache schließen zu wollen, ist daher ein großer Fehler.

## B. Erosionshöhlen.

Man unterscheidet zwischen mechanischer und chemischer Erosion. Unter Erosion versteht man im engeren Sinne die mechanische (ausscheuernde) Erweiterung der Höhlen

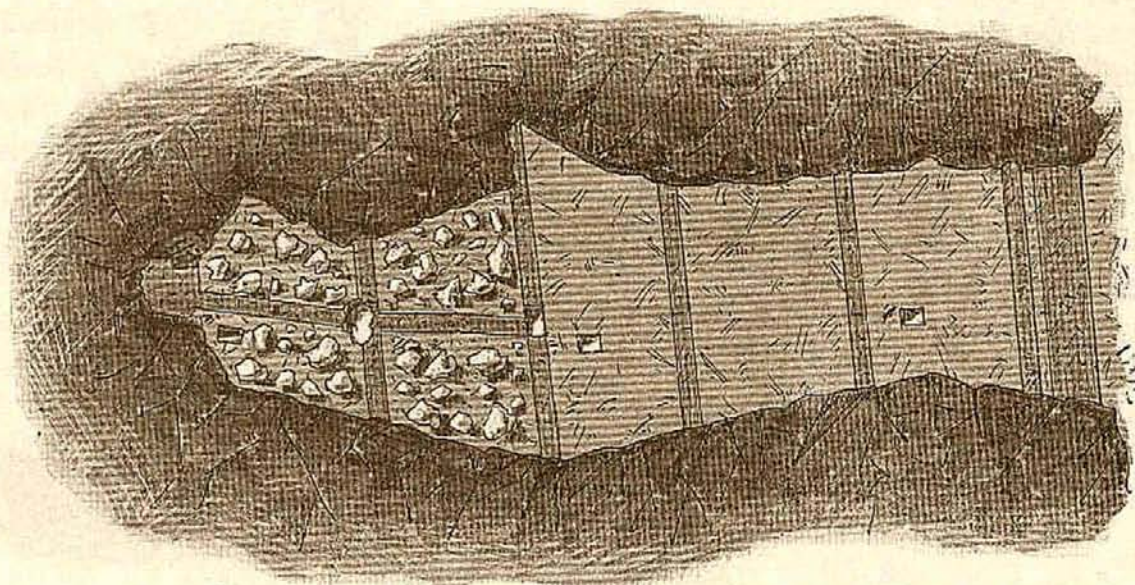


Die Kostelithöhle (Längsschnitt).

durch Wassergewalt, während man die chemische (auflösende) Wirkung des Wassers Corrosion nennt. Zumeist wirken Erosion und Corrosion zusammen, es kommt aber auch vor, daß die eine oder die andere nur einen ganz untergeordneten Einfluß ausübt und daß entweder der Erosion oder der Corrosion der Hauptantheil an der Höhlenbildung zugeschrieben werden muß. In Wasserhöhlen, welche das Bett eines unterirdischen Flußlaufes bilden, wirkt vorzüglich die mechanische Erosion, in Höhlen, welche durch kohlen säurehaltige Quellen oder durch indifferente Thermen ausgelaugt wurden, tritt die chemische Erosion (Corrosion) in den Vordergrund. Bei den Thermen ist dies ganz natürlich, weil schon eine Wassertemperatur von  $+100^{\circ}\text{C}$  die auflösende Kraft des Wassers verdoppelt und aus großen Tiefen unter Druck hervorbringende überhitzte Wasser eine noch weit größere Lösungskraft besitzen. Auch kalte Wasser corrodiren, wenn sie durch längere Zeit stagniren und auf die Wände wirken können, wie man dies aus dem Zustande der Wände von Wasserhöhlen erkennen kann, die einen ungenügenden Abfluß haben und die sich daher zeitweise mit Wasser füllen, welches nur langsam abzufließen vermag. Die Lösungskraft der kalten Wasser ist aber selbstverständlich geringer, als jene von Wässern mit höheren Temperaturen.

Erosionshöhlen können sowohl einen horizontalen, als schrägen, bis zu einem senkrechten Verlauf haben. Die senkrechten Schlünde betrachtet Dawkins als den obersten Theil der Höhlen, die — nach ihm — dann in horizontale Höhlen übergehen und an Quellenmündungen enden. Durch successiven Einbruch (Einsturz) rückt — nach seiner Ansicht — die Quellenmündung immer weiter in den Berg zurück. Es entsteht dadurch zuerst eine Schlucht (Klamm), und durch Abböschung der Steilwände dieser letzteren endlich eine Thalrinne, deren Bildung abgeschlossen ist, sobald der vorerwähnte Schlund erreicht wird.

Ohne dadurch die Dawkins'sche Annahme der Entstehung der Schlundlöcher zugeben, kann man doch sagen, daß ein ähnlicher Proceß in den Devonkalen Englands, wo Dawkins seine Beobachtungen hauptsächlich gemacht hat, ganz gut denkbar ist. Ziemlich analog vollzieht sich ja auch der Thalbildungsproceß in den mährischen Devonkalen in einzelnen Localitäten<sup>1)</sup>. Die Hugohöhlen (unweit von Brünn) sind solche Schlünde, in welche ein Bach stürzt, der erst in der Nähe der Byčiskála-Höhle wieder zu Tage kommt und auch das Ende dieser Höhle mit Stauwasser füllt.



Kostelkähöhle (Grundriß).

Was für England Professor Dawkins that, um die Entstehungsgeschichte der Höhlen zu erforschen, das that auch Dr. Martin Kriz<sup>2)</sup> (f. l. Notar in Steinitz in Mähren) für die Höhlen im mährischen Devonkalk. Letzterer ging aber noch weiter, denn er beschäftigte sich auch eingehend mit der geodätischen Aufnahme der Höhlen, er bestimmte

<sup>1)</sup> Die Kostelkähöhle ist, nach den Aufnahmen von Kriz, eine Höhle, die mit einem senkrechten Schlunde begonnen hat, der aber derzeit im oberen (an den Tag mündenden) Theile ausgefüllt ist. Der Durchmesser des Schlundes beträgt 3 Meter an der Stelle, wo er in die Höhle mündet.

<sup>2)</sup> Ueber die mährischen Höhlen, naturwissenschaftliche Zeitschrift „Živa“, Prag 1864, XII. Jahrg., S. 234—249. — „Der verlässliche Führer in die romantischen Gegenden der devonischen Kalkformation in Mähren“, Brünn, 1867. — „O nekterých jeskyních na Moravě a jich podzemních vodách“, („Ueber einige Höhlen in Mähren und ihre unterirdischen Gewässer“), Brünn, 1878, ein Büchlein von nur 183 Seiten in 8°, welches Dr. Kriz als sein Fundamentalwerk betrachtet. Eine Uebersetzung existirt davon nicht, wohl aber ist der Inhalt in die späteren Publicationen zum großen Theile übergegangen. Der Anhang enthält 107 Literaturnachweise. — „Summarbericht über die Grabungsarbeiten in den Slouperhöhlen und ihre Resultate“, in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des Oesterreichischen Touristen-Club“, Wien, 1882. (Diese Publicationen haben aufgehört, sind jedoch noch durch die Section für Naturkunde des Oesterreichischen Touristenclub

die Gefällsverhältnisse der unterirdischen Wasserläufe, untersuchte das Ausfüllungsmateriale mit Rücksicht auf dessen Provenienz und die Lagerungsverhältnisse desselben insbesondere der knochenführenden Schichten, so daß seine Arbeiten als mustergiltig betrachtet werden können. Nach beiden Forschern sind die Höhlen dadurch entstanden, daß Wasser durch Schlünde einsank und in tieferen Horizonten seinen Ausweg fand, also circuliren konnte! — Nur betrachtet Kriz die Schlünde als erweiterte Klüfte.

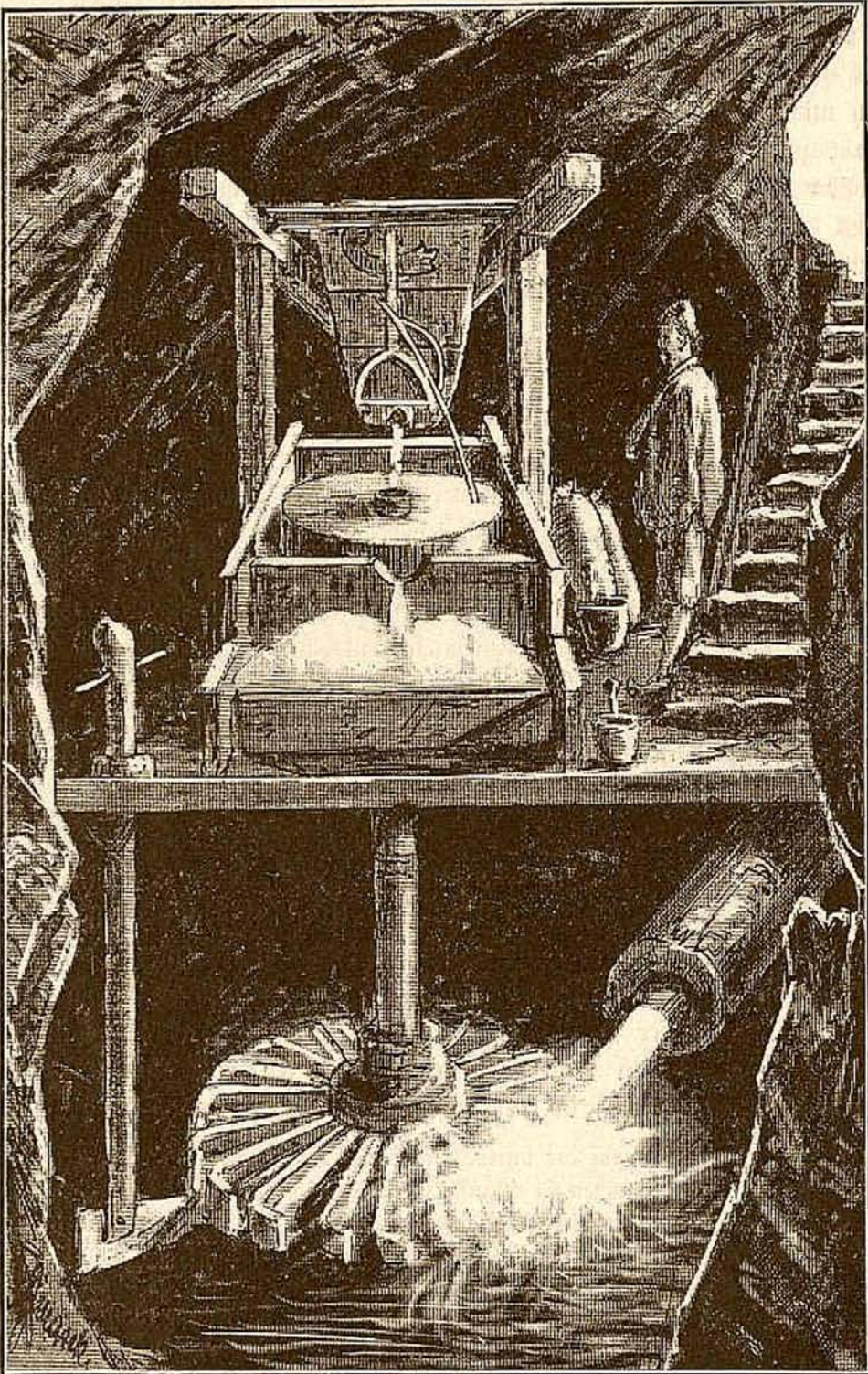
Es ist natürlich, daß jene schmalen Spalten, durch welche die Einsickerung begonnen hat, sich mit der Zeit erweiterten und zu Schlünden wurden, die man Erosionsschlünde, zum Unterschiede von den ähnlich geformten Einsturzschlünden nennt, von denen später noch die Rede sein wird. Durch die Schaffung eines genügenden Abzuges entstanden auf der Oberfläche Zuleitungsrinnen zum Naturschachte und die Niederschläge eines gewissen Gebietes suchten ihren Abfluß ausschließlich durch die zu Schlünden erweiterten Spalten, die nun constant oder auch nur periodisch bei stärkeren Niederschlägen als Wasserchlinger (Flußschwinden, Ponore, Katabothren) figurirten. Von der ursprünglichen Vertheilung der Risse und Klüfte im Gesteine hängt daher hauptsächlich die mehr oder minder senkrechte Form der wasserschlingenden Schloten ab, wenn auch zugegeben werden muß, daß durch die Gewalt des einstürzenden Wassers nachträglich Veränderungen hervorgerufen werden können, welche aus anfänglich schrägen Schloten später senkrechte erzeugen können. Die meisten englischen Schlundhöhlen beginnen nach Dawkins mit senkrechten, weiten Abstürzen, die Einsturzschlünden gleichen. Auch die Hugohöhlen (nächst Brünn), sowie die berühmte Foiba bei Bisino (in Istrien) und noch viele andere sind tiefe senkrechte Schlünde, in welche nicht unbedeutende Bäche stürzen. Dagegen gibt es ebensoviele etagenförmige, deren einstige Function als Wasserchlinger selbst dann noch an ihrer Form erkennbar bleibt, wenn sie dadurch längst trocken gelegt wurden, daß die Höhlenwässer einen anderen Lauf nahmen. Derzeit noch wasserschlingende Etagenhöhlen sind beispielsweise die durch den Ingenieur Sidérides im Jahre 1892 vermessene Schlundhöhle des Sarantapotamos (Kathabothra von Berzova) in Arkadien (Griechenland<sup>1</sup>), der Raschiza-Schlund (Rašica) im Thale von Ponikve in Krain, die Unzichwinden im Thale von Planina (insbesondere jene an der Eibenschusser-Lehne), viele Ponore (slavische Bezeichnung für Katabothren) in Croatien und in den bosnisch-herzegowinischen Ländern, wo das in dieselben stürzende Wasser häufig auf eine höchst primitive, aber sehr sinnreiche Weise zum Betriebe von Mühlen verwendet wird, und noch viele andere. Alte Schlundhöhlen findet man oft hoch am Gebirge, so die großartige Padriégrotte am Karst-

in Wien erhältlich.) — „Der Lauf der unterirdischen Gewässer in den devonischen Kalten Mährens“, im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien, 1883, XXXIII. Bd., S. 253—278 und S. 691—711. — „Právodci do moravských jeskyn“, Brünn, 1883. — „Führer in das mährische Höhlengebiet“, I. Abtheilung, Steinitz, 1884, Selbstverlag des Verfassers. (Die II. Abtheilung ist nicht erschienen). — „Ueber die zwei Expeditionen in die Puntva“, in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde“, Wien, 1884. — „Kálna a Kostelik“, Brünn, 1889—1891. (Geologische, archäologische und ethnographische Studien. 484 Seiten umfassend). — „Die Höhlen in den mährischen Devonkalten und ihre Vorzeit“. Im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien, 1891, XLI. Bd., S. 443—570 und XLII. Bd., S. 463—626. — „Ueber die bevorstehende Katastrophe für Jedovnic und dessen Umgebung“, in den „Mittheilungen der Section für Naturkunde des österreichischen Touristenclub“, Wien, 1893, Nr. 6. — „Ueber die bevorstehende Katastrophe bei Hofstein in Mähren“, ebenda Nr. 7.

<sup>1</sup>) Ueber die Untersuchungen des Ingenieurs Sidérides siehe: E. A. Martel „Les Katabothres du Peloponèse“ in der „Revue de Géographie“, Paris 1892, und desselben Verfassers neuestes Werk „Les Abimes“, Paris 1894.



plateau (nördlich von Triest), die in derzeit ganz wasserlosem Gebiete liegt, das Hallerloch am Rußberge nächst Anzenau (Oberösterreichisches Salzkammergut, bei 1500 Meter hoch am Gebirge), welche einst die Wasserabfuhr vom Rußbachgebiete gegen das Traunggebiet vermittelt hat, als jener Theil noch ein abgeschlossenes Becken war, u. s. f.



Ponor-Mühle nach Nidel.

Wenn es auch überraschen mag, einstige Schlundhöhlen in so hohen Lagen zu finden, daß man kaum begreifen kann, daß sie einst Wasserströmen Durchlaß boten, so darf man doch nicht vergessen, daß seit ihrer Bildung wesentliche Veränderungen in der Orographie der Umgebung vorgefallen sind. Insbesondere mag dies den großartigen Umwälzungen zuzuschreiben sein, welche nach Ansicht der meisten Geologen

gegen das Ende der Tertiärperiode (Neogenformation) und während der Diluvialzeit erfolgt sind. Durch Wasser, Eis und Erderschütterungen ist ein Theil des Gebirges verschwunden, Thäler haben sich geöffnet, und was heute das Auge des Wanderers erfreut, ist nur mehr ein Rest des einstigen, massigen Plateau-Gebirges, dessen sedimentäre Bildung unmöglich jene kühn geformten Felshörner erzeugt haben kann, die so stolz in die Lüfte ragen. Vom großen Karstplateau, welches sich über den größten Theil von Krain, Istrien, Görz und Croatien erstreckt, ist ein wesentlicher Theil verschwunden. Von der ehemals aufgelagerten Tertiärformation sind nur mehr einzelne Gebiete bedeckt. Auf weite Strecken hin liegt die Kreideformation bloß, und nach Stache ist die besonders im Süden des Karst häufiger auftretende Terra Rossa ein Ueberbleibsel einer zerstörten pyritreichen Felsart, die man heute nirgends mehr anstehend findet<sup>1)</sup>. Auch andere unerklärbare Ablagerungen, die man in Höhlen eingeschwemmt findet, berechtigen zur Behauptung, daß ein Theil der ehemaligen Ueberdeckung der Kreideformation am Karste verschwunden ist. In der nicht sehr bedeutenden Sguba jama nächst der kleinen Jerzanova dolina bei Adelsberg wurde eine sandige Ablagerung gefunden, die sonst nirgends am ganzen Karst mehr vorkommt. Sie besteht aus einer satinoberartigen Erdart, die reich mit Quarzkörnern gemengt ist, worin auch Bruchstücke von tertiären Versteinerungen, sowie Glimmerblättchen in ziemlicher Menge enthalten sind. Ein Gestein, welches ein solches Zerzeugungsproduct liefern könnte, kennt man am Karste nicht, und diese Ablagerung verdiente wohl, daß ihr von Seite der Fachgeologen eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werde, weil sie einen Beleg für die erwähnte Ansicht Stache's geben kann. Auch die sandigen Ablagerungen in der Lindner Höhle bei Trebic haben einen von den gewöhnlich in den Karsthöhlen vorkommenden Schwemmprodukten abweichenden Charakter.

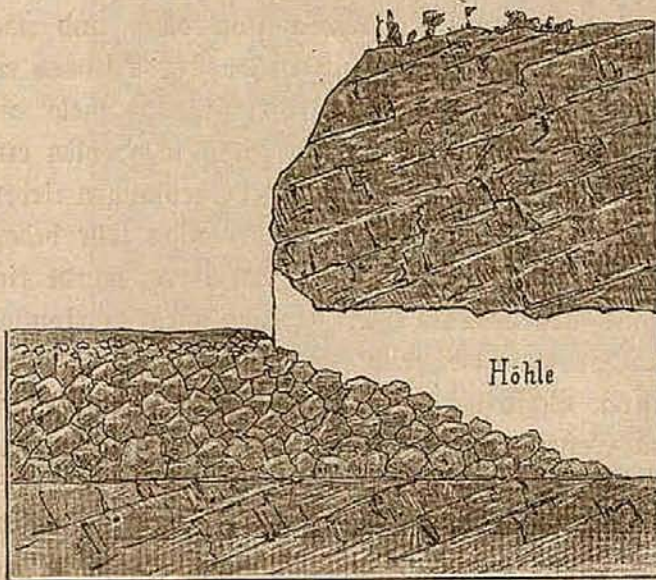
Wenn nun die sonderbaren Verhältnisse, unter denen man steilabfallende Schlundhöhlen auf derzeit wasserlosen Punkten findet, durch die Annahme erklärt werden können, daß seit ihrer Bildung wesentliche orographische Veränderungen stattfanden, so ist die Bildung der mehr horizontal verlaufenden Schlundhöhlen trotz der verschiedenen Form doch auf eine analoge Weise geschehen. Man findet Uebergänge von den senkrechten bis zu den horizontalen Schlundhöhlen, so daß eine genaue Grenze nicht zu ziehen ist, wo die einen aufhören und die anderen beginnen. Ganz horizontale Schlundhöhlen gibt es natürlich nicht, denn das fließende Wasser setzt ein gewisses, wenn auch oft nur minimales Gefälle voraus. Das Gefälle der Poischwinde und jenes der Schwarzbachschwinde im Adelsberger Thale ist sehr gering. Zumeist aber kommt bei Flußschwinden, die am Rande eines Kesselthales liegen, zuerst ein Abfall oder schräger Abfall, und dann erst folgt die horizontale Wasserhöhle. Dieser Abfall ist durch die Art und Weise bedingt, wie sich die Kesselthäler bilden, die nach der neueren Auffassung zum größeren Theile nichts anderes als Einsturzkessel in größerem Maßstabe sind, deren Sohle von anstehendem Gesteine durch das Decken-

<sup>1)</sup> Diese neuere Ansicht von Dr. Guido Stache (derzeit Director der geologischen Reichsanstalt in Wien) ist nur aus einem Vortrage bekannt geworden, welchen derselbe in einer Monatsversammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt hielt. In Anbetracht der Wichtigkeit dieses Gegenstandes wäre es sehr zu wünschen, daß hierüber bald eine Publication erfolge, damit die Entdeckung nicht nochmals erfolge und Prioritätsstreitigkeiten hervorrufe. Ueber die Bildung der Terra rossa existiren übrigens sehr verschiedene Ansichten. Jene von Mojsisovics siehe S. 27. Jene von Zippe siehe S. 16. Neumayer erklärt die Terra rossa als Tieffeebildung (Glabigerinenschlamm), Fuchs dagegen behauptet, daß sie sich auch aus Süßwasserfalten bilde, und weder an bestimmte Formationen gebunden, noch überhaupt Tieffeebildung sei. Tieze stimmt Zippe bei.

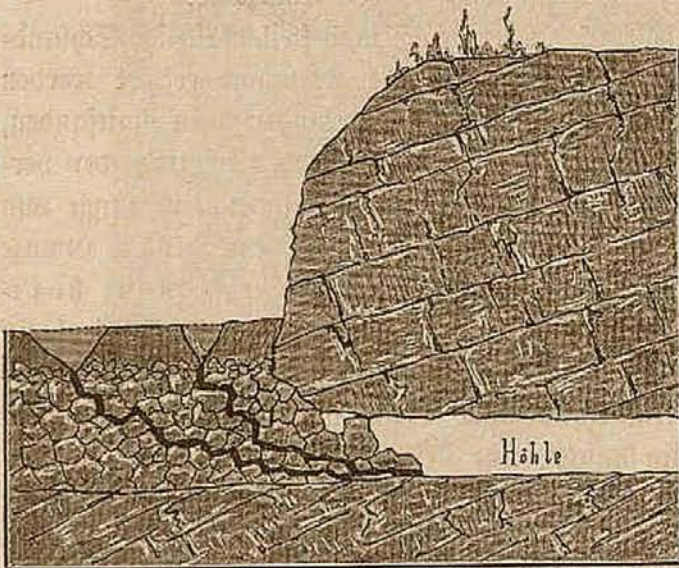
bruchmateriale aufgefüllt ist, welches seinerseits wieder durch Sedimente überlagert wird<sup>1)</sup>. In den bisher untersuchten nördlicheren Karsthälern betrug die Höhe dieser Auffüllung 15—20 Meter, das anstehende Gestein in der Thalsohle, und die Sohle der Abzugshöhlen lag stets um so viel tiefer. Bei hohen Wasserhöhlen ragt wohl ein Theil der Mündung über das Auffüllungsmateriale hervor<sup>2)</sup>. Die Gewalt des Wassers schwenkte die Blöcke in das Innere der Höhlen hinein und bildete einen mehr oder minder sanften Abfall. Niedere Höhlen werden wohl ganz verlegt, und die Wässer können in die Abzugshöhlen nur

durch die Zwischenräume, welche zwischen den Blöcken offen bleiben, gelangen. Oberhalb dieser Zwischenräume werden die Sedimente abgeschwemmt und es bilden sich trichterförmige Vertiefungen im Thalboden, die man Saugtrichter, Sauglöcher, oder wegen ihrer Form auch Dolinen nennt, die aber mit den Einsturzdolinen nicht verwechselt werden dürfen, weil diese auf eine ganz andere Art entstehen. Auch durch Gehängeschutt kann die Mündung einer Wasserhöhle verlegt werden und das Wasser sucht sich dann einen Weg, der an einer durchlässigen Stelle beginnt, die oft weitab von der Abzugshöhle im Thalboden liegt. Nachdem aber die engen Querschnitte der Saugtrichter für die Wasserabfuhr nicht genügen, so sucht sich das Wasser mehrere solcher Auswege und die Sauglöcher liegen daher häufig gruppenweise beisammen.

In den südslavischen Ländern heißen die Wasserfchlinger oder Schlundtrichter „Ponor“ oder „Ponikva“. Letzterer Name kommt auch in Krain häufig als Localitätenbezeichnung von



Offener Höhleneingang.



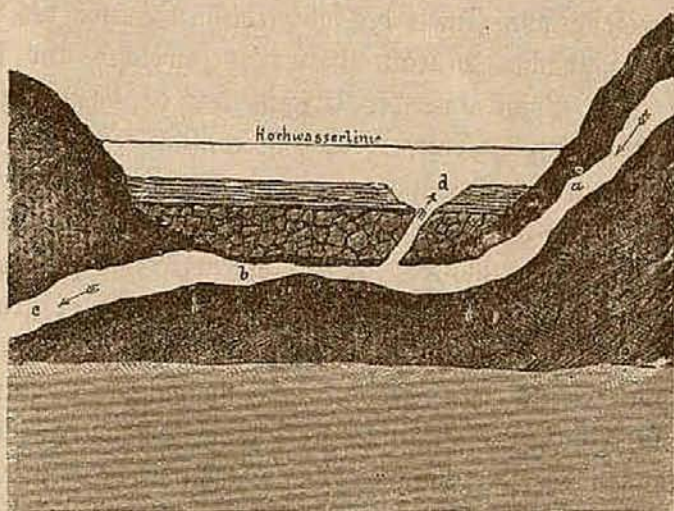
Berschütteter Höhleneingang.

<sup>1)</sup> Es gibt aber auch auf andere Weise entstandene Kesselhäler, von denen später die Rede sein wird.

<sup>2)</sup> Die Mündung der Megale Katabothra am Kopaissee in Griechenland ist 25 Meter hoch. Die Sohle ist mit Felsblöcken hoch aufgeschüttet, zwischen denen sich das einfließende Wasser verliert. Nächst dieser Verschwindungsstelle ist eine Fortsetzung der bedeutenden Höhle nicht sichtbar. Angesichts der bedeutenden Absorptionsfähigkeit der Megale Katabothra muß unter diesem Trümmerwerke eine größere Abzugshöhle vergraben liegen. Näheres hierüber in den „Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft“, Wien, 1892, Nr. 7 und 8 unter dem Titel: „Sumpf- und Seebildungen in Griechenland“ von Franz Kraus.

Dörfern vor<sup>1)</sup>. In Krain werden sowohl die Einsturztrichter, als die Saugtrichter „Dolina“ genannt, die Schlünde jedoch „Jama“ (Höhle), „Luknja“ (Loch) oder „Breždno“ (Abgrund). Wichtige Saugtrichter haben auch häufig eigene Namen, wie z. B. im Zirknitzerthale: Vodanos, Rešeto, Retje, velka Bobnarža, mala Bobnarža u. a. Durch einige dieser Trichter dringt auch Wasser bei starken Niederschlägen hervor und dieselben Löcher saugen später das Wasser wieder gierig ein, sobald der Druck in der communicirenden Röhre nachläßt. Hofrath von Hauer erklärte diesen Vorgang, gelegentlich eines Vortrages über die Wasserverhältnisse in den Kesseltälern von Krain, durch eine schematische Zeichnung, welche das Phänomen in sehr anschaulicher Weise erklärt.

Eine vom Gebirge herabführende Spalte (Höhle) a füllt sich bis über das Thalniveau hinaus bei starken Niederschlägen mit Wasser, weil der engere Querschnitt bei b das ganze Quantum nicht der Abflusshöhle c zuzuführen vermag. Es wird daher bei d ein Theil des Wassers in das Thal hinausgedrängt und die Oeffnung d functionirt als Speiloch, welches das Ueberfallwasser an das Thal abgibt und dort aufspeichert. Hört der Druck bei a auf, so beginnt das Wasser im Thale seinerseits wieder einen Druck auszuüben und das aufgespeicherte Wasser fließt durch die Oeffnung bei d wieder ab, aus welcher es hervorgekommen ist<sup>2)</sup>. Diese Schlundtrichter bilden daher gewissermaßen Ueberfälle oder secundäre Fortsetzungen der Höhlen, u. zw. sowohl von eigentlichen Schlundhöhlen (Wasserschlingern, Katabothren), als auch zuweilen von Speihöhlen, (Niesenquellen, Sources vauclusiennes, Kephalarien). Bevor jedoch zu letzteren übergegangen werden kann, die das Ende der Höhlen bilden, muß der horizontalen Höhlen gedacht werden.



Schematische Darstellung der Saug- und Speilöcher im Zirknitzer-See, nach Hofrath von Hauer.

Wie die horizontalen Wasserhöhlen beginnen, wurde bereits zum Theil erwähnt. Es gibt deren, die mit riesigen Thoren beginnen, bei anderen liegt die eigentliche Mündung unter Bruchmaterialien oder Sedimenten oft so tief vergraben, daß ihre Lage selbst für den Fachmann nur schwer zu ermitteln ist. In jedem Falle bildet eine mehr oder minder horizontal verlaufende Höhle die Fortsetzung. Der weitere Verlauf dieser Wasserhöhlen ist nicht immer ungestört. Es gibt darin Etagen mit gähem, oft sehr hohem Absturze, wie z. B. bei der Höhle des Bonheurflusses in den Cevennen (Frankreich), welche von Martel unter enormen Gefahren im Jahre 1888 zum ersten Male von einem Ende bis zum anderen durchfahren worden ist; ferner bei

<sup>1)</sup> Das „Orts-Repetitorium des Herzogthums Krain“, Laibach 1874, führt fünf Ortschaften namens Ponikve an.

<sup>2)</sup> Es ist hier gleichgiltig, ob der Verbindungscanal im anstehenden Gesteine liegt oder ob derselbe durch die Zwischenräume von alten Deckenbrüchen gebildet wird. Wo eine Verengung des Canales stattfindet, muß überall Ueberfallwasser emporgetrieben werden.

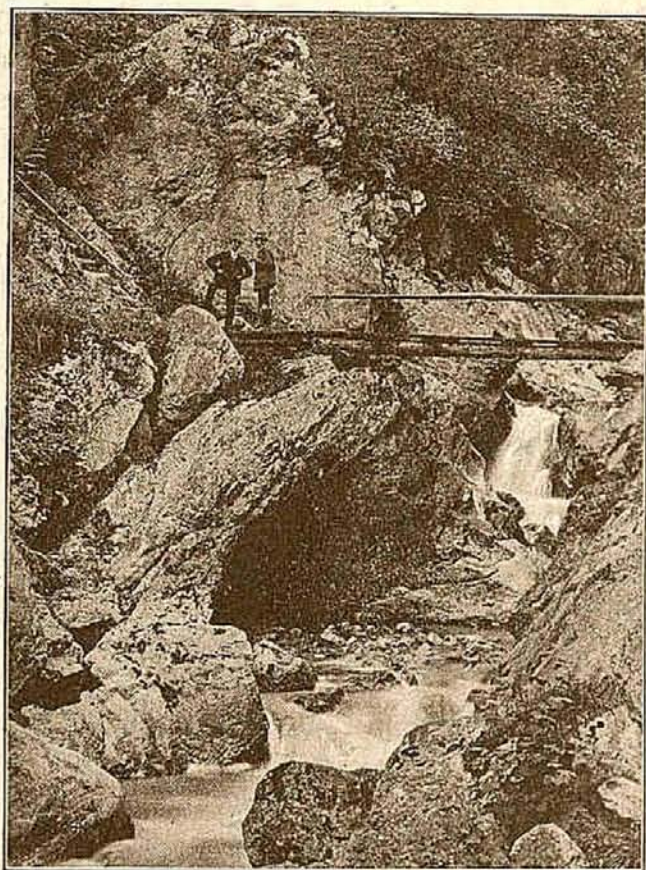
der bereits erwähnten Höhle der Katabothre von Verzova, welche noch nicht vollständig erforscht ist, die aber auf eine Luftlinie von 4000 Metern ein Gefälle von 335 Meter haben muß, also ungefähr 1:12, was sich allerdings reducieren dürfte, weil die Krümmungen die Länge der Höhle etwas beträchtlicher machen dürften. Bei der Höhle des Bonheur, (nach dem Wasserfalle am Ausfalle Bramabiau genannt), beträgt die Luftlinie nur 450 Meter, die Länge der Wasserhöhle jedoch 700 Meter und das Gefälle 90 Meter (circa 1:7·8). Das Gefälle des unterirdischen Laufes des Unzflusses zwischen dem Planinathale und der Laibacher Ebene beträgt rund 150 Meter auf 10.000 Meter (1:66·6), jenes der mährischen Wasserhöhlen im Durchschnitte (nach Kríž) ungefähr 1:92. Ein sehr geringes Gefälle besäße der in der Foiba von Pisino verschwindende Foibabach, wenn es wahr sein sollte, daß er an die Quellen bei Pola Wasser abgibt, wie es Stache („Die Wasserversorgung von Pola“, Wien, 1889), anzunehmen scheint. Nach Stache beträgt die Höhenlage 240 Meter<sup>1)</sup> und das Gefälle auf der Strecke von rund 40 Kilometer 1:166, was voraussetzen würde, daß der Foibaschlund fast ganz voll Wasser stünde, was übrigens manchmal vorkommen soll, aber nicht die Regel ist. Dieses geringe Gefälle wird übrigens von jenem des oberirdischen Laufes des Laibachflusses auf seinem Wege durch den Laibacher Morast übertroffen, welches nur 1:15.500 beträgt. Dieses abnorm geringe Gefälle ist die Ursache der häufigen Wasseraustritte im Laibacher Moraste. Die großartige, nur theoretisch constatirte, aber niemals noch erforschte Wasserhöhle zwischen dem Stymphalossee und dem Erasinos-Ursprunge (Kephalobrysis) in Griechenland, hat trotz ihrer Länge von 35 Kilometern in Folge der bedeutenden Höhenlage des Stymphalossees ein weit größeres Gefälle, welches mit 1:60 veranschlagt werden kann. Es läßt sich daher annehmen, daß im großen Ganzen das Gefälle selten das Verhältniß von 1:100 übersteige, was auch ganz erklärlich ist, weil die unterirdischen Wasserläufe weit bedeutendere Reibungswiderstände zu überwinden haben, als die oberirdischen. Pilar<sup>2)</sup> berechnet den Reibungswiderstand auf der circa 16 Kilometer langen Strecke zwischen der Schwinde des Jasenicabaches und dem Quellensee der Sluinéica (in Croatien) mit Rücksicht auf die Wasserversorgung der circa 6½ Kilometer von der Quelle gelegenen Mulde von Mocila, und behauptet, daß man in der Nähe dieser Ortschaft schon auf einer Tiefe von circa 45 Metern auf Wasser stoßen müsse, trotzdem der relative Höhenunterschied 80 Meter beträgt. Der Reibungswiderstand wächst: 1. mit der Länge der Röhre, 2. umgekehrt zur Weite, und 3. im Quadrate der Geschwindigkeit. Der durch den Reibungswiderstand erzeugte obige Druckverlust von 35 Metern ist mit Berücksichtigung dieses dreifachen Gesetzes als mittlerer Durchschnitt angenommen, wobei es nicht ausgeschlossen ist, daß sich das Wasserniveau einmal dem-Thalniveau mehr nähert, und daß es unter anderen Bedingungen tiefer hinabsinkt.

Eine zweite Art von Gefällsbrüchen entsteht durch die Syphons, die sowohl von Anbeginn der Höhlenbildung, als auch von späteren Störungen herrühren können. Erstere rühren von der Vertheilung der Klüfte im Felsgesteine her. Letztere können aus verschiedenartigen Ursachen entstehen. Das Wasser sucht allerdings sich in möglichst gerader Richtung (der Stoßlinie nach) zu bewegen, und es nagt an den Hindernissen, die es in eine unnatürliche Richtung drängen, allein es vermag dieselben

1) Die Höhe von 240 Metern wurde durch die Untersuchungen von Martel und Putic im Herbst 1893 als um mindestens 50 Meter zu hoch befunden. Das Gefälle betrüge demnach bei Mittelwasserstand 1:210 und bei Niederwasserstand, wie er am Tage der Untersuchung herrschte, 1:242.

2) „Die Wassernoth im Karste der croatischen Militärgrenze zc.“, Agram, 1874, S. 156.

nicht immer zu bewältigen, und wo es aus einer Richtung gedrängt wird, springt es rasch in eine andere über. Auch oberirdische Flüsse zeigen die Erscheinung, daß sich das Fahrwasser (das schwere Wasser, wie die Schifflente sagen) einmal auf der rechten und dann wieder auf der linken Seite zeigt, wie es eben durch die Krümmungen dazu gezwungen wird. Bei unterirdischen Wasserläufen, die anfänglich nur in engen Klüften circuliren, gibt es nicht nur Krümmungen des Canales nach rechts und links, sondern auch nach oben und nach unten. Dies kommt nicht nur von der vorerwähnten Vertheilung der Klüfte her, sondern auch oft von der Lagerung der Schichten. Die Klüfte folgen nämlich nicht allein der Schichtenstellung, sondern durchbrechen und durchqueren oft die Schichten in den verschiedensten Richtungen. Je nachdem der Wasserstrom nun auf Schichtflächen oder Schichtenköpfe trifft, so hat er im ersteren Falle eine geringere, im zweiten Falle eine stärker erodirende Wirkung. Dazu kommt noch, daß dickbankige Kalke mehr, und dünnbankige weniger Widerstandskraft besitzen<sup>1)</sup>. Bei Krümmungen und Syphons kommen alle erdenkbaren Stellungen der Schichten vor, auch wirkt die Auskolkung am tiefsten Punkte der Syphons ebenso wie am Fuße von Wasserstürzen mit, um die Form der Krümmung zu conserviren. Bei den Krümmungen horizontal verlaufender Höhlen sieht man durch die Wasserwirkung ausgewaschene halbrunde Nischen, wie sie auch bei oberirdischen Wasserläufen vorkommen, die in Felsrinnen eingebettet fließen. Man nennt sie in den österreichischen Alpenländern gewöhnlich „Defen“. In Höhlen vertiefen sie sich oft zu kurzen sackförmigen Gängen, die „blind“ enden, das heißt: die mit einer Wand von festem Gestein abschließen.



Erosion (Nischenbildung) im Felspasse „Die Roth“ bei Gams.  
Nach einer Photographie von R. Thonfern in Wien.

Die Höhlenwässer sind bei Niederwasserstand zumeist klar, bei Hochwasser jedoch führen sie große Mengen von Sedimenten in suspendirtem Zustande mit sich und reißen auch Steine, ja selbst große Felsstücke in tollem Wirbel mit sich fort. Das ist das eigentliche Ausschleuerungsmaterial, durch welches die Höhlen erweitert werden. Wie groß die Gewalt gewisser Höhlenbäche sein kann, davon lieferte den Beweis ein Felsstück in der Größe von mehr als einem Kubikmeter, welches gelegentlich der Erforschungsarbeiten in der Piuka jama (slovenisch Pivka jama geschrieben) zur Sicherung eines Dammmweges halb in den Boden eingelassen worden war, und

<sup>1)</sup> Das gleiche Verhältniß existirt zwischen härteren und weicheren Partien des Gesteines.

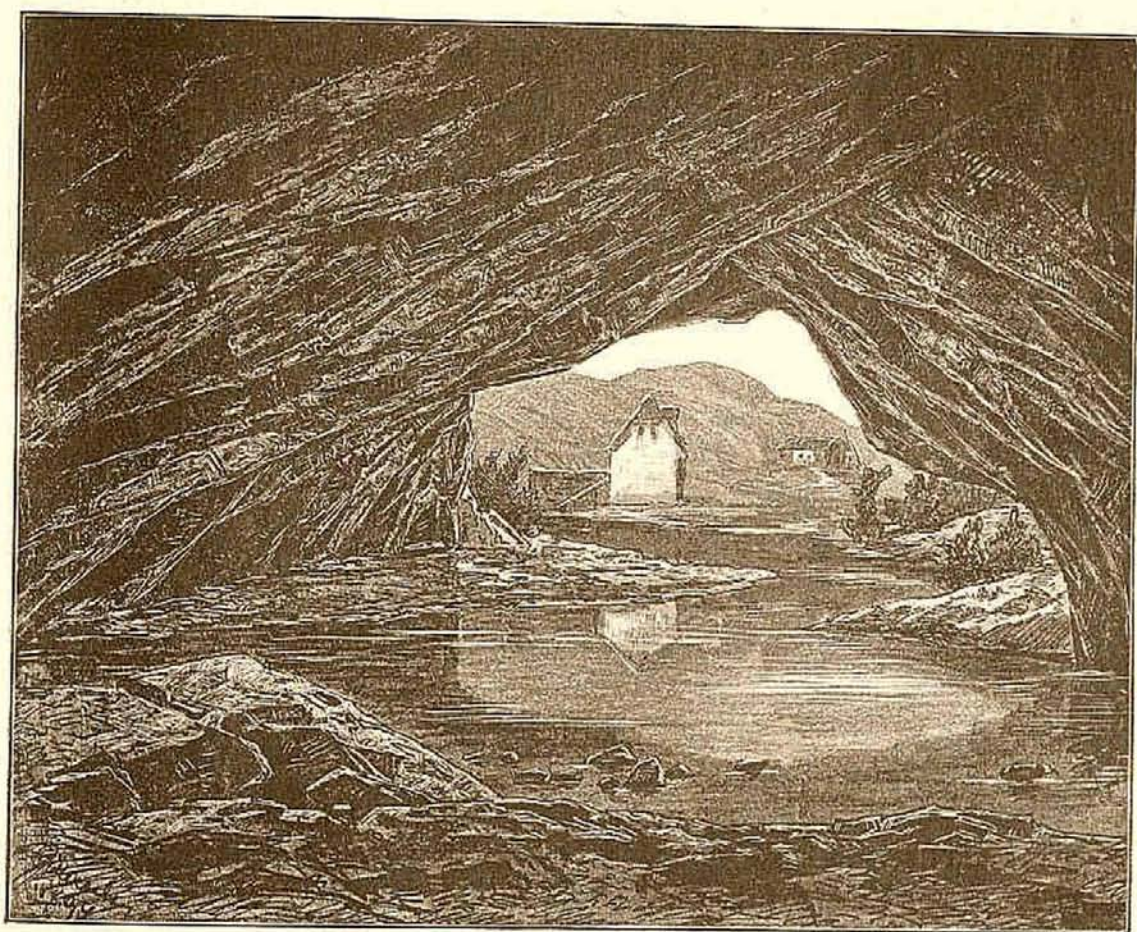
welches das nächste Hochwasser weggespült und zertrümmert hatte. Auch noch weit größere Felsstücke, deren abgerollte Ecken bezeugen, daß sie transportirt worden seien, liegen in den Höhlen mitunter über dem Niveau des Niederwassers auf zusammengeschobenem kleinerem Trümmerwerk. Die Stöße der großen Blöcke und das Schleifen der kleineren Steine gegen die Wände müssen nothwendigerweise dieselben angreifen, und dies macht sich so hoch hinauf fühlbar, als die Hochwasserlinie reicht. Stellenweise reicht diese bis an die Decke, so z. B. im Poiksee zwischen der Adelsberger und der Ottofer Grotte, wo ein schwerer Balken etwa fünf Meter ober dem Wasserspiegel nahe an der Decke eingekellt ist. Die Ursache dieser bedeutenden Aufstauung liegt in der Enge der auf den hohen Raum folgenden Strecke.

Die Wasserhöhlen gleichen am meisten den Klammabächen, wenn man sich die Decke wegdenken würde. Es sind Wasserläufe gleich den oberirdischen da unten eingeschlossen, die ihre Verästelungen und ihre Seitenzuflüsse haben, welche jedoch häufig von oben herab durch die Decke oder von den Seitenwänden in die Höhlen gelangen, ähnlich etwa, wie Wasserfälle in Klammern senkrecht herabstürzende Seitenzuflüsse bilden<sup>1)</sup>. Durch jede Ritze in der Decke, welche mit der Oberwelt communicirt, dringt Wasser, wenn auch nur tropfenweise in die Höhle<sup>2)</sup>; durch weite Schlotte oder durch Seitenhöhlen gelangen auch größere Mengen Wassers in das Hauptgerinne und das aus einer Durchflußhöhle ausfließende Quantum ist daher stets größer als jenes, welches man an der Eintrittsstelle einfließen sah. Dies läßt sich bei solchen Höhlen leicht constatiren, in welchen das Wasser von einem Thalgebiete in das andere fließt, wie beispielsweise die Poik vom Adelsberger in das Planinathal durch das Adelsberger Grottenstystem hinübergelangt. Obgleich man vom ganzen unterirdischen Verlaufe nur etwa die Hälfte kennt, so weiß man doch, daß die Poik vor ihrem Austritte aus der Grotte von Kleinhäusel (fälschlich auch Unzhöhle genannt) bedeutende Zuflüsse aufnimmt, und daß ihr durch Dolinen, Naturschachte, Klüfte und Haarspalten die ganzen Sickerwässer des über dem Verlaufe der Grotte gelegenen, sowie vielleicht auch des benachbarten Niederschlagsgebietes zukommen. Andererseits kommen aber auch Gabelungen vor, die entweder später das Wasser wieder in die Haupthöhle zurückleiten, oder aber es einer anderen Austrittsstelle zuführen können. Das Wasser der Hotenka fließt von Hotederschitz auf unbekanntem Wege (wahrscheinlich unter der Gradisnica weg) den Quellen der Raibach zu. Bei starkem Andrang jedoch genügt der Querschnitt dieses unterirdischen Canales nicht, ein Theil des Bachwassers wendet sich gegen Süden und dringt aus mehreren Oeffnungen in der Nordwestecke des Planinathales hervor. Sobald der Wasserandrang nachläßt, hört auch dieser gefürchtete Zufluß auf, der für das Planinathal stets von üblen Folgen ist, weil er nicht nur die Ueberschwemmung vergrößert, sondern auch weil er der Strömung des Wassers entgegentritt und dieselbe dadurch hemmt. Man hat auch 1891 entdeckt, daß ein Theil der Poik nahe beim Einflusse in die Adelsberger Grotte (d. i. zwischen der Poikschwinde und dem großen Dome) durch eine Nebenspalte, welche ziemlich parallel mit der sogenannten alten Grotte verläuft, einen Abfluß habe. Die Quellen der Raibach bilden eine Art Delta der Unz, was zahlreiche unterirdische Bifurcationen bedingt.

<sup>1)</sup> Ein ziemlich hoher Wasserfall, der aus einem Seitengange in die Haupthöhle stürzt, wird von Martel in seiner Beschreibung der Durchfahrt durch die Höhle des Bonheurflusses erwähnt.

<sup>2)</sup> In der Refahöhle wird ein Theil der Haupthöhle die Regengrotte genannt, weil dort eine Traufe die nur selten ausbleibt, gerade über den Weg herabstürzt. Oberirdisch liegt in der Nähe eine große Depression von langgestreckter Form, aus der dieses Wasser stammt.

Auch während seines oberirdischen Laufes gibt der Unzfluß einen großen Theil seines Wasserquantums an Spaltensysteme ab, die es auf unbekanntem Wege ableiten, jedenfalls aber es ebenfalls der tiefer gelegenen Laibacher Morastebene zuführen. Daß auch im Oberlaufe der Donau ein ähnlicher Fall vorkommt, ist minder bekannt. Durch ein Klufsystem geht nämlich Ueberfallwasser in die zum Flußgebiete des Rheines gehörige Nachquelle hinüber, und gelegentlich eines Wasserrechtsstreites wurde dies auch amtlich constatirt und experimentell nachgewiesen. Damals wurde wohl zum ersten Male Fluorescein als Färbemittel angewendet, um die Identität des verschwindenden Wassers mit jenem der Nachquelle zu constatiren. Andere Versuche mit Saucbe und mit Salz gaben dasselbe Resultat. Nicht immer bedarf es aber so com-



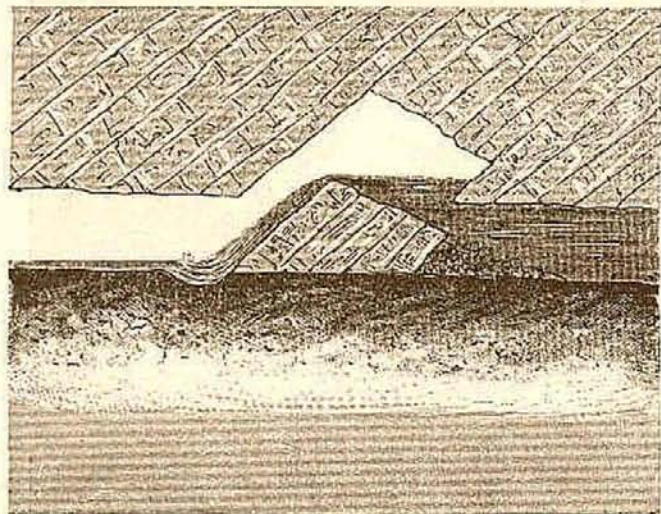
Austrittsstelle des Baches aus der Grotte von Seele bei Gottschee.

plicirter Beweismittel, um die Identität des Wassers festzustellen. Einige Flußläufe lassen sich auf ihrem unterirdischen Wege ganz gut verfolgen. In der Höhle Csetate Boli nächst Banika in Siebenbürgen, welche früher häufig zu Pferde durchritten wurde, was jetzt nicht mehr möglich ist, weil der obere Ausgang durch den Bau eines Eisenbahndammes unpraktikabel geworden ist, konnte früher weithin vorgebrungen werden. Die ganze Wasserhöhle ist niemals erforscht worden, denn der bisher nicht untersuchte Theil wird enger und niedriger, die Wassertiefe ist größer und die Pferde kommen nicht mehr weiter. Mit leichten Booten vorwärts zu dringen ist nicht versucht worden. Die sogenannte obere Mündung dürfte einst einen Seitenzufluß aufgenommen haben, der sich später einen anderen Weg gesucht hat, wodurch die Höhle eine Durchgangshöhle geworden ist. Durchgangshöhlen, die aus einem Thalgebiete in



das andere führen, sind nicht sehr häufig, jene, die man kennt, sind ausnahmslos trockene Höhlen geworden, die aber noch deutliche Spuren ihrer einstigen Function (als Wasserhöhlen) zeigen. Eine berühmte Durchgangshöhle ist die Frauenmauerhöhle bei Eisenerz in Steiermark, welche in einer Seitenkammer Tropfeis enthält, im Hauptgange aber eisfrei ist. Diese Höhle verbindet das Gsollthal mit jenem von Tragöß. Valvasor führt mehrere Durchgangshöhlen an, die aber entweder nicht auffindbar sind, oder die sich (wie die Grotte von Seele bei Gottschee in Krain) nur als Reste von streckenweise eingestürzten größeren Höhlen erweisen. Seit 1689 mag sich dort übrigens viel verändert haben. Auch die Oswaldhöhle bei Muggendorf in Bayern ist eine Durchgangshöhle. Ihre Länge ist nicht bedeutend, aber sie ist jedenfalls ein Rest einer einst größeren Wasserhöhle.

Durch die fortschreitende Erosion werden von den Wänden und von der Sohle der Wasserhöhlen immer neue Theile losgetrennt, die Spannweite vergrößert sich und von der Decke fangen einzelne Blöcke abzubrockeln an. Bei Wasserhöhlen mit starkem Gefälle bleiben diese Blöcke nicht an Ort und Stelle liegen, wenn es nicht gerade Riesenblöcke sind, die der Strom nicht wegzuwälzen vermag. Derlei Riesenblöcke liegen



Syphonbildung durch Deckensturz.

in der Graf Falkenhahnhöhle (beim Dorfe Laase am Ostrande des Planinathales in Krain) unmittelbar unter der noch erkennbaren Abbruchstelle. Durch derartige Deckenbrüche muß aber die Höhle merklich deformirt werden. Nicht nur wird die Decke erhöht, sondern auch der Boden wird dadurch gehoben, so daß sich an dem Hindernisse kleinere Blöcke stauen und festkleben können, welche der Strom mit sich geführt hat. Auch auf diese Weise können Syphons entstehen, wie dies aus der beigegeführten Zeichnung ersichtlich wird.

Nicht immer aber muß gerade ein großer Abbruch einen Syphon erzeugen. Es gibt auch Barren, die aus kleineren Felstrümmern bestehen, die an gewissen Punkten zusammengeschoben und durch jenen fetten, wasserundurchlässigen Lehm verkittet sind, den man mit wenigen Ausnahmen in allen Höhlen des Kalkgebirges trifft und den man deshalb Höhlenlehm nennt. Dieser Lehm ist der unlösliche thonige Theil des Kalksteines, der bei der Auflösung desselben zurückbleibt und der mechanisch weiter transportirt wird. Die Anhäufungen des Höhlenlehmes sind in einzelnen Höhlen oft massenhaft. In Gängen, wo die Strömung minder heftig ist, erreicht seine Mächtigkeit oft viele Meter. Auch beschlägt er gerne die Wände und beispielsweise in der Gradišnica fand Putić in dem tiefsten, keinen sichtbaren Ausweg mehr zeigenden großartigen Höhlenraume den Lehmbeschlag bis 40 Meter hoch über die Sohle hinaufreichend.<sup>1)</sup>

1) Es muß hier ausdrücklich bemerkt werden, daß der Höhlenlehm in den Wasserhöhlen mit der früher erwähnten Terra rossa nicht identisch ist, denn er unterscheidet sich von ihr sowohl durch die Farbe als auch durch die chemische Beschaffenheit. Die gelbbraune Farbe des Höhlenlehmes kommt vom Eisenoxydulgehalte. Die Terra rossa ist durch Eisenoxyd roth gefärbt.

Außer den vorerwähnten Schwemmprodukten gelangen solche auch in die Höhlen vom Tage aus, u. z. bei wasserschlingenden Mündungen entweder durch den Höhleneingang oder auch durch Schlotte, Klüfte und Spalten. Durch den Eingang wird eingeschwemmt Holz, Astwerk, Wurzeln, Schilf, Laub, Erde, Sand u. dgl., auch Leichen verunglückter Thiere werden häufig mitgeschwemmt und im Lehme entweder in ganzen Skeletten eingebettet, oder aber die Knochen werden verstreut, abgerollt oder gar zer Splittert. Durch die Schlotte kommen Humuserde, Sand, Steine und auch thierische Reste in die Höhlen, je nachdem der Querschnitt der Schlotte weit genug ist, um diesen Dingen Durchlaß zu bieten. Zuweilen kommt es aber auch vor, daß ein Stein oder ein Felsstück sich in einem Schlotte verkeilt, und daß sich weitere einstürzende oder eingeschwemmte Materialien daran stauen und den ganzen Schlot verschließen, der sich später wieder öffnen kann. Einen solchen Fall, der sich im August 1891 ereignet hat, beschreibt Martel im 18. Bande des „Annuaire du Club alpin français“ (Paris 1891). Gelegentlich eines Gewitters wurden alle Trichter bei la Cayrouse in den Ebenen (welche man dort Cloups nennt) mit Wasser gefüllt. Einer davon leerte sich plötzlich und man sah einen Schlund von einem Meter Durchmesser, der sich, wie man glaubte, neu gebildet hatte. Leider wurde derselbe nicht näher untersucht. Es ist jedoch evident, daß schon früher dort ein Schlund bestanden haben muß, der entweder durch Nachbruch oder vielleicht in früherer Zeit absichtlich verlegt worden war, und der sich durch den Druck der Wassersäule wieder geöffnet hatte.

Diese Art von Schloten sind nichts anderes als durch Erosion erweiterte Spalten oder Klüfte, durch welche das Regenwasser in die Abzugshöhlen gelangt. Zumeist trifft man dieselben in muldenförmigen Depressionen der Plateaux. Manche Bäche verschwinden in solchen Erosionsschlünden, oder sie geben einen Theil ihres Wassers an dieselben ab, wenn deren Querschnitt nicht genügt, um die ganze Menge aufzunehmen. Ursprünglich waren diese Plateauschlote jedoch nur enge Spalten, die nur geringe Mengen Wassers der Wasserhöhle, mit der sie communiciren, zuführen konnten. Nach ihrer Erweiterung jedoch bilden sie eine Art Wasserfänger, nur mit dem Unterschiede, daß sie nur zur Regenzeit functioniren und nicht Fluß- oder Bachwasser, sondern nur Regenwasser einsaugen.

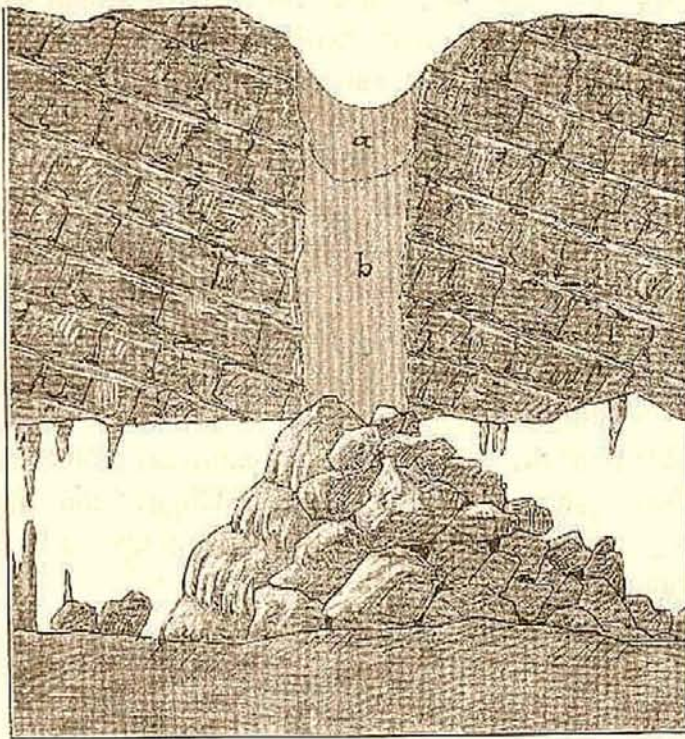
Solche Erosionsschlünde zeigen an den Wänden deutliche Erosionsspuren, insofern sie intact sind. Durch äußere Einflüsse (Frostwirkung, Abschwemmung, Verwitterung) erhält besonders die am Tage ausgehende Mündung eine Formveränderung. Sie verliert ihre Steilwände und nähert sich immer mehr der Trichterform. Man könnte füglich aus der Form auf das Alter dieser Schlünde schließen. Allein auch der übrige Verlauf des Schlundes bleibt nicht im gleichen Zustande. Außer der Erosion, welche den Querschnitt zu vergrößern trachtet, wirkt auch der Nachfall von locker werdenden Steinen an der Vergrößerung mit. Besonders an solchen Schloten, die in der Decke einer Höhle von größerer Spannweite münden, zeigt sich gern ein von unten nach oben fortschreitender Abbröckelungsproceß, der es schließlich bewirkt, daß der Erosionsschlund von einem Einsturzschlunde nicht mehr zu unterscheiden ist. Erderschütterungen müssen diesen Umbildungsproceß selbstverständlich beschleunigen.

Eigentliche Einsturzschlünde entstehen auf eine andere Weise.

Von der Decke einer Höhle bricht, an für Ablätterung geeigneten Stellen, ein Theil ab, und bleibt entweder am Boden liegen, oder das Bruchmaterial wird weggeschwemmt. Weitere Einstürze erfolgen, bis sich eine Kuppel bildet, deren Höhe nahezu die Bodenfläche erreicht. Bricht auch der letzte dünne Rest der Decke ein, so

ist der Schlund fertig, der sich durch seinen senkrechten Absturz und durch seine scharfen Brüche auszeichnet. Der Einsturz muß aber nicht immer successive, sondern er kann auch auf einmal plötzlich erfolgen. In letzterem Falle pflegt sowohl die Höhle selbst, als auch ein Theil der Röhre des Schlundes mit Bruchmateriale angefüllt zu werden, wenn nicht die Höhe der Höhle bedeutender ist als die Menge des Bruchmateriales, respective wenn die Decke so dünn ist, daß sie keine genügende Menge von Bruchmateriale abgeben kann, um die Höhle vollständig zu verlegen. Je nachdem der eine oder der andere Fall eintritt, sind die Consequenzen auch verschieden. Wird die Höhle ganz verlegt, so drängt sich das Wasser durch die Zwischenräume des Einsturzmateriales im Anfange zwar durch, verlegt dieselben aber bald durch mitgeschwemmten Grus und Lehm, und wird dadurch gezwungen, sich einen anderen Ausweg zu suchen, den es bald in irgend einer Kluft findet, die es erweitert. Wird die Höhle nicht vollständig verlegt, so staut sich das Wasser zwar an dem Hindernisse, überströmt dasselbe aber und reißt Stück um Stück von der Krone weg, beiderseits einen Trümmer-

berg liegen lassend. Wo man einseitig gelagerte Trümmerberge findet, kann man sicher sein, daß sie von alten Einstürzen herühren, die einen Gang verlegt haben, der sich auf der Oberfläche durch irgend eine Depression bemerkbar machen muß. Es ist klar, daß Einsturzschlünde ohne Ausnahme über Höhlengängen liegen müssen, während Erosionsschlünde von denselben auch weiter ab liegen können. Offene Einsturzschlünde, die noch mit der Höhle communiciren, markiren daher gewissermaßen den Verlauf der Höhlen, während solche, wo diese Communication fehlt, den Beweis liefern, daß unterhalb derselben einst offene, derzeit aber verschüttete Räume liegen. Die



Unterbrechung in der Krsekvka-Höhle.

französischen Fachleute glauben nicht an das „Jalonnement“, welches aber trotzdem existirt, wie dies bei der Verfolgung der unterirdischen Wasserläufe am Karste wiederholt durch oberirdische und unterirdische Controlmessungen constatirt werden konnte. Ueber dem Schuttkegel in der Grotte von Obergurk liegt ein 40 Meter tiefer Einsturzschlund, dessen Bruchmateriale (von der Sohle der Höhle an gerechnet) bei 60 Meter hoch aufgeschüttet ist. Bei 20 Meter davon sind in der Höhle selbst sichtbar, der Rest ist in dem Schlunde aufgehäuft. Die in ziemlich gleichen Dimensionen verlaufende Höhle endet an dem Schuttkegel plötzlich, das Wasser hat sich neue Wege gesucht und coulissenartige Felsbildungen in der noch nicht vollkommen erodirten neuen Höhle erzeugt. (Nach Mittheilung des Landesingenieurs Hrascky).

Ober den Einsturzblöcken, welche die sogenannte neue Grotte in Adelsberg abschließen, liegt eine sanft abgeboöchte Doline im Waldterrain. Mitten im Verlaufe

der namenlosen Höhle, deren Mündung in der Doline Kršeliška liegt, bildet ein bis an die Decke reichender Trümmerkegel eine Unterbrechung, die an der Basis etwa 15 Meter beträgt, gegen die Decke zu aber abnimmt. Zwischen der linken Wand und den dort gelagerten Blöcken ist es jedoch möglich, durchzuschließen und in die Fortsetzung der Höhle zu gelangen, die in ganz gleichen Dimensionen verläuft. Die neuen Vermessungen in Krainer Höhlen enthalten zahlreiche weitere Beispiele, daß Trümmerkegel in den Höhlen stets sichere Anzeichen von Depressionen auf der Oberfläche sind. Zu den besten Beweisen für die Einsturztheorie (die man aber nicht generalisiren darf) gehören die „Fürst Windischgrätz-Höhlen“ in den Haasberger Forsten (zwischen Adelsberg und Zirknitz) und die kleine Lančarevec-Grotte bei Groß-Ottok. An beiden Orten sieht man eingebrochene dünne Höhlendecken, deren Bruchmateriale noch an Ort und Stelle liegt.

Coulissen sind stets ein Zeichen, daß die Durchbrüche jüngeren Datums sind. In älteren Wasserhöhlen herrscht die Gewölbeform vor, darum nennt man derartige, in ziemlich gleichmäßigem Querschnitte und annähernd horizontal verlaufende Höhlen auch Tunnelhöhlen. Bei neueren Durchbrüchen wird stets zuerst die Außenseite der Schichten angegriffen. Vom Kerne derselben (der wie bei den Liaskalken auch häufig durch seine Feuersteinausscheidungen weit härter ist) bleiben nun kantige Stücke stehen, die schließlich durch mechanische Erosion weggeschleudert werden, wodurch die Tunnelform entsteht.

Gewisse Wasserhöhlen ziehen sich mehrere Kilometer weit fort, weite, ziemlich gleichmäßig dimensionirte Gewölbe bildend, und brechen dann plötzlich ab. Der Wasserlauf verliert sich für kurze Zeit in engen, unzugänglichen Spalten, und jenseits dieser engen Stellen folgen wieder ähnlich weite Räume wie die vorigen. Zumeist ist die Ursache dieser Unterbrechungen leicht erkennbar. Schutt und Trümmerwerk kann einen Gang ebenso gut verlegt haben als eine Schichtenstörung, was besonders bei steil einfallenden Schichten leicht vorkommt. Einsturzercheinungen sollen sich auf der Erdoberfläche durch irgendwelche Depressionen bemerkbar machen. Manchmal sind dieselben durch nachträgliche Ausfüllung auf natürlichem oder künstlichem Wege so sehr ausgeglichen, daß sie nicht mehr erkennbar sind, manchmal reichen die Deckenabbrüche aber gar nicht bis zur Oberfläche hinauf, und bilden oben geschlossene Schloten oder hohe Dome. Wird eine Höhle auf irgend eine Weise verlegt, so muß der Wasserlauf sich nicht gerade in der unmittelbaren Nähe des Hindernisses eine neue Bahn eröffnen, sondern irgend eine Spalte, die ihm einen Ausweg bietet, wird zu einem neuen Gange erweitert. Liegt diese weitab von der Unterbrechungsstelle, so bildet das Ende des alten Ganges eine sackartige Höhle, die dem Unkundigen den Eindruck einer Seitenhöhle macht, wenn die neue Durchbruchstelle genügend erweitert ist. Beispiele von neuen Durchbrüchen vor dem Ende der Höhle sind in den Höhlen von Agtelek (Ungarn), Piuka jama (Krain), Padirac (Frankreich) und noch in vielen anderen Wasserhöhlen zu finden.

Beispiele einer zur Nebenhöhle gewordenen Haupthöhle sind:

1. Die Adelsberger Grotte, in welcher der Fluß einst in der oberen „Kaiser Ferdinands-Grotte“ floß, die zu einer trockenen Grotte geworden ist, weil der Fluß in Folge der Berrammung des Endpunktes gezwungen worden war, sich einen anderen Ausweg zu suchen, den er weitab vom Hindernisse, fast am Anfange der Grotte, in einer Spalte fand, die in einen anderen, tiefer gelegenen Höhlengang führte. Diese Vereinigungsstelle bildet den großen Dom.

2. Die Höhle unter dem Tindoul de la Vayssière (Frankreich), welche durch den Einbruch des großen Schlundes verlegt, und in welcher 500 Meter davon eine Seitenkluft durch den Wasserdruck eröffnet wurde, die allerdings noch nicht so stark erweitert ist, um auch bei Hochwasser die ganze Menge des Zuflusses abzuführen, weshalb noch zeitweise eine Aufstauung und ein Zurückströmen in den alten Weg stattfindet. Nachdem nur geringe Wassermengen durch den Schuttkegel, der am Grunde des Einsturzschlundes liegt, sichern können, so erreicht das Wasser im Tindoul de la Vayssière oft eine bedeutende Stauhöhe, was bei der Adelsberger Grotte nicht der Fall ist, in welcher das Wasser die einmal verlassenen Gänge niemals mehr erreicht hat.

Alle Communicationen der Erosionshöhlen müssen schließlich am Tage münden oder einst gemündet haben. Dies gilt ebensowohl von den senkrechten und schrägen Erosionschächten, als auch von den in die Haupthöhle horizontal mündenden Seitengängen. Die verschiedenartigen Communicationen sind dadurch entstanden, daß Meteorwässer durch Spalten der Haupthöhle zugeführt worden sind, die auf ihrem Wege die im Anfange engen Spalten und Klüfte erweitert haben. Die Haupthöhle gleicht daher einem oberirdischen Flußlaufe, dem von allen Seiten Nebenbäche aus höheren Lagen zufließen. Weil aber die erwähnten Klüfte nicht immer senkrecht über den Höhlen liegen, sondern auch weithin über das Niederschlagsgebiet vertheilt sind, so wäre das Erkennen eines unterirdischen Wasserlaufes sehr schwer, wenn nicht andere Anzeichen beständen, welche die Existenz desselben auch oberirdisch anzeigen. Diese bestehen hauptsächlich in den Einsturzschlünden, die allerdings die einzigen sind, die durch ihre reihenweise Anordnung (das jalonnement der Franzosen) ein untrügliches Anzeichen abgeben, daß unter ihnen eine Höhle sich befindet; desgleichen die von wiederholten Einstürzen herrührenden thalartigen Furchen, welche Keyer in ganz gediegener Weise beschrieben hat<sup>1)</sup>. Diese Furchen können sowohl in förmlichen offenen Thalrinnen bestehen, in denen ein Wasserlauf aus einer Höhle entspringt und in einer anderen verschwindet (Kalkbachthal in Krain), oder in einer Reihe von Einsturztrichtern, wie sie Keyer beschrieben hat. In beiden Fällen deuten sie an, daß die subterrane Erosion hier thätig ist oder thätig war, und daß man die Depressionen als die Anfänge eines Thalbildungsprocesses zu betrachten hat, der durch die subterrane Erosion hervorgerufen wird. In solchem Terrain, wo man eine merkbare Furchenbildung constatiren kann, ist es nicht zweifelhaft, daß eine subterrane Erosion thätig ist oder thätig war. Schwieriger wird der Fall, wenn die Depressionen scheinbar regellos über weite Flächen verstreut sind, und so nahe aneinander liegen, daß Mojsisovics derartige Terrains als „blattersteppige“ bezeichnen zu müssen glaubte. Diese nicht allzu seltene Erscheinungen wagte Mojsisovics nicht durch die subterrane Erosion zu erklären, und schrieb sie daher der chemischen subaërischen Auflösung der Kalkfelsen zu. Betrachtet man jedoch das Gewirre von scheinbar regellos angeordneten Trichtern genauer, so wird man finden, daß sie nicht gleichmäßige Aböschung durch Verwitterung zeigen. Es lassen sich ältere von neueren Einbrüchen unterscheiden, d. h. solche, die schon mehr, und andere, die noch minder ihre Steilwände durch nachträgliche Verwitterung verloren haben. Dann wird es möglich werden, in das Gewirre ein System zu bringen und die scheinbar regellos angeordneten Dolinen werden sich — allerdings mit nicht geringer Schwierigkeit — in Reihen auflösen lassen, und die Wege anzeigen, welche der unterirdische Wasserlauf einst genommen, dann verlassen hat,

<sup>1)</sup> Studien über das Karstrelief, in den „Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft“, Wien 1881.

um nach und nach weit aus seiner ursprünglichen Bahn gedrängt zu werden. Gewirre von Einsturztrichtern, Erosionstrichtern und Schländen — von denen letztere am Grunde nicht immer noch mit den Höhlen communiciren müssen, sondern auch theilweise verschüttet sein können — kommen auch vor, wo mehrere parallele Seitengänge in eine Höhle mündeten. Bei eifrigem Studium ist es trotzdem möglich, zu erforschen, welcher Reihe die einen und welcher die anderen angehören. Wo successive Verdrängungen der Höhlenbäche stattfanden, kann in dieses Gewirre allerdings nur mit größter Mühe Klarheit gebracht werden. Wer aber mit der vorgefaßten Meinung die Trichter betrachtet, daß sie ausschließlich durch chemische oberirdische Erosionswirkung entstanden seien, der wird freilich ein System nicht herauszufinden vermögen, wo nicht eine einzelne deutlich ausgesprochene Reihe sich zeigt.

Daß auch in manchen Terrains die Mehrzahl der seichten Trichter (welche den Pingen gleichen, die sich über alten Bergwerken zu bilden pflegen) Einbrüchen zuzuschreiben sind<sup>1)</sup>, geht daraus hervor, daß ihr Grund im ersten Stadium mit locker aufgeschüttetem Blockmateriale aufgefüllt ist. In den späteren Stadien kommt jenes Materiale hinzu, welches durch Abwitterung von den Steilwänden in die Tiefe stürzt, und welches durch Einschwenmung dazukommt. Auf diese Weise entsteht nach und nach die Trichterform. Der Grund füllt sich immer mehr auf, bis er nahezu die Oberfläche erreicht. Auf manchen Kalkplateaus gibt es daher nur in den Trichtermulden eine nennenswerthe Vegetation, weil in sie alles productive Materiale hineingeschwenmt ist. Häufig bilden die Einbruchstellen Unterbrechungen im Verlaufe der Höhlen, durch welche sie in zwei scheinbar selbstständige Höhlen getheilt werden. Mitunter kommt es vor, daß eine ganze Strecke durch mehrere Einbrüche unzugänglich wird, und daß man nur zwei weit auseinanderliegende Theile der Höhle kennt, deren Zusammengehörigkeit man gar nicht ahnen würde, wenn nicht gewisse Anzeichen dafür sprächen, worunter die Existenz von Wasserläufen wohl eines der deutlichsten ist; aber auch dieses ist nicht immer ganz verläßlich, wenn die Identität des Wassers nicht durch Beobachtung der jeweiligen Wasserstände, durch Färbungsversuche oder sonstwie constatirt ist. Mancher Volksglauben ist diesbezüglich schon durch die Beobachtung oder durch das Experiment als ein irriger nachgewiesen worden, was aber nicht zu verhindern braucht, daß die Tradition fortbestehen bleibt. Die Zusammengehörigkeit des Sarantapotamos mit dem Apheios, welche Pausanias behauptet hatte, und welche seitdem geglaubt und gelehrt worden ist, wurde erst 1891 durch geodätische Messungen als unmöglich erwiesen. Trotzdem ist dieser hydrographische Irrthum noch nicht endgültig beseitigt.

Eine regelrecht verlaufende Wasserhöhle besteht aus der Zulaufsmündung, dem Wassertunnel und der Quellenmündung. Diese regelrechte Form ist jedoch selten zu finden. Zumeist beginnen die Höhlen mit zahlreichen kleinen Zulaufspalten, die in ihrer Gesamtheit die Function einer größeren Zulaufsmündung erfüllen, wie sie bei Durchfluhhöhlen existirt. Auch der Wassertunnel verläuft nicht immer regelrecht. Oft sind es nur Systeme von Kammern, die miteinander durch enge Klammern verbunden sind, in denen die Wassercirculation stattfindet. An anderen Orten sind die Höhlen nur auf kurze Strecken weit überhaupt zugänglich, während die Fortsetzung ganz vom Wasser erfüllt ist. Auch die untere Mündung braucht nicht stets zugänglich zu sein

<sup>1)</sup> Die Trichter, welche sich oberhalb von Klüften bilden, sind durch sichere Kennzeichen von den Einsturztrichtern leicht zu unterscheiden. Diesbezüglich siehe das Capitel: „Oberirdische Erosionserscheinungen.“

Sie kann unter dem Meeresniveau liegen, oder bei höher liegenden Quellenmündungen wegen ihrer Sphäronform vom Wasser vollkommen erfüllt sein. Theoretisch muß aber stets ein Anfang, ein Verlauf und ein Endpunkt angenommen werden, ob es zugängliche oder unzugängliche Räume betrifft.

Bei der theoretischen Bestimmung des Verlaufes einer unzugänglichen oder einer nur theilweise zugänglichen Höhle kann selbstverständlich nur auf die noch erhaltenen Theile der Höhle Rücksicht genommen werden. Der erfahrene Fachmann vermag aber auch oft noch darüber hinaus eine einstige Fortsetzung der Höhle theoretisch zu reconstruiren und dies ist wohl der größte Triumph, den die Höhlenforschung zu erzielen vermag.

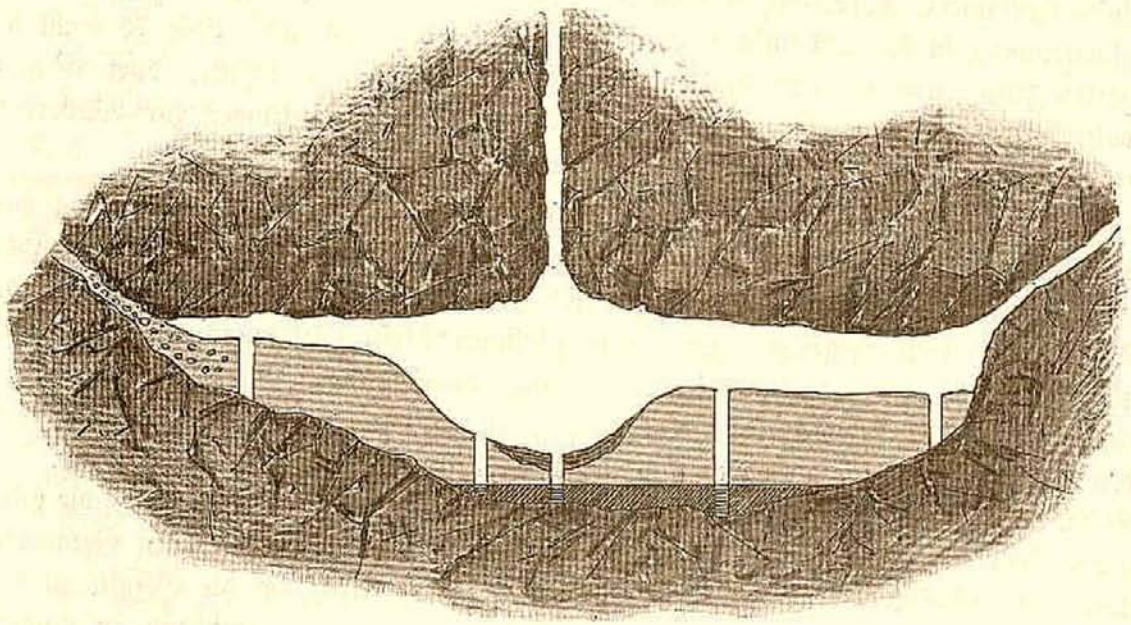
Durch rein theoretische Gründe wurde die Hochwurzenthöhle ober dem Hallstätter-See entdeckt, deren Mündung bis auf einen kaum erkennbaren Zwischenraum verschüttet war. Eine deutliche Erosionsrinne, welche zwischen zwei Steilwänden lag, endete plötzlich und eine Fortsetzung der Erosions Spuren war bergaufwärts nicht zu bemerken. Es wurde daher an jener Stelle nachgegraben, wo die Erosions Spuren in Bruchspuren übersprangen und dort befand sich auch die Oeffnung der Höhle, welche einige Reste von *Ursus arctos* (brauner Bär) im vorderen Theile enthielt. Auch die große Wasserhöhle (Vršnica) im Račnathale fand Hraský auf theoretischem Wege, weil alle Anzeichen dafür sprachen, daß in der Nähe sich die Abzugshöhle des Thales befinden müsse. Das Gleiche gilt von den durch Putić künstlich erschlossenen Baron Winkler-Höhlen im Planinathale. Derlei Auffuchungen sind durchaus keine sogenannten Hufarenstücklein, sondern nur ein Erfolg richtiger Beobachtung und richtiger Deutung der vorhandenen Anzeichen. Noch vor etwa zehn Jahren wäre derlei unmöglich gewesen, weil man die Anzeichen noch nicht genügend kannte und die verschiedenartigen Erscheinungen nicht auseinander zu halten verstand. Schmidl selbst stand noch auf dem Standpunkte, daß die Wasserhöhlen Systeme von Kammern seien, während im Gegentheile angenommen werden muß, daß die Erosion im ganzen Verlaufe der Höhle annähernd gleich gewirkt haben muß. Die Weitungen entstehen dort, wo sich Stauwässer ansammeln und die Corrosion mitwirkt, die Räume zu erweitern. Auch wo weichere mit härteren und wo brüchigere Felspartien mit consistenteren alterniren, müssen sich Weitungen bilden. Das abgelöste Bruchmateriale wird vom Höhlenbache fortgeschwemmt und staut sich in den Engen, wodurch deren Querschnitt noch mehr vermindert wird. Die Tunnelform wird dadurch immer mehr und mehr verwischt, bis sie kaum mehr erkennbar ist<sup>1)</sup>.

Wie sich Weitungen bilden können, zeigt übrigens deutlich der Durchschnitt nächst dem großen Schlothe in der Byčiskala-Höhle, S. 68. An der Vereinigungsstelle dreier bedeutender, durch Erosion zu Schlünden erweiterter Klüfte hat sich ein größerer Raum gebildet, ähnlich wie dies auch an Kreuzungsstellen horizontal verlaufender Gänge der Fall zu sein pflegt. Daß solche Räume, wenn sie eine bedeutende Spannweite besitzen, stark zu Deckenbrüchen neigen, darf nicht Wunder nehmen. Besonders in Wasserhöhlen, in denen bei Hochwasser die Felsen erzittern, lösen sich gerne Felsstücke von der Decke, die aber nicht unterhalb der Abbruchstelle liegen bleiben, sondern

<sup>1)</sup> Deckert ist der Ansicht, daß bei den Weitungen die in den Höhlenraum mündenden, die localen Niederschläge zuführenden Klüfte an der Vergrößerung der Räume mitgewirkt haben, was ganz richtig ist, weil durch sie eine Vermehrung der Angriffspunkte für die Erosion und Corrosion geschaffen wird.

durch den mächtigen Schwall fortgeführt und zertrümmert werden, wenn es nicht sehr mächtige Felsblöcke sind. Wer kein Hochwasser in einer Wasserhöhle gesehen hat, der kann sich unmöglich einen Begriff davon machen über die Vorgänge, welche die fortwährende Umformung der Höhlen zur Folge haben. Martel sah ein Hochwasser im Herbst 1893 in den Refahöhlen, welches nicht einmal sehr bedeutend war, ihm aber doch das Geständniß abnöthigte, daß er nun begreife, wie die Erschütterung der Felsmassen durch die Gewalt des Wassers und durch die Stöße der mitgeführten Blöcke gegen die Wände partielle oder selbst totale Einbrüche der Höhlendecken hervorrufen könne.

Der Techniker, der die Aufgabe hat, eine unwirksam gewordene Drainagehöhle aufzuschließen, darf sich daher durch die momentane Form der Höhle nicht irre führen lassen, die ein Resultat dieser fortwährenden Deformationen ist, und er wird sich die ursprüngliche Form auf dem Papiere reconstruiren und den Wasserlauf wieder in die



Querschnitt durch die Bhoiskala-Höhle, nächst der hohen Klust, nach Krüz.

alten Bahnen zurück zu lenken trachten. Dies ist aber nur dann möglich, wenn er die richtigen Principien kennt und wenn er allen falschen Theorien aus dem Wege geht, deren es leider bei der Höhlenkunde nur allzu viele gibt.

Unter allen Höhlengattungen sind die Wasserhöhlen die wichtigsten, denn ihr regelrechtes Functioniren ist von hohem wirthschaftlichen Interesse für die Umgebung. Plötzliche Störungen können sowohl eine Verlangsamung des Abflusses als eine Beschleunigung desselben bewirken, je nach der Natur dieser Störungen. Stauungen im Innern einer Höhle können Wasseraustritte in benachbarten Thälern bewirken und Querschnittverweiterungen können Wasserausbrüche oder zum mindesten Unregelmäßigkeiten in den Abflußverhältnissen bewirken, welche Industrieanlagen schädigen können, die einer möglichst gleichmäßigen Wasserzufuhr bedürfen. Die Art und Weise, wie sich die großen Staubassins in den Höhlen füllen und entleeren können, ist von großer Wichtigkeit, und in dieser Hinsicht ist eine künstliche Nachhilfe sehr häufig geboten. Derartige Erwägungen waren es, welche zum Studium der Wasserhöhlen in der schwäbischen Alb und in Krain führten.



In den Albthälern herrschen bezüglich der Wassercirculation ziemlich analoge Verhältnisse wie am Karste. Die Klüftigkeit der am meisten verbreiteten Gesteine der Juraformation bringt es mit sich, daß sich die Niederschläge rasch in tiefere Horizonte verlieren und daß man Wasser nur in den Thalfurchen findet, während die Höhen wasserarm sind. Nur wo sich der sogenannte "Wasserstein" befindet (Basalttuff), dort gibt es auch Wasser auf den Höhen. Die meisten hochgelegenen Orte litten jedoch seit jeher an Wassermangel und mußten sich mit Cisternen und mit teichartigen Anlagen begnügen, in denen das Regenwasser gesammelt wurde (Höhlen). Um diesen Orten gesünderes Trinkwasser zuzuführen, verwendete man die Wasserkraft der Quelläbäche in den Thälern, und pumpte mit Hilfe derselben vortreffliches Trinkwasser auf die Höhen hinauf. Ausführliches hierüber findet man im Berichte von Oberbaurath Dr. v. Schmann (Stuttgart, ohne Jahreszahl, 1881?), welches im Verlage von Greiner & Pfeiffer erschienen ist. In diesem musterhaften Berichte ist das ganze System der Wasserversorgung der Alb ausführlich beschrieben und mit Karten und Plänen erläutert. Außerdem ist auch die Wasserversorgung der größeren Städte von Württemberg in so anschaulicher Weise geschildert, daß auch jeder Laie es leicht begreifen kann, warum hier Quellenleitungen mit natürlichem Drucke, dort Grundwasserleitungen und wieder anderswo Fluß- oder Seewasserleitungen zur Wasserversorgung herangezogen werden mußten.

Für die Wasserversorgung der Karstländer gibt die Alb-Wasserversorgung vortreffliche Fingerzeige. Wasser fehlt am Karste ebenso wenig wie in den Albgegenden. Es ist aber zumeist noch weniger zugänglich als dort. Der Thalbildungsproceß der Alb ist schon weit vorgeschrittener als am südlichen Karste (Istrianer Karst), wo man noch keine, oder nur ganz unansehnliche fertige Thalbildungen, wie z. B. das Necinathal, findet. Das Neckathal kann ebenso wenig zu den fertigen Thälern gezählt werden, denn ersteres geht thalaufwärts und letzteres thalabwärts in eine Höhle über. An Kraft, um Pumpwerke zu treiben, fehlt es den Karstflüssen nicht. Besonders die nördlichen könnten für den Zweck herangezogen werden, den hochgelegenen Gemeinden Wasser zu schaffen. Dazu bedürfte es nur geringer Arbeiten, um die Gefälle zu vergrößern und die Kraft auch für niederschlagsarme Zeiten ausreichend zu machen. Selbst für so hoch gelegene Orte, wie z. B. Illovağora, würde die Wasserversorgung möglich werden, wo man heute nur Cisternen- und Pfützenwasser zu verwenden gezwungen ist. Die Höhlen selbst würden als Reservoir verwendet werden können, wie dies ja durch Einbauten leicht möglich ist, und von diesen Reservoirs könnte man das Wasser durch Röhren zu den Turbinen und Pumpen leiten.

Betrachtet man beispielsweise nur die großartige Wasserkraft, welche die aus der Kleinhäuslerhöhle entströmende Poik zu liefern im Stande ist, so kann man durch sie enorme Wasserquantitäten auf solche Höhen hinaufschaffen, daß eine Vertheilung über alle südlicheren Gemeinden möglich ist, die auf Höhen von circa 700 Meter liegen.

Bei der Alb-Wasserversorgung beträgt die mittlere Höhe, bis zu welcher die Pumpen das Wasser zu heben haben, im Mittel 265 Meter. Die Mündung der Kleinhäuslerhöhle liegt 453 Meter über dem Meeresspiegel. Unter gleichen Druckverhältnissen könnte das Vertheilungsreservoir auf eine Höhe von 718 Meter errichtet werden. Eine solche Höhe wäre aber nirgends zu überwinden, selbst wenn man den Röhrenstrang bis Divacca leiten wollte. Die Leistung der Alb-Wasserversorgung bietet für ein Project der Karst-Wasserversorgung einige werthvolle Anhaltspunkte.

Station	Pferdekräfte	Größte Förderhöhen	Tägliche Leistung	Arbeitszeit
		Meter	Hektoliter	Stunden
I. Eybthal*).....	65—70	{245 282	4050	12
II. Filsthal.....	48—50	305	4050	15
III. Blautopf*).....	25	{180 255	?	?
IV. Blaubeurer Lauterthal*)..	?	{117 200	?	?
V. Filsthal.....	?	310	?	?
VI. Münfinger Lauterthal.....	16—18	175	4000	20—22
VII. Nachthal.....	?	265	?	?
VIII. Untere Schmied-Gruppe ..	22—25	200	5000	24
IX. Obere Schmied-Gruppe*) ..	18	{173 230	1750	14

\*) Mit zwei Druckleitungen.

Von den Hoch-Reservoirs zweigen die Röhrenstränge ab, die mittelst Siphons alle Thäler und Mulden übersetzen. Aquäducte sind der Kosten wegen überall vermieden. Das in den Thälern entspringende Wasser versorgt aus eigener Kraft die hochgelegenen Plateaudörfer mit Trinkwasser. An geeigneten Flüssen fehlt es in allen Karstdistricten nicht und es gibt deren vielleicht noch eine große Anzahl, die man bis heute gar nicht kennt, die aber dienstbar gemacht werden könnten. Die zahlreichen submarinen Quellen liefern den Beweis für ihre Existenz und es ist einer systematischen Erforschung vorbehalten, nachzuweisen, wo die entsprechenden Wasserläufe liegen. Daß man hierbei vorzüglich die großen Bruch- und Berwerfungsspalten im Auge haben müsse, ist für jeden Fachmann evident, denn diese sind es ja, in denen die Wassercirculation schon deshalb vorzugsweise stattfinden muß, weil diese in großen Tiefen reichenden bedeutendsten unter den Klüften, der Wassercirculation am wenigsten Widerstand entgegensetzen. Die Erweiterung zu förmlichen Drainagehöhlen ist durch das circulirende Wasser sehr begünstigt, aber auch der Nachfall ist in einer solchen Höhle eine natürliche Consequenz der Entstehung durch Verwerfung, die zumeist von einer Zermalmung oder Zertrümmerung der Gesteine an den Bruchflächen begleitet wird. Zur Wasserversorgung von Küstenorten sind Strandquellen, die aus Verwerfungsklüften entspringen, häufig herangezogen worden. (Triest, Pola, Abbazia). Das Wasser ist jedoch größtentheils etwas brakisch und daher nicht angenehm schmeckend, besonders wenn es durch Pumpen gehoben wird und nicht frei ausläuft.

In technischer Hinsicht sind daher sehr verschiedenartige Aufgaben zu lösen. Die Entwässerung der Kesseltäler durch Wiederherstellung der unterbrochenen Communicationen mit den Abflußhöhlen ist ganz verschieden von der Wasserversorgung. In beiden Fällen aber handelt es sich um die Auffindung von Höhlen oder Spalten, welche dem Zwecke dienstbar gemacht werden können. Uebrigens ist die Wasserversorgung von tiefgelegenen Orten nach ganz anderen Principien zu lösen, als jene von hochgelegenen. Aber auch hier handelt es sich vor Allem, das trinkbare Wasser aufzusuchen. Bei hochgelegenen Orten kommt selbstverständlich auch die Beschaffung der motorischen Kraft dazu, welche die unterirdischen Flußläufe liefern können.

Zum Schlusse dieses Capitels kann eine Bemerkung nicht umgangen werden. Es scheint fast unglaublich, daß sich auch in Schwemmland Höhlen bilden können,

dieselben können aber selbstverständlich nur von kurzer Dauer sein. Sie entstehen durch Wasserläufe und brauchen festere Lagen als schützende Decke. Festere Bänke bilden sich im Kalkschotter leicht durch die Infiltration kohlenensäurehaltigen Wassers, und unter ihnen trifft man auch die höchst seltenen Wasserhöhlen im Schotterterrain. Zwischen Altnang und Gmunden liegt unweit der Wasenmeisterei die Wanthamer Höhle in einer vom Murachflusse stark angegriffenen wandartigen Böschung des Diluvialschotter. Nach älteren Nachrichten (Sartori, Pillwein) soll sie früher bedeutende Dimensionen besessen haben, die aber stark übertrieben erscheinen, weil die Höhe des Plateaus nicht bedeutend ist und für eine so große Höhle der Raum gar nicht vorhanden wäre. Gelegentlich des Baues der nahen Eisenbahnstrecke soll übrigens zur Gewinnung der die Decke bildenden festeren, conglomeratartigen Bank, der größere Theil der Höhle zerstört worden sein. Was davon noch übrig ist, hat nur 1—1½ Meter Höhe, aber gegen 5 Meter Breite. An der Decke hat sich eine schwache Tropfsteinschichte abgesetzt. Das Ende wird immer enger und niedriger und ist durch einen den ganzen Raum ausfüllenden Tropfsteinblock abgeschlossen. Daß circulirendes Wasser auch in Sanden Hohlräume bilden kann, wenn eine dieselben schützende Decke vorhanden ist, dafür hat man viele Beispiele. Nach einer Mittheilung des Bohrtechnikers Sazcl (in Wien) fand er am Grunde eines Brunnens einer Brauerei, der stark in Anspruch genommen war, große Hohlräume, die eine Senkung des Mauerwerkes befürchten ließen. Auch die bekannten Senkungen in Schneidemühl sind durch die mechanische Ausspülung der Sande am Grunde des ominösen Bohrbrunnens entstanden. Der Mangel einer festen Decke hat die Nachbrüche hervorgerufen.

### C. Trockene Grotten.

Solche Erosionshöhlen, in denen kein Wasser mehr circulirt — sei es daß der Zulauf verlegt wurde, oder daß sich das Wasser einen anderen, leichteren Ausweg gesucht hat — werden zu trockenen Höhlen (Grotten). Schmidl nannte sie Grotten, zum Unterschiede von den Wasserhöhlen, diese Bezeichnung ist aber nicht allgemein verständlich, weil man im Publicum darunter zumeist nischenartige Halbhöhlen versteht<sup>1)</sup>. Trotzdem hat sich die Bezeichnung „Grotte“ für trockene Höhlen zum mindesten in engerem Kreise eingebürgert und es ist kein Grund vorhanden, eine neue Bezeichnung dafür einführen zu wollen, weil der Name doch Nebensache ist und weil das Wort „Grotte“ ohnedies bei den Halbhöhlen (Nischenhöhlen) noch weniger passend ist.

Grotten sind also mehr oder weniger horizontal verlaufende, trockene Höhlen und man pflegt daher zumeist die horizontalen Tunnelhöhlen, oder jene mit nicht allzu steilen Gefällen als solche zu bezeichnen. Es mag wohl von den künstlich mit Tuff- oder Tropfsteinen ausgekleideten Gartengrotten herkommen, daß man vorzugsweise die mit Tropfstein ausgekleideten Höhlen „Grotten“ zu nennen pflegt, während minder schöne häufig nur als Höhlen bezeichnet werden.

<sup>1)</sup> Auch Fröhlich versteht unter der Bezeichnung „Grotten“ die Halbhöhlen oder Nischenhöhlen. Diese Bezeichnung hat aber für die Nischenhöhlen keine allgemeine Geltung bisher erlangt. Dr. Carl Endriß nennt kürzere Höhlen „Grotten“ und unterscheidet zwischen „Quellgrotten“ und „Quellbachhöhlen“.

Die künstlichen Gartengrotten haben aber jedenfalls ihren Namen von den natürlichen, die sie imitiren sollten, und darum ist die Bezeichnung „Grotte“ jedenfalls schon ziemlich alt. (Die Adelsberger Grotte wird schon seit mehr als 300 Jahren Grotte genannt.)

Unter den Grotten ist die Adelsberger die berühmteste in Europa wegen ihrer Ausdehnung und wegen des Reichthums an Tropfsteinauskleidung. Ihre Concurrentin, die Agteleker Höhle, wird nie als Grotte bezeichnet, denn sie ist eine Wasserhöhle mit reichem Tropfsteinschmucke, welche bisher als die größte von Europa galt, trotzdem nur ein Theil derselben erschlossen ist<sup>1)</sup>. Sehr berühmte Grotten gibt es auch in Frankreich und in der Schweiz in großer Menge, u. zw. in Frankreich die Grotte de Saint Marcel (Ardèche), Grotte des fées (bei Ganges, Hérault), Grotte de Sassenage (Sjère), welche der Sage nach der Aufenthalt der Fee Melusine gewesen sein soll und noch viele andere, von denen theilweise noch später die Rede sein wird. In der Schweiz findet man die Bezeichnung Grotte seltener, sie kommt aber doch, wie z. B. bei der Grotte de fées (nächst St. Maurice) vor. Dafür ist die Bezeichnung „Balme“ oder „Loch“ um so häufiger. (Bruderbalm am Rigi, Schafloch im Rothhorn zc.) Auch Caverne (Höhle) wird oft angewendet (Caverne de St. Georges nächst dem Genfersee; Bergiberghöhle, Eishöhle in derselben Gegend). In Spanien wendet man nur den Ausdruck „Cueva“, in Catalonien „Cova“ an und in Portugal „Cava“. (Cueva de la muger bei Granada, Covas de Arta auf Minorca, Cava grande im Thale von Alcantara, auch Cava rasta und Cava cavouqueria genannt, letzteres heißt Steinbrecherhöhle). In England wird Cave oder Hole häufig angewendet, dagegen wird „Grotta“ in Italien zumeist für alle Arten von Höhlen als Bezeichnung gebraucht. Der russische Ausdruck ist „Peschora“, der südslawische „Jama“ oder „Luknja“, im südöstlichen Istrianer Karste heißt man die Grotten „Pečina“ (Sparozna-pečina und Cerjenceva-pečina bei Castua).

Die Baumannshöhle und die Hermannshöhle bei Rübeland im Harz sind Tropfsteingrotten, welche zu den berühmtesten in Deutschland gehören. Ihr Name zeigt deutlich, daß bezüglich der Benennung noch eine ziemliche Willkürlichkeit besteht. Die Krausgrotte bei Gams in Steiermark trägt dagegen ihren Namen mit Recht, denn sie ist eine Gipskrystallgrotte. Schon dem Sprachgebrauche nach würde es Niemand einfallen Tropfsteinhöhle oder Gipskrystallhöhle zu sagen, nur in der wissenschaftlichen Nomenclatur kehrt man sich nicht daran und bezeichnet heterogene Dinge mit demselben Namen. In Deutschland hat sich das Wort „Grotte“ übrigens niemals allgemein eingebürgert. Man trifft stets nur die Bezeichnungen: Höhle, Loch und weit seltener Kirche (Gaiskirch, Klauskirch, Teufelskirche im Franken-Jura). Nur seichte Höhlen bis zu etwa 30 Meter Tiefe werden mitunter Grotten genannt. Daß sich im Süden Oesterreichs der Ausdruck Grotte mehr eingebürgert hat, kommt wohl von der Nachbarschaft Italiens her. Als Unterscheidung von Wasserhöhlen ist das Wort immerhin acceptabel und verdiente allgemeiner eingeführt zu werden.

Die trockenen Höhlen (Grotten) haben als Sehenswürdigkeiten stets die größte Aufmerksamkeit unter allen Höhlenarten auf sich gelenkt und erfreuten sich oft massenhaften Besuches. Darum wurden viele davon auch mit großen Kosten gangbar gemacht. Manche dieser Anlagen sind freilich wieder verfallen, weil die erwarteten Besucher ausblieben, oder weil die Grotten devastirt wurden, wie z. B. die Mag-

<sup>1)</sup> Durch die Entdeckungen im September 1893 übertrifft die Länge der bekannten Gänge in der Adelsberger Grotte nun jene der Agteleker Höhle um ein Bedeutendes.

dalenagrotte bei Adelsberg, die in Folge einer Verwechslung zu ihrem Namen gekommen ist und eigentlich „schwarze Grotte“ (slovenisch „černa jama“) heißt. Die eigentliche Magdalenagrotte<sup>1)</sup> liegt unweit davon im Magdalenaberger; sie beginnt mit einem in zwei Stagen zerfallenden senkrechten Erosionsschlunde, dessen Gesammttiefe auf 51 Meter (36 + 15) angegeben wird, der zuerst in einen Gang und durch diesen in eine Wasserhöhle führt, in welcher der Poikfluß fließt. Diese Wasserhöhle steht einerseits mit der Ottokergrotte in Verbindung und soll von der Piuka jama (Poikhöhle) nur durch den Schuttkegel der Kouglovca (eines großen Einsturzschlundes) getrennt sein. Die Černa jama enthielt früher noch reiche Tropfsteingebilde und wird nur zeitweise überfluthet. Die Magdalenagrotte verdient den Namen Grotte nicht, denn sie ist nur ein Theil der Wasserhöhle des Poikflusses.

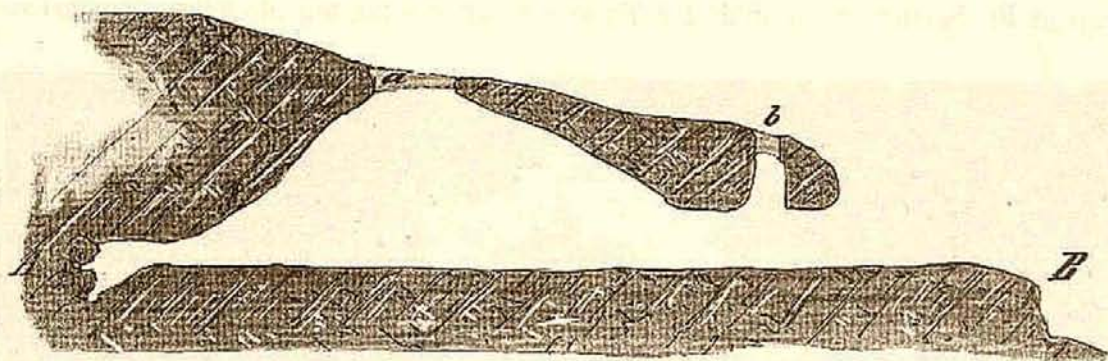
Von den trockenen Grotten gilt bezüglich ihrer Bildung das im Capitel der Wasserhöhlen bereits Erwähnte. Sie sind ehemalige Wasserhöhlen, in denen der Wasserlauf ausgeblieben ist und in die nur mehr jenes Quantum von Wasser gelangt, welches durch die Decke nach Niederschlägen sickert, oder welches in Form von Stauwasser aus benachbarten Wasserhöhlen in dieselben dringt. Von der Mächtigkeit der Decke und von der Beschaffenheit des die Höhle überlagernden Materials hängt es ab, ob eine Tropfsteinbildung stattfindet und welcher Art dieselbe ist. Bei dünnen Decken, die ihrerseits durch keine Humusüberlagerung geschützt sind, muß der Infiltrationsproceß ein viel zu rasch verlaufender sein, als daß eine intensivere chemische Lösung des Gesteines platzgreifen kann. Trotzdem kommt es vor, daß mehr mechanisch losgelöste staubartige Partikelchen mitgeschwemmt werden und an den Höhlenwänden als kalkiger Schlamm kleben bleiben, wo sie nach dem Aufhören des Zuflusses zu einer weißlichen Masse erhärten, die auf der Oberfläche plastisch ist und im Innern nach und nach durch fortwährendes Tränken mit dem schwach kalkhaltigen Tropfwasser im Verlaufe der Zeit krystallinisch wird und feste schalige Ueberzüge unter der weichen, porösen und schwammigen Bergmilchschicht bildet. Auch im erhärteten Zustande bleibt eine zelligstängelige Structur zurück. Professor Dr. J. H. Kloos (in Braunschweig) hat Bergmilch-Absätze mikroskopisch untersucht und bei 500facher Vergrößerung deutlich eine Verwebung kleinster Nadeln und Stäbchen erkannt, von denen die größten kaum 0.3 Millimeter lang waren. Es läge somit auch ein Absatz von krystallisiertem Kalkcarbonat vor, was jedoch nicht ausschließt, daß auch Combinationen von anschließenden Krystallen, die mit Kalkschlief vermischt sind, vorkommen können, wodurch das äußere Ansehen nicht verändert zu werden braucht.

Der Absatz von Tropfstein wird auch bei mächtigen Decken verringert, wenn die Klüfte zu weit sind, um einen langsamen Sickerproceß zu gestatten. In Höhlen mit genügender Wetterführung (Ventilation) wird die Tropfsteinbildung rascher vor sich gehen als in solchen, in denen die Luft sich nur langsam erneuert. Auch in solchen Höhlen, in denen die Luft mit Feuchtigkeit stark gesättigt ist, wird der Tropfsteinbildungsproceß wesentlich gehemmt. Darum findet man in Wasserhöhlen und in

<sup>1)</sup> Nachdem die schwarze Grotte auf allen Karten und in allen wissenschaftlichen Werken bereits unter dem Namen Magdalenagrotte figurirt, so dürfte es besser sein, ihr diesen Namen mit dem ortsüblichen Beinamen „Černa jama“ zu belassen. Um Verwechslungen vorzubeugen, wird der Höhle im Magdalenaberger künftig kein eigener Name beigelegt werden; der Einstieg zu derselben wird schon jetzt in der neueren Literatur als Magdalenaschacht bezeichnet. Für den schwer zugänglichen kurzen Gang am Grunde des Schachtes, der zum unterirdischen Poiklaufe führt, ist ein eigener Name wohl nicht nöthig.

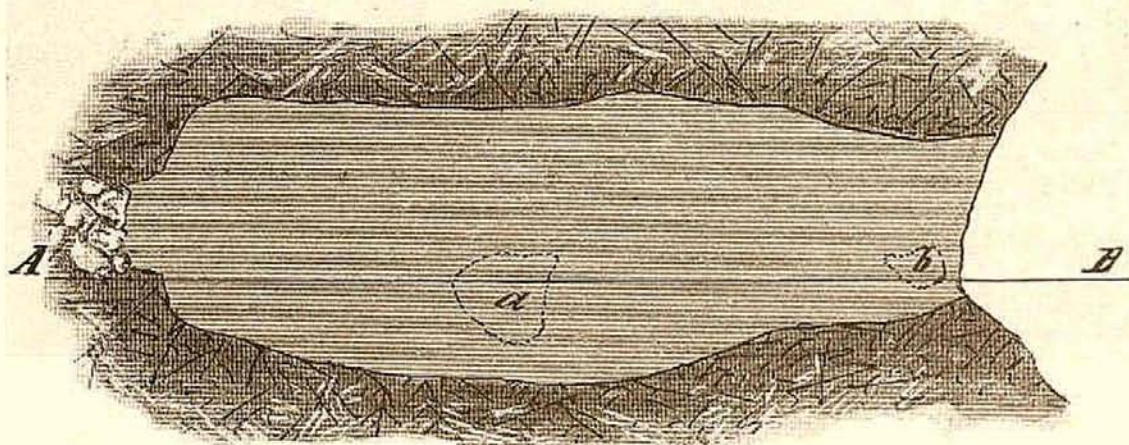
Eishöhlen nur selten, und größtentheils nur unansehnliche Tropfsteinbildungen<sup>1)</sup>. Stets spielt aber der Kohlensäuregehalt des Infiltrationswassers eine Hauptrolle. Es darf aber der Beobachter auch auf die Nebenumstände nie vergessen, welche manche Abnormität im Verlaufe des Tropfsteinbildungsprocesses erklären können.

Schöne Tropfsteinbildungen bedingen also ein stark kohlenensäurehaltiges Wasser, dessen Lösungskraft weit bedeutender ist als jene des kohlenensäurearmen (siehe S. 43). Allerdings nimmt das Meteorwasser während seines Falles bis zur Erdoberfläche eine gewisse Menge von Kohlensäure auf, die aber nicht überall gleich ist. In Städten



Vantsharievz-Grotte (Längsschnitt).

ist sie größer als auf dem Lande, in tieferen Lagen ist sie größer als in hohen. Dieses Quantum ist jedoch nicht genügend, um das Regenwasser so weit mit Kohlensäure zu sättigen, daß es so viel Kalt aufzunehmen vermag, um Tropfsteine zu bilden, wie wir sie zu sehen gewohnt sind, in mächtigen bis an die Decke reichenden Säulen



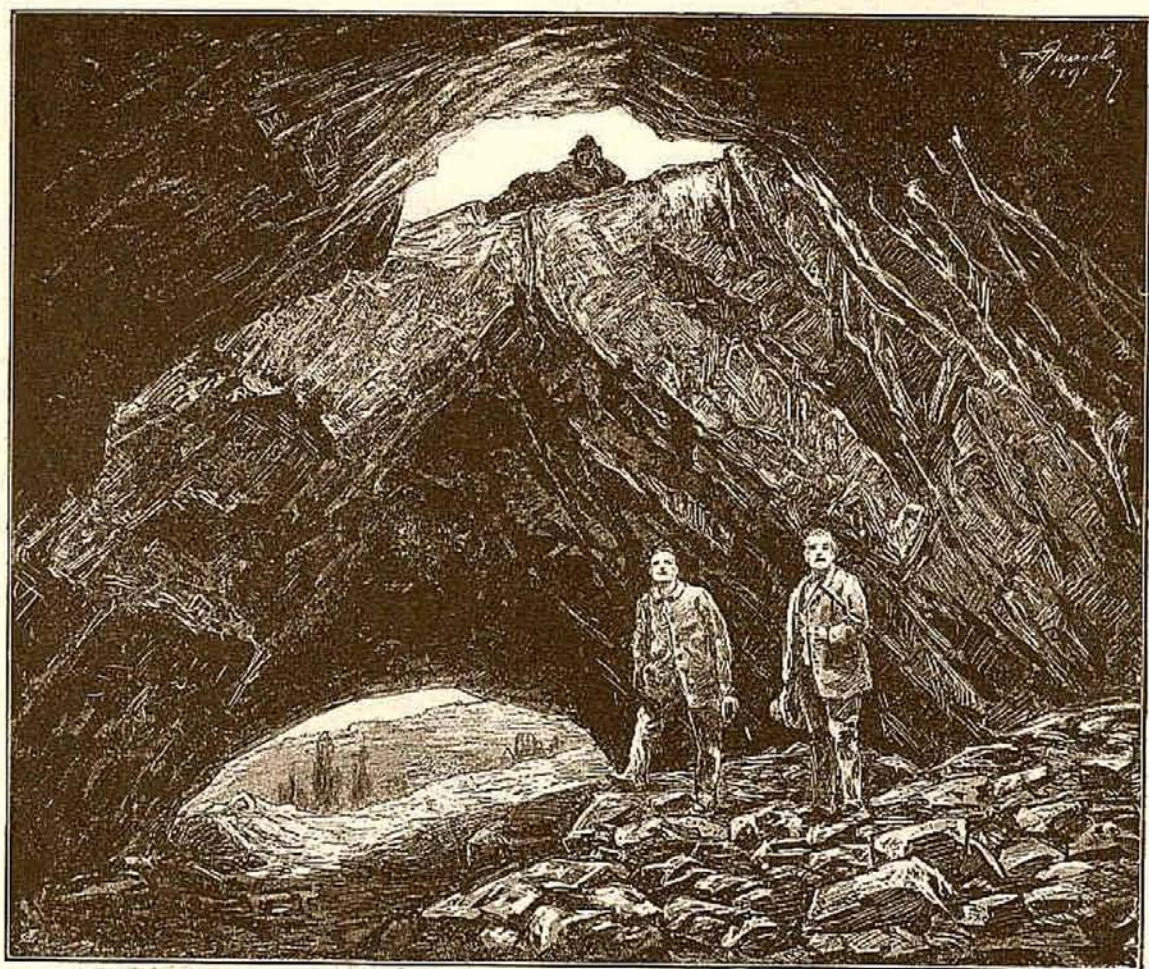
Vantsharievz-Grotte (Grundriß).

und allerlei abenteuerlichen Gestalten. Dazu bedarf es noch eines Mediums, welches das Wasser kohlenensäurereicher zu machen vermag und dieses ist der Humus. Muß das Regenwasser, bevor es die Gesteinspalten erreicht, eine Schichte von Humus passiren, so wird es kohlenensäurereicher und seine Lösungskraft kann auf mehr als das Zehnfache steigen gegenüber dem reinen oder dem kohlenensäurearmen Wasser. Auch die Temperatur ist maßgebend für die Lösungskraft. Man weiß es ja längst, daß die

<sup>1)</sup> Die Agtelekerhöhle hat, trotzdem sie eine Wasserhöhle ist, reichen Tropfsteinschmuck in den trockenen Theilen, was durch die von K. Münnich nachgewiesenen zahlreichen Communicationen mit der Oberwelt durch Klüfte, welche die Verdunstung befördern, sich ganz gut erklären läßt.

Thermalwässer um so größere Mengen von festen Bestandtheilen zu lösen vermögen, je wärmer sie sind<sup>1)</sup>.

Eine theilweise Sättigung mit Salzen beeinträchtigt jedoch andererseits wieder die Lösungskraft. Aber selbst kohlensäurereiche Wässer vermögen keine Tropfsteinbildungen zu erzeugen, wenn die Decke der Höhle sehr dünn ist. Die kleine Grotte Lantscharienz (slovenisch Lanzarevec geschrieben) nächst Adelsberg hatte, wie man es an der Einbruchsstelle bemerken kann, eine Decke, deren Dicke nur 40—50 Centimeter betrug und sie ist daher tropfsteinarm, dagegen ist die unter einem ganz ähnlichen Terrain gelegene nahe Ottofer Grotte sehr reich an Tropfsteinen, weil ihre Decke weit mächtiger ist. Weiters trägt auch der Druck bei, um ähnlich wie die höhere Temperatur



Inneres der Lantscharienz-Grotte mit dem Deckenbruche.

die Lösungskraft des Wassers zu steigern. Diesbezüglich kann auch auf die, allerdings zu einem anderen Zwecke, unternommenen experimentellen Versuche von Blümke und Finsterwalder hingewiesen werden<sup>2)</sup>.

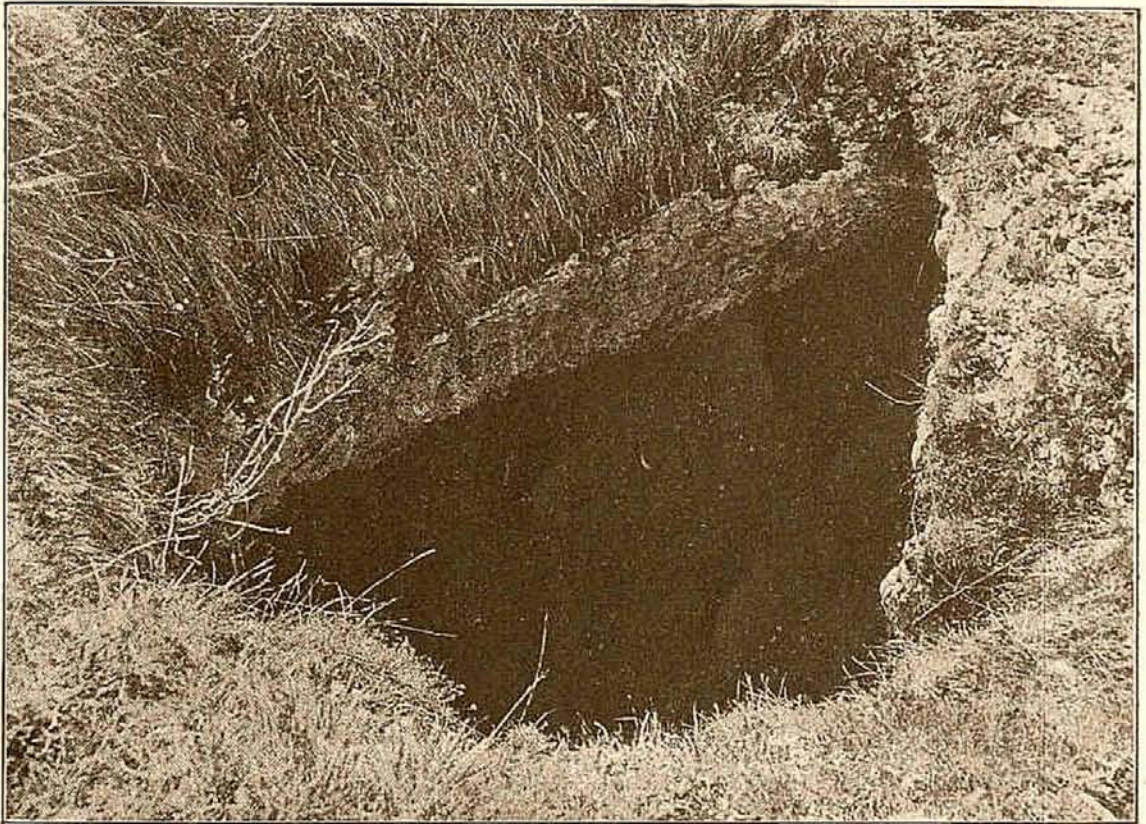
Man sieht hieraus, daß die Bildung von Tropfstein von mancherlei Vorbedingungen abhängt. Die Sache complicirt sich aber noch durch den Umstand, daß zur Bildung eines Absatzes es auch erforderlich ist, daß eine theilweise Verdunstung

<sup>1)</sup> Deffert schreibt den verhältnißmäßig hohen Temperaturen der Quellwässer in Nordamerika (besonders in Florida, wo sie circa 22° C. im Mittel betragen) die stärkere Erosionskraft zu, durch welche es möglich wurde, die amerikanischen Riesenhöhlen zu bilden.

<sup>2)</sup> „Wie erodiren die Gletscher?“ Von Dr. S. Finsterwalder. „Jahrbuch des deutschen und österreichischen Alpenvereines“, Wien 1891, S. 75.

des kalkgesättigten Wassers eintreten kann, wodurch der Rest übersättigt und zur Deponirung jener Menge gezwungen wird, welche nicht mehr in Lösung erhalten werden kann. Die Verdunstung ist dann nicht unbedingt erforderlich, wenn das Wasser durch starken Druck durch enge Spalten von mächtigen Decken gepreßt wird und schon übersättigt in die Höhle gelangt. Dort hört der Druck plötzlich auf und jenes Quantum von gelöstem Kalk, welches die normale Menge übersteigt, die auch ohne Druck in Lösung erhalten werden kann, muß abgesetzt werden. Tritt eine Verdunstung hinzu, so wird die Tropfsteinbildung in diesem Falle um so rascher vor sich gehen.

Die Farbe der Tropfsteine hängt von den mit in Lösung gekommenen oder mechanisch mitgeführten Beimengungen ab. Es gibt trübe, undurchsichtige bis ganz wasserklare Tropfsteine von eisartigem Aussehen. Zumeist herrscht eine gelbliche, von

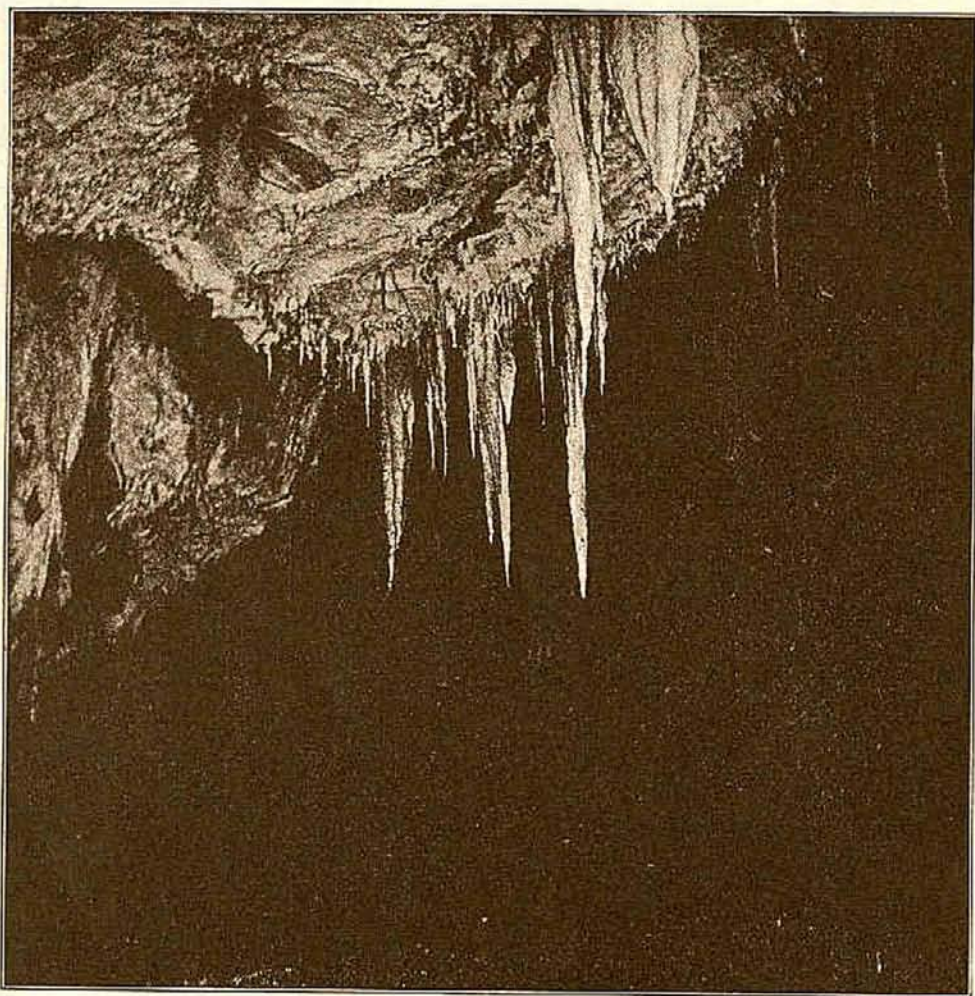


Obere Mündung des Deckenbruches in der Santscharieu-Grotte, nach einer Photographie von Schäber.

Eisenoxydul herrührende Farbe vor. Durch mechanisch mitgeführte Lehmtheilchen (dem unlöslichen Theile der Kalkgesteine) entstehen undurchsichtige gelbliche oder bräunliche Tropfsteine, durch feinen Kalkschlamm undurchsichtige weiße. Die schönen wasserklaren Tropfsteine sind eine große Seltenheit. Einige wenige Exemplare hiervon befinden sich in der dem großen Publicum nicht zugänglichen Erzherzog Johann Grotte (einem Seitengange der Adelsberger Grotte). Farbe und Glanz hängen daher hauptsächlich von der Beschaffenheit, respective Reinheit des gelösten Gesteines ab. In Höhlen, die zeitweilig ganz mit Wasser angefüllt werden, setzen sich oft ganz merkwürdige korallenförmige Gebilde an die vorhandenen Tropfsteine an. Mitunter enden sie mit ausgebildeten Krystallen, wie in der Kronprinz Rudolf-Grotte bei Divacca (am Görzer Karst). In Tropfwassertümpeln findet man auch schön auskrystallisirte Calcitbildungen, von denen die schönsten aus der neuentdeckten Wasserhöhle von Badirac, aus



der Grotte von St. Marcel (beide in Frankreich), und aus dem erst 1891 entdeckten Seitengänge nächst der Mariannengrotte (Seitengrotte der Adelsberger Grotte) stammen dürften. Eine der merkwürdigsten Bildungen sind jedoch die höchst seltenen Tropfsteinperlen, die man nur in kleinen Schalen findet, in welche ein Strahl von kalkgesättigtem Wasser permanent von einer größeren Höhe herabfällt. Kleine Staub- oder Lehmtheilchen werden durch die Gewalt des starken Falles fortwährend in Bewegung erhalten und überziehen sich mit Rinden von Tropfsteinmasse, ähnlich wie die bekannten Erbsensteine in den heißen Quellen von Karlsbad<sup>1)</sup>. Ihr Durchschnitt zeigt im Schliffe die schalenförmige Structur und den fremden Körper im Centrum. Das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien besitzt einige so präparirte Exemplare,



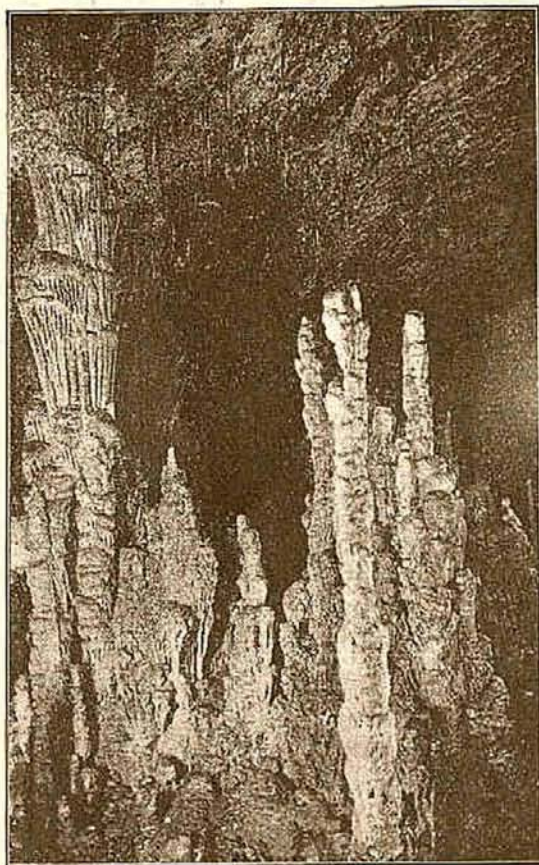
Stalaktiten aus der Slouper Höhle nach einer Photographie von Dr. Kriz.

welche vom Ingenieur Putic aus der Tiefe des schauerlichen Schlundes der Gradisnica gelegentlich der geodätischen Aufnahme dieser im Ganzen 225 Meter tiefen Stagenhöhle heraufgeholt worden sind. Die Bildung dieser sogenannten Tropfsteinperlen, deren Oberfläche durch die fortwährende Friction einen porzellanartigen Glanz besitzt, wurde erst vor Kurzem von einem Fachmanne beschrieben, der wohl die Durchschnitte nicht zu Gesichte bekommen hat, denn er erklärte sie für abgeriebene Steinchen, was sie, wie aus Vorstehendem ersichtlich ist, schon ihrer Structur wegen nicht sein können. Zu erwähnen wären noch die verzerrten Tropfsteine am Eingange

<sup>1)</sup> In Haidinger's „Handbuch der bestimmenden Mineralogie“, Wien 1845, wird der Vorgang bereits auf ähnliche Weise (S. 289) erklärt.

der Tomingzrotte (in der großen Neka Doline bei St. Canzian am Karste), welche ihre abnorme Form dadurch erhalten haben, daß der Wind die herabrieselnden Tropfen nach einer Seite treibt, wodurch das Wachstum anstatt nach senkrechter, in fast horizontaler Richtung erfolgt. Abgebrochene Tropfsteinröhrchen, welche im Wasser forttransportirt wurden, erhalten das Ansehen von durchlöchernten runden oder oblongen Perlen, sind aber leicht als Kollstücke erkennbar. Derlei Perlen kommen im Bergmandelloche bei Gams in Obersteiermark vor, u. zw. ausschließlich im Höhlenbache, welcher in der tiefsten Etage fließt. Derlei Perlen sind ebenfalls sehr selten.

Die Tropfsteine bilden sich sowohl an der Decke, als am Boden und an den Wänden von Höhlen und höhlenartigen Hohlräumen. In alten Bergwerken, unter den Bogen von steinernen Brücken und in Eisenbahn-Tunnels hat man schon vielfach Tropfsteinbildungen bemerkt. Die frei von der Decke herabhängenden Tropfsteine nennt man Stalaktiten, die correspondirenden am Boden Stalagmiten<sup>1)</sup>. Erstere entstehen durch das aus den Ritzen des Gesteines sickernde kalkhaltige Wasser, und beginnen stets mit einem Röhrchen von Bleistiftdicke, an dessen Ende Tropfen um Tropfen herabfällt. Aus diesem Tropfwasser, welches schon einen Theil seines Kalkgehaltes an den Stalaktiten abgegeben hat, entstehen die vom Boden emporwachsenden Stalagmiten, welche dicht, d. h. ohne den erwähnten Tropfwasser canal in der Mitte sind. Abgebrochene Stücke sind daher schon hieraus leicht zu unterscheiden, weiters durch die Form ihrer Enden, die bei den Stalaktiten mehr spitz und bei den Stalagmiten durch das Auffallen der Tropfen mehr breit auslaufen und zumeist eine kleine Vertiefung zeigen.



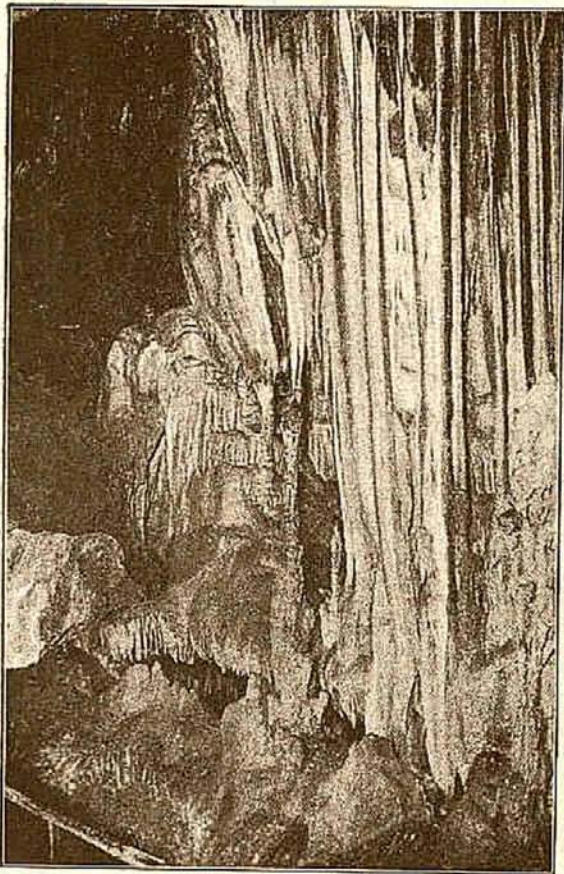
Stalagmiten in der Kronprinz Rudolf-Grotte.

An schrägen Deckenpartien rinnt der aus der Kluft herauskommende Tropfen wohl auch eine Strecke der Wand entlang, bis er an einer vorspringenden Ecke frei herabfällt. Auf seinem ganzen Wege setzt er Kalk ab und auf diese Weise bilden sich die sogenannten Vorhänge oder Draperien, die, wie der berühmte Adelsberger Vorhang, auch verschiedenfarbig gebändert aussehen können, was davon herrührt, daß, je nach der Quantität der Niederschläge, einmal mehr und ein andermal weniger fremde Bestandtheile gelöst werden oder daß das infiltrirte Wasser Felspartien angreift, welche eine andere chemische Zusammensetzung haben. Das Gleiche gilt von den Stalaktiten, Stalagmiten und Ueberwindungen an den Seitenwänden. Ihre Färbung bleibt sich nicht immer gleich und ein Stalagmit mit schalenförmiger Structur in der Höhle der Doline Kršeliška, welcher von einem Tropfsteinhändler angeschlagen und theilweise zertrümmert worden

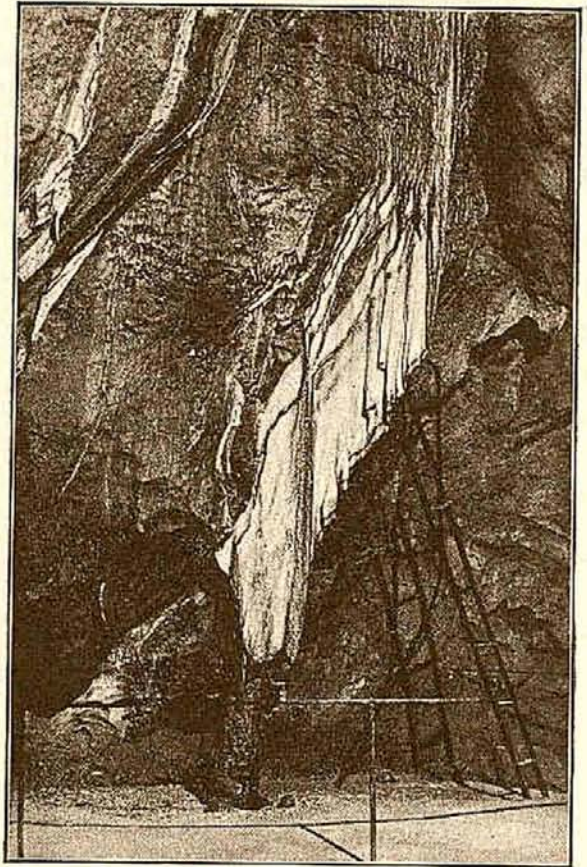
<sup>1)</sup> Stalaktiten von *σταλακτός* = tröpfelnd, und Stalagmiten von *σταλαγμός* = das Getröpfel.

ist, zeigt deutlich, daß seine Schalen in der Farbe fortwährend gewechselt haben. Diese wechselt vom Weiß in's Gelbliche bis zum Bräunlichen, wobei die weiße Färbung häufig wiederkehrt. Auch äußere Einflüsse (Staub, Rauch zc.) können die Farbe alteriren. In diesem Falle wird nur die Außenseite verunreinigt und zeigt sich bei weiterem Wachsstume diese Verunreinigung im Bruche als eine papierdünne Schichte.

Ueber das Wachssthum der Tropfsteine wurde schon viel geschrieben. Alle diesbezüglichen Berechnungen können wohl für eine bestimmte Localität richtig sein, sie dürfen aber nicht als allgemein giltiges Gesetz betrachtet werden, weil nicht nur in jeder Höhle, sondern in jeder einzelnen Partie derselben, die Bedingungen für die Tropfsteinbildung andere sind, wie schon früher nachgewiesen worden ist. Es kann dies aber nicht oft genug betont werden, weil immer wieder der Versuch aufsteht,



Borhänge in der Kronprinz Rudolf-Grotte.



Der „Borhang“ in der Adelsberger Grotte.

eine Zeitbestimmung für die Bildung einer Tropfsteinschichte von einer bestimmten Dicke zu errechnen<sup>1)</sup>.

Der gleichen Ansicht ist Karver<sup>2)</sup>. Er sagt darüber wörtlich: „Die Frage nach den Wachstums-Verhältnissen der Tropfsteine drängt sich Jedermann von selbst auf. Thatsache ist es, daß der Vorgang gegenwärtig noch vor sich geht und genau beobachtet werden kann. Es hat nun in Nr. 4 der „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde“ v. J. 1883 Herr Florian Koudelka darauf aufmerksam gemacht, daß Herr Dr. Martin Kríž in der neuen Tropfsteinhöhle in Sloup in Mähren, um das

<sup>1)</sup> Ueber Tropfsteinbildung siehe: Fuhlrott, „Die Höhlen und Grotten in Rheinland und Westfalen“, Herlohn, 1869. — Aloys, Dr. J. H., „Die Hermannshöhle bei Mübeland zc.“, Weimar, 1889. — Vogel, Dr. J. M., „Die Tropfsteinbildung in der Adelsberger Grotte“, in „Haidinger's Berichten“, V. Jahrgang, Wien, 1848, S. 7.

<sup>2)</sup> Vortrag in der Monatsversammlung der „Section für Höhlenkunde“ am 24. Februar 1886, publicirt in der „Oesterreichischen Touristen-Zeitung“, Wien, 1886, Nr. 13.

Wachsthum der Tropfsteine zu studiren, die Länge eines Stalaktiten<sup>1)</sup> auf die nahe Wand geometrisch projectirte. Zugleich bestimmte Dr. Kriz den Durchmesser des Stalaktiten an der Spitze. Es wird diese Projection einfach mit einer Stange und einer Wasserwaage ausgeführt. Beim Wachsthum des Stalaktiten wird man dann nach Jahren an dem markirten Punkte durch die Differenz des neuen Punktes von dem alten die Längenzunahme ermessen können“.

„Herr Dawkins gibt in seinem Werke: „Höhlen und die Ureinwohner Europa's“ an, daß nach gemachten Messungen in den Kalkhöhlen von Yorkshire die Zunahme der Tropfsteinschichte in einem Falle 0·24 englische Zoll in 35 Jahren, in einem anderen 0·04 engl. Zoll in einem Jahre betragen habe<sup>2)</sup>, d. i. : 0·0068 Zoll in einem Jahr und im zweiten Falle nur das Fünftel davon. Diese Messung weicht aber sehr von den Resultaten der Messungen ab, die James Farrer und Professor Phillips an einem großen Stalagmiten von 75 Centimeter Höhe, die „Fokycap“, dortselbst gemacht haben. Es ist dies eine Stelle, wo beständig Tropfen herabfallen. Diese Säule wuchs an Umfang von 1839 bis 1845 von 118 auf 120 Zoll, also in 6 Jahren um 2 Zoll. Im Jahre 1873 fand Dawkins nach 28 Jahren sie 128 Zoll, also um 8 Zoll an Umfang gewachsen. In der Höhe wuchs sie in diesen 28 Jahren um ebenfalls fast 8 Zoll, die jährliche Zunahme würde daher 0·2946 betragen. Nach diesen Messungen könnte bei gleichen Verhältnissen die Fokycap in 259, bei der zuletzt beobachteten in 100 Jahren gewachsen sein. Nach Allem ergebe sich aber, daß die Fokycap mit einer Schnelligkeit von 7·46 Millimeter per Jahr wächst.“

„Es ist aber leicht möglich, daß dieser Stalagmit nicht durch beständig gleichmäßig herabtropfendes Wasser entstanden ist, sondern durch intermittirendes, mit wechselndem Gehalt an kohlensaurem Kalk, so daß das jetzige Wachsthumsverhältniß keinen Maßstab für den früheren oder künftigen Zustand abgibt.“

„Ich bin nun in der angenehmen Lage, Ihnen ein Stück aus einer unserer Höhlen (der Adelsberger Grotte) vorzulegen, welches uns der frühere k. k. Bezirkshauptmann von Adelsberg, jetzt k. k. Statthaltereirath, Herr N. Globočnigg zugehendet hat, an dem sich Einiges studiren läßt.“

„Es ist dies ein Haken, der aus Anlaß des Besuches des Kaisers zu Beleuchtungszwecken in die Felswand eingeschlagen wurde und zwar im Jahre 1857. Derselbe wurde 1883, also nach 26 Jahren, herausgenommen und zeigte sich von einer Kalkspathschichte überkleidet, welche im Mittel 1—2 Millimeter beträgt. Es würde nach diesem Maßstabe ein Stalagmit um zu einem Meter sich zu erheben, zwischen 15.000 bis 25.000 Jahre brauchen, je nach den günstigeren oder ungünstigeren Verhältnissen, wohin ich neben der Beschaffenheit des Kalkes auch Menge und Jahreszeit des Niederschlages rechne. Sie sehen also, daß dieses Resultat von den englischen Beobachtungen ganz unglaublich abweicht, und dürfte bei weitergehenden diesfälligen Studien als Regel herauskommen, daß es eben keine Regel gibt und die Geschwindigkeitsverhältnisse im Wachsthum der Tropfsteine zwischen ganz colossalen Differenzen schwanken.“

Höchst interessant ist es, diesen Ausführungen von Farrer die neuesten Messungen von Dr. M. Kriz gegenüberzustellen, über welche er im „Jahrbuche der k. k. geolo-

<sup>1)</sup> In der Dchozer Höhle wurde ein 1·165 Meter hoher Stalagmit in gleicher Weise auf die nahe Felswand projectirt. Diesbezüglich s. auch die Fußnote in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde“, Wien 1883, Nr. 4, S. 8.

<sup>2)</sup> Siehe die Originalstelle in der Uebersetzung des angegebenen Werkes, im Capitel: „Geschwindigkeit der Stalagmitbildung“, S. 30.

gischen Reichsanstalt“, 41. Bd., Wien 1891, 3. Heft, S. 506 berichtet. Nachdem Dr. Kriz sich ausführlich über die Bedingungen der Tropfsteinbildung verbreitet hat, kommt er S. 510 zu der von Karrer erwähnten Projection des Stalaktiten von Sloup und auf mehrere andere höchst beachtenswerthe Beobachtungen. Die merkwürdigste darunter ist wohl jene, daß der Slouper Stalagmit vom 7. August 1883 bis 2. September 1891 seine Länge von 262 Millimeter ganz unverändert beibehalten hat. In der Dchozer Höhle war dagegen auf einem im Jahre 1864 errichteten Holzgeländer im unteren Theile eines der Pfähle bis zum Jahre 1882 eine drei Millimeter dicke Sinterkruste abgesetzt worden. In der Slouper Höhle wurden in einer niedrigen Strecke 1880 mehrere fielfederdicke Tropfsteinröhrchen abgebrochen, die 1891 bereits um 3—4 Centimeter nachgewachsen waren, u. s. w. Bezüglich des Zeitaufwandes berechnet Dr. Kriz jene, die zur Bildung des 2·565 hohen (unterer Umfang 1·520 Meter) Stalagmiten erforderlich war, der ein hervorragendes Object in der neuen Grotte von Sloup ist und die „Denksäule“ genannt wird. Das Resultat ergibt 3760 Jahre.

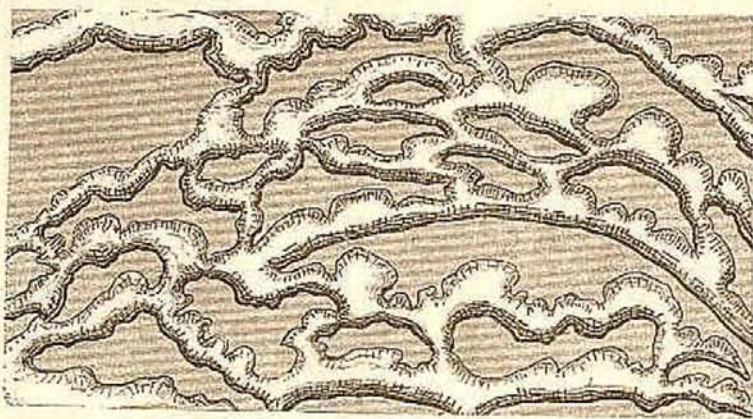
Die Methode, nach welcher Dr. Kriz vorging, garantirt die möglichste Genauigkeit. Durch Zählung der Anzahl der Tropfen, welche von einem bestimmten Stalaktiten im Verlaufe der verschiedenen Jahre und Jahreszeiten herabfielen, fand er einen Mittelwerth von 190 Tropfen in 1000 Secunden, was nach der vorgenommenen Messung<sup>1)</sup> eine Menge von rund 630 Liter Tropfwasser im Jahre ergab. Durch Abdampfung des Tropfwassers wurden aus einem Liter Wasser durchschnittlich 15 Gramm fester, unorganischer Rückstände gewonnen, was für die gesammten 630 Liter 9·450 Gramm ergibt. In 1000 Jahren können sich also im Maximum 94½ Kilogramm Tropfstein absetzen. Das specifische Gewicht wurde im Mittel der angestellten Versuche mit 2·277<sup>2)</sup> gefunden, und dieses diente zur Berechnung des Gewichtes des kubischen Inhaltes der vorerwähnten Tropfsteinsäule (Denksäule in der Slouper Höhle) und der Zeit, welche erforderlich war, um diese Menge von Kalccarbonat abzusetzen.

Alle diese Versuche, dem Wunsche des großen Publicums zu entsprechen und zum Mindesten eine annähernd richtige durchschnittliche Zeit für die Bildung einer Tropfsteinschichte von bestimmter Dicke zu errechnen, müssen als gescheitert betrachtet werden. Die Ansicht, daß in Folge der zahlreichen, die Tropfsteinbildung beeinflussenden Haupt- und Nebenbedingungen, der Absatz von Tropfstein nicht nur in den einzelnen Höhlen, sondern auch in den verschiedenen Theilen derselben ein ungleicher sein müsse, kann daher als begründet betrachtet werden. Das Schlußergebnis, daß die Zeitbestimmungen für das Wachsthum der Tropfsteine unmöglich richtige Durchschnittszahlen ergeben können, dürfte Manchen enttäuschen. Höchstens könnte man für bestimmte Stalaktiten oder Stalagmiten (wie es auch bereits geschehen ist) durch Beobachtung die Menge errechnen, um welche sie sich innerhalb einer größeren Zeitperiode vergrößert haben, aber auch diese Rechnung hat nur einen problematischen Werth, weil sie weder Schlüsse auf die Vergangenheit noch auf die Zukunft gestattet, nachdem die Bedingungen des Wachsthums sich fortwährend ändern.

1) 2750 Tropfen füllten den verwendeten Meßcylinder.

2) In Dr. C. F. Naumann's „Elemente der Mineralogie“, Leipzig 1871, ist das specifische Gewicht des Calcit mit 2·6—2·8 angegeben, jenes des reinen Kalccarbonates mit 2·72. Mohs gibt im zweiten Theile seiner „Naturgeschichte des Mineralreiches“ (Physiographie, bearbeitet von F. A. M. Zippe), Wien, 1839, ein noch größeres specifisches Gewicht (2·93) an. Die Tropfsteine der Slouper Höhlen scheinen daher Bestandtheile zu enthalten, welche das specifische Gewicht vermindern, wenn bei der Gewichtsbestimmung die gleiche Methode angewendet worden ist.

Unter den Tropfsteingebilden, welche den Boden bedecken (Sinterdecken und Stalagmiten), muß auch ein mitunter ganz reizendes Gebilde erwähnt werden, welches Rillen bildet, die kleine Wassertümpel umschließen. Hochstetter erwähnt solche in seiner Arbeit über die Kreuzberghöhle und bringt auch Abbildungen davon. Nach Hochstetter sind sie mit Sand theilweise gefüllte Vertiefungen, die mit Kalksintergebilden umschlossen sind und die terrassenförmig übereinander aufgebaut sind. Ganz gleiche Erscheinungen kommen auch in vielen anderen Höhlen vor. Sehr schön entwickelt sind sie in den Grotten von Castua, in der neuen Fortsetzung der Mariannengrotte (Adelsberger Grotte) und in den französischen Höhlen von Badirac und Saint Margel. Ein Prachtstück ist auch der Brunnen in der Brunnengrotte von Sanct Canzian (Kefahöhlen). Wo die vollkommen ausgebildeten Calcitkrystalle, welche sich auf kalkiger Unterlage mit schwach geneigter Fläche oder in Tümpeln von Tropfwasser zu bilden



Sinterbecken in der Kreuzberghöhle nach Hofrath von Hochstetter. (Grundriß.)

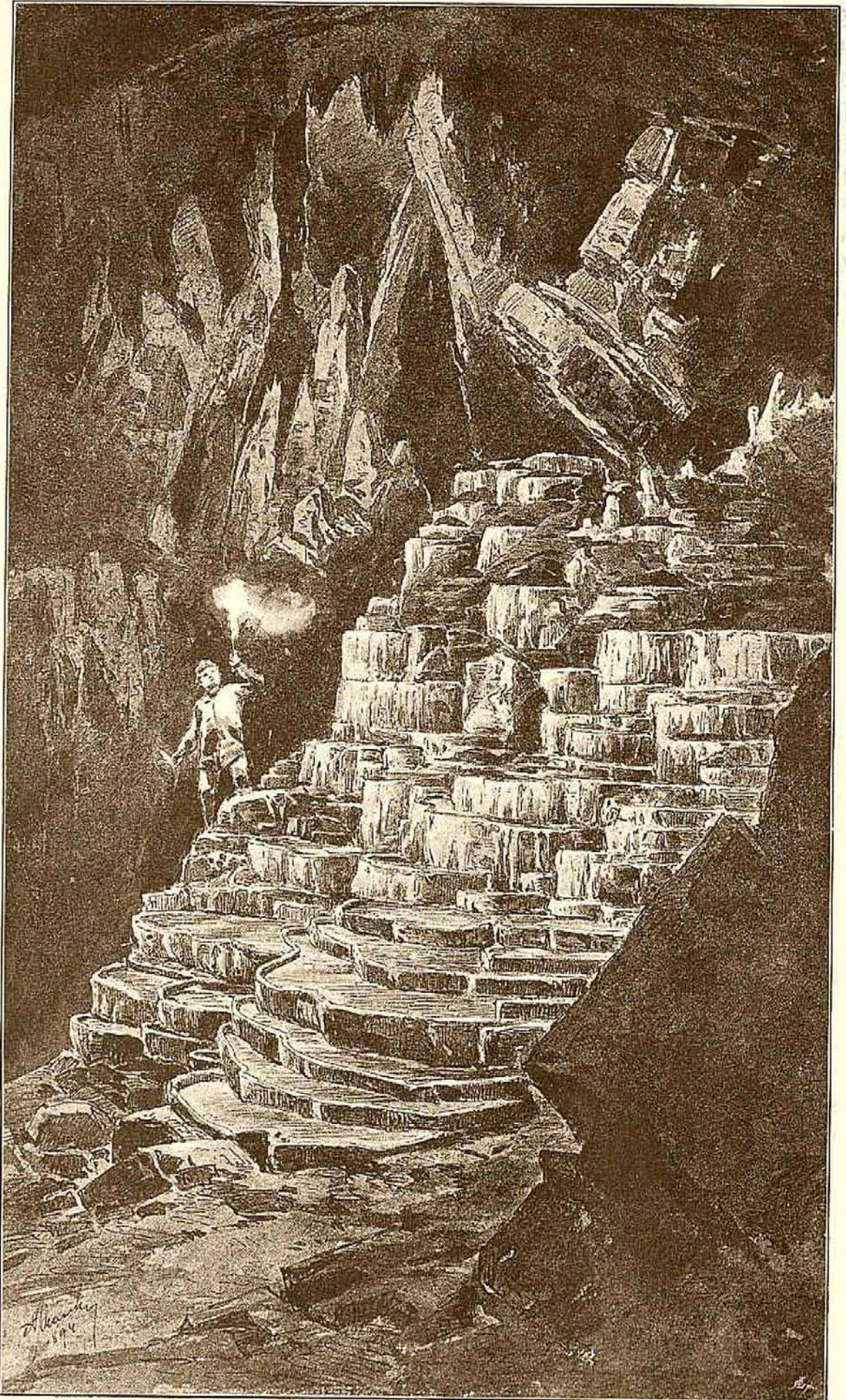
pflegen, noch keine merkbaren Aufbaue erzeugt haben, bemerkt man ihre Existenz jedoch sogleich durch das knisternde Geräusch, welches die brechenden Krystalle unter den Füßen verursachen, sobald man eine solche Stelle betritt. Zumeist sind die



Sinterbecken in der Kreuzberghöhle (Durchschnitt).

kleinen Becken mit Tropfwasser gefüllt, welches beim Verdunsten den Kalkgehalt in Krystallform absetzt. Martel nennt diese Gebilde „Gours“.

Wenn man unter den annähernd horizontalen trockenen Grotten eine Unterscheidung machen wollte, so könnte sie nur darin bestehen, daß man die ziemlich ebenen von den unebenen trennt. Eine vollständige Horizontalität kommt übrigens nicht vor; wo sie existirt, ist sie durch nachträglichen Absatz von Sedimenten erzeugt worden, wie bei der Skednenca (Dreschtenne) im Scheiderücken zwischen dem Planina-thale und der Laibacher Ebene, wo die ebene Strecke durch Lehmsabsatz zeitweise stagnirenden Wassers, welches langsam versickert, gebildet worden ist, während die nicht von Sedimenten bedeckten Theile uneben geblieben sind. Auch die Becyskala-Höhle bei Brünn ist durch Höhlenlehmsabsatz annähernd geebnet. Die Adelsberger Grotte ist in der ganzen Strecke, welche die Rollbahn durchfährt, wegen dieser Anlage künstlich geebnet worden, in der Parallelstrecke jedoch führen die Wege bergauf und bergab. Die Ursache dieser Unebenheiten sind zumeist die Trümmerhaufen, welche von Deckenbrüchen herrühren. Die Vertiefung in der Mariannengrotte entstand



Inneres der Brunnengrotte.

dagegen durch Abschwemmung einer Lehmanfammlung, welche dort gelagert war. Man erkennt dies aus dem auffallend aussehenden Stalagmiten, welcher das Zelt genannt wird, dessen oberer Theil sich auf dem einstigen Lehmniveau ausgebreitet hat und der nun über seine Unterlage vorspringt. Für diese Abschwemmung bot eine gegen N. W. abzweigende Seitenkluft genügenden Raum. Diese mag eine zeitlang verstopft gewesen sein und sich später wieder geöffnet haben. Der Beweis hierfür sind auch die unterwühlten und umgestürzten Stalagmiten im nicht gangbar gemachten Theile der Mariannengrotte, welche zeigen, daß nach einem Stadium der Ruhe ein Wasserlauf sich Bahn gebrochen und die Lehmunterlage der Stalagmiten weggeschwemmt hat. Der Fuß des „Zeltes“ konnte nicht angegriffen werden, weil er mit dem anstehenden Gesteine verwachsen war.

Nachdem aus Wasserhöhlen trockene Tunnelhöhlen entstanden sind, so muß stets ein gewisses Gefälle vorausgesetzt werden und aus diesem erkennt man noch heute die Richtung, welche der einstige Wasserlauf genommen hat. In der Grotte von St. Marcel geht das Gefälle nach dem Eingange zu. Sie war also eine Speihöhle (Quellenmündung), die Adelsberger Grotte war aber stets ein Wasserschlinger, weil die Richtung ihres Gefälles vom Eingange bergewärts führt. Auch bei den derzeit trockenen Gängen der Adelsberger Grotte liegt dieses Verhältniß vor und man kann noch die Wege nachweisen, welche das Wasser einst genommen hat, von denen es durch die großen Einstürze der „Jerzanova Dolina“ hinter dem Kalvarienberge und später der Doline „stara apnenca“ in die jetzige Wasserhöhle gedrängt worden ist. Die in der Nähe des Vorhanges abzweigenden wilden Seitengänge dürften dagegen Seitenzuflüsse zugeführt haben, die von den localen Niederschlägen herrührten und die durch Schlünde zugeflossen sind. Einer dieser Gänge läßt sich bis zu seinem Ende verfolgen, welches in einen steilen Schlot übergeht, der deutliche Frostionspuren zeigt. Im vorderen Theile dieses Ganges gibt es auch Schlote, es gibt dort jedoch viel Verbruch, hinter dem möglicherweise noch eine Fortsetzung nach anderer Richtung hin liegen kann.

Nachdem die trockenen Höhlen zumeist nur Bruchstücke einstiger größerer Wasserhöhlen sind, so ist es auch nur selten möglich, sie bis an ihr früheres Ende zu verfolgen, weil gewöhnlich eine Verbruchstelle oder eine Vertropfung (Verwachsung durch Tropfstein) der weiteren Erforschung ein Ende macht. Wasserhöhlen, welche nicht durch Syphons oder durch nachträgliche Einstürze unzugänglich sind, beginnen im höheren Niveau mit einem Wasserschlinger und enden mit einem Wasserspeier. Es gibt aber auch Wasserhöhlen, welche nur zur Abfuhr der localen Niederschläge dienen, welche ihnen durch zahlreiche Klüfte, Spalten und Schlote zukommen (Martel nennt sie Drainagehöhlen). Selbstverständlich nehmen auch die Durchflußhöhlen ebenfalls die localen Niederschläge mit auf. Nach der Theorie sollten die aus den Wasserhöhlen entstandenen trockenen Grotten ähnlich geformt sein, allein die Ursachen, welche ihnen das Wasser entzogen haben, bewirkten gewöhnlich eine partielle Formänderung, durch welche die Verfolgung zumeist unmöglich gemacht wird, wenn auch zugestanden werden muß, daß in einzelnen Fällen eine Wiederherstellung der unterbrochenen Communication technisch durchführbar sein kann, die aber nur in seltenen Fällen die dafür aufzuwendenden bedeutenden Kosten verlohnt. Eine solche Wiederherstellung einer durch eine Schichtenbewegung unterbrochenen Verbindung der Kaiser Franz Josef mit der Kaiserin Elisabethgrotte wurde im Jahre 1856, und jene durch die engen Passagen am Ende der Tartarusgrotte wurde 1892 künstlich hergestellt.



Erweiterungen ähnlicher ungangbarer oder unbequemer enger Passagen sind übrigens in vielen Höhlen vorgenommen worden, die entweder vom Publicum als Sehenswürdigkeiten besucht werden, oder wo man gewisser Fundstücke wegen genöthigt war, den Durchgang zu erweitern oder die eingeschwemmten Materialien zu entfernen.

In Tropfsteinhöhlen pflegen zumeist gerade die werthvolleren Reste der diluvialen Fauna tief im Boden vergraben zu liegen. Ueber die Schotter und Sedimentschichten hat sich da an vielen Stellen noch eine Tropfsteinschichte ausgebreitet (von einzelnen Schriftstellern auch Travertinschichte benannt), welche die darunter liegenden Materialien vor weiterer Umschwemmung schützt und die zugleich durch luftdichten Abschluß die eingeschlossenen Knochenreste vor weiterer Zersetzung bewahren hilft. In der großen Gailenreuther Höhle findet man Knochen auch noch in der Tropfsteinschichte eingeschlossen. Das in der Literatur vielfach erwähnte „vertropfte Skelett“ in der alten Grotte von Adelsberg (einem Seitengange, der vom großen Dome abzweigt, der heutzutage jedoch nicht mehr besucht zu werden pflegt) scheint mehr eine Ausgeburt der Phantasie zu sein, welche stets bestrebt ist Schauerliches in Höhlen zu finden. Die Ueberfinterung des Bodens dehnt sich oft auf weite Strecken aus, wo ein festerer Untergrund vorhanden ist, manchmal aber kommt es sofort zur Stalagmitenbildung. Wo durchlässiger (etwas erdiger) Höhlenlehm den Boden bildet, tritt der merkwürdige Fall ein, daß sich Stalagmiten bilden, welche nicht tief in den Lehm hinabreichen und so lose darin stecken, daß man sie mit leichter Mühe herausziehen und an ihren Platz wieder zurücksetzen kann. Die Tiefe der Grübchen im Lehme entspricht der Fallhöhe der Tropfen. Das obere Ende hat dann die typische Stalagmitenform während das untere unregelmäßig und spitz zulaufend ist.

Sehr effectvoll sind auch die sogenannten Fransen aus Tropfstein, welche an längeren Klüften sich zu bilden pflegen. Es sind dies dicht aneinandergereihte Tropfsteinzapfen (Stalaktiten), die mit der Zeit jedoch diese Einzelstellung verlieren und sich entweder zu Draperien (Vorhängen) oder zu größeren Stalaktiten vereinigen. Eine solche Fransenbildung hat Hofrath von Hauer in seiner Arbeit über die Krausgrotte<sup>1)</sup> beschrieben. Die Kluft, welche die Fransenbildung ermöglichte, reicht quer über die Decke eines Seitenganges und ist trotz des Tropfsteinabsatzes längs desselben noch deutlich erkennbar.

Es muß erinnert werden, daß sich Tropfsteingrotten in allen Kalkgebirgen ohne Rücksicht auf das geologische Alter des Gesteines befinden können. Der Reichthum an Tropfsteingebilden hat aber stets die leichte Löslichkeit des Gesteines zur Voraussetzung und es ist daher nicht zu wundern, wenn die in den weichen Kalken der Kreideformation liegenden Höhlen großartigere Gebilde enthalten, als die weit schwerer löslichen (weil dichteren) Kalle der Lias- und Triasformation. Dagegen befinden sich wieder in den devonischen Kalken, die weit älter sind, sehr reich ausgekleidete Tropfsteinhöhlen, weil eben die Gesteine verhältnißmäßig leicht zersetzbar sind. Stets aber müssen auch die anderen Bedingungen, welche für die Tropfsteinbildung erforderlich sind, vorhanden sein, wenn eine reichere Auskleidung vor sich gehen soll.

In manchen Höhlen findet man die ganze Decke mit Tropfstein überzogen. Gewöhnlich nimmt man an, daß diese Ueberrindung eine Art von Schutz gegen Deckenbrüche gewähren müsse. Das ist aber nicht immer der Fall, denn es gibt auch Höhlen, in denen riesige Stalaktiten den Boden bedecken, während sie an der Decke

<sup>1)</sup> Siehe das Capitel: Corrosionshöhlen.

fehlen. Das „goldene Gatterl“ bei Gmunden (in Oberösterreich) ist ein Beweis, daß die Tropfsteinrinne die Decke nicht schützt, denn der ganze einstige Schmuck des hohen Innenraumes liegt zerbrochen am Boden. Dasselbe ist im vorderen Theile des gothischen Domes der Poikhöhle (Piuka jama bei Adelsberg) der Fall, während das Ende desselben noch zahlreiche Gebilde enthält, worunter auch lose im Lehm steckende Stalagmiten.

Nicht alle trockenen Grotten im Kalkgebirge haben Tropfsteinschmuck. In vielen ist derselbe nur geringfügig, in anderen fehlt er ganz. Die Höhlen des Dachsteinplateaus sind zumeist tropfsteinleer.<sup>1)</sup> In senkrechten Schlundhöhlen kommt es überhaupt zu keiner Tropfsteinbildung, weil das Wasser zu rasch abschießt. (Von diesem wird im nächsten Capitel ausführlicher die Rede sein.)

Die Auskleidungen der trockenen Grotten beschränken sich nicht auf Tropfsteine allein. Die Krausgrotte enthält z. B. Ueberzüge von krystallisiertem pseudomorphen Gips an der Decke und Hauswerke des gleichen Mineralen am Boden. Die Höhlen des Büdöstö in Siebenbürgen enthalten Schwefelkrystalle, auch Salze trifft man in Form von sogenannten Ausblühungen in trockenen Höhlen an. Alle diese Gebilde sind jedoch, wie Daubrée es nachgewiesen hat, durch den Einfluß des Wassers oder von Dämpfen entstanden. In der Geschichte der Umbildung der festen Rinde unserer Erdkugel spielt bekanntlich das Wasser die bedeutendste Rolle. Häufig kann man die Spuren seiner langsamen Thätigkeit nur dadurch nachweisen, daß man erst die Ergebnisse von Jahrtausenden als von ihr herrührend erkennt, während jene von Decennien sich unserer Beobachtung entziehen. Der Höhlenbildungsproceß und jener der Umformung der Höhlen nehmen aber oft wieder einen so raschen Verlauf, daß die Veränderungen weniger Jahre an einzelnen Orten schon bemerkbar werden.

Die Luft in den trockenen Grotten ist zumeist respirabel, es kommen aber auch Fälle vor, daß irrespirable Gase in ihnen enthalten sind, und zwar entweder nur zeitweise oder permanent. Nicht nur in Höhlen im vulkanischen Terrain, wo derlei Gasexhalationen erklärlich wären, sondern auch in Kalkhöhlen kommen irrespirable Gase vor. Es sind dies Höhlen, in denen entweder die Lusterneuerung eine sehr langsame ist oder in welche Gase aus benachbarten gasführenden Schichten (Kohlenlagern zc.) durch Spalten oder Klüfte eindringen können. Martel fand in der Basalthöhle „Creux de souci“ Kohlenäure. Das Vorkommen von Stickgasen in der vielbeschriebenen Hundsgrotte bei Neapel ist bekannt. Minder bekannt sind die irrespirablen Dämpfe in den Schwefelhöhlen am Büdös in Siebenbürgen und die Höhle bei Ribar nächst Neusohl (Ungarn), in welcher nach Rosenmüller „giftige Gase“ vorkommen sollen. In einer reinen Kalkhöhle (am Grunde des Gouffre de Roque de Corn) fand Martel weitab von allen Eruptivgesteinen Kohlenäure. Minder beglaubigt ist die von Schaubach<sup>2)</sup> nach Steiner erwähnte Nachricht, daß auch das Höllenloch (oder Teufelsloch) bei Anzenau (Oberösterreich) die Eigenschaft der Hundsgrotte besitzen soll. J. Ritter von Schröckinger-Neudenburg äußert sich hierüber in seinem Buche: „Reisegefährte durch Oberösterreichs Gebirgsland“ (Linz 1860) folgendermaßen: „Was in mehreren Reiserwerken von der Verschiedenheit der Luftschichten, Schädlichkeit der Wasser in der Höhle u. dgl. geschrieben wurde, fand ich gelegentlich einer geognostischen Untersuchung

<sup>1)</sup> Der Mangel einer Bedeckung der Oberfläche durch Humus, der nicht nur die Meteorwasser kohlenäurereicher macht, sondern auch den Infiltrationsproceß verlangsam, erklärt die Erscheinung zur Genüge.

<sup>2)</sup> „Die deutschen Alpen“, III. Theil, Jena 1846, S. 309.

derselben gänzlich ungegründet.“ Wahrscheinlich rührt das Vorurtheil davon her, daß einzelne Besucher mit Beleuchtungskörpern versehen die Höhle betreten haben, die nicht nur viel Rauch entwickelten, sondern auch in dem tiefer gelegenen engeren Raume der schlecht ventilirten Höhle viel Sauerstoff consumirt haben. Daß auch in diesem Theile die Luft nicht unathembar sei, wurde übrigens später auch von Professor Mühlbacher (derzeit in Leoben) bestätigt, welcher die Höhle in allen Theilen erforscht und einen genauen Plan derselben aufgenommen hat. Eine zeitweise Verschlechterung der Luft durch größeren Aufwand von Beleuchtungsmitteln wurde auch in der berühmten Kronprinz-Rudolf-Grotte bei Divacca mehrmals, und zwar stets nur am tiefsten Punkte beobachtet. Man bemerkt diese nur an dem matten Brennen der Kerzen. Zu einer förmlichen Sticlust kann es aber wegen der bedeutenden Ausdehnung der Räume nicht kommen, weil die oberen Luftschichten Sauerstoff genug enthalten, der den verbrauchten bald wieder ersetzt. Auch von der Baumannshöhle liest man in älteren Werken, daß sie Stickgase enthalten soll, was jedoch ebenso wenig zutrifft, als wie beim Höllenloch nächst Anzenau.

Die Temperatur in den Höhlen bewegt sich zwischen weit geringeren Extremen als die Außentemperatur, was ganz einfach daher rührt, daß im Sommer die Sonnenwärme nicht eindringen kann und daher nur Schattentemperaturen herrschen können, während die Winterkälte ebenfalls durch die Gesteinstemperatur reducirt wird, welche der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Höhenlage entspricht. Von dieser Regel weichen nur wenige Höhlen ab, die entweder abnorm hohe oder abnorm niedrige Temperatur besitzen. Erstere rühren von Dämpfen oder heißen Wässern her, die durch Spalten und Klüfte in die Höhle gelangen. Die erst 1849 entdeckte Grotte Monsumano im Val de Nievole in Toskana liegt in einer das Gestein fast senkrecht durchsetzenden Bruchspalte. Der Grottenraum, welcher eine Lufttemperatur von  $+36^{\circ}$  C. besitzt, ist für Heilzwecke adaptirt worden. Zeitweise wird der ganze, bei 200 Meter lange, zugängliche Raum der Höhle vom heißen Wasser bis zum Ueberlaufen erfüllt, und sie bleibt dann durch einige Zeit unzugänglich. Eine minder bekannte Heißlufthöhle soll sich übrigens auch in Krain in der Umgebung von Sagor befinden. In Meyer's „Deutsche Alpen“, östlicher Theil, S. 540, heißt es, daß sich die Höhle in der Nähe des Schlosses Galenegg befindet, welches in der Mediaschlucht  $1\frac{1}{2}$  Wegstunden vom Dorfe Sagor liegt. Ein fachmännischer Bericht über diese Naturmerkwürdigkeit liegt nicht vor.

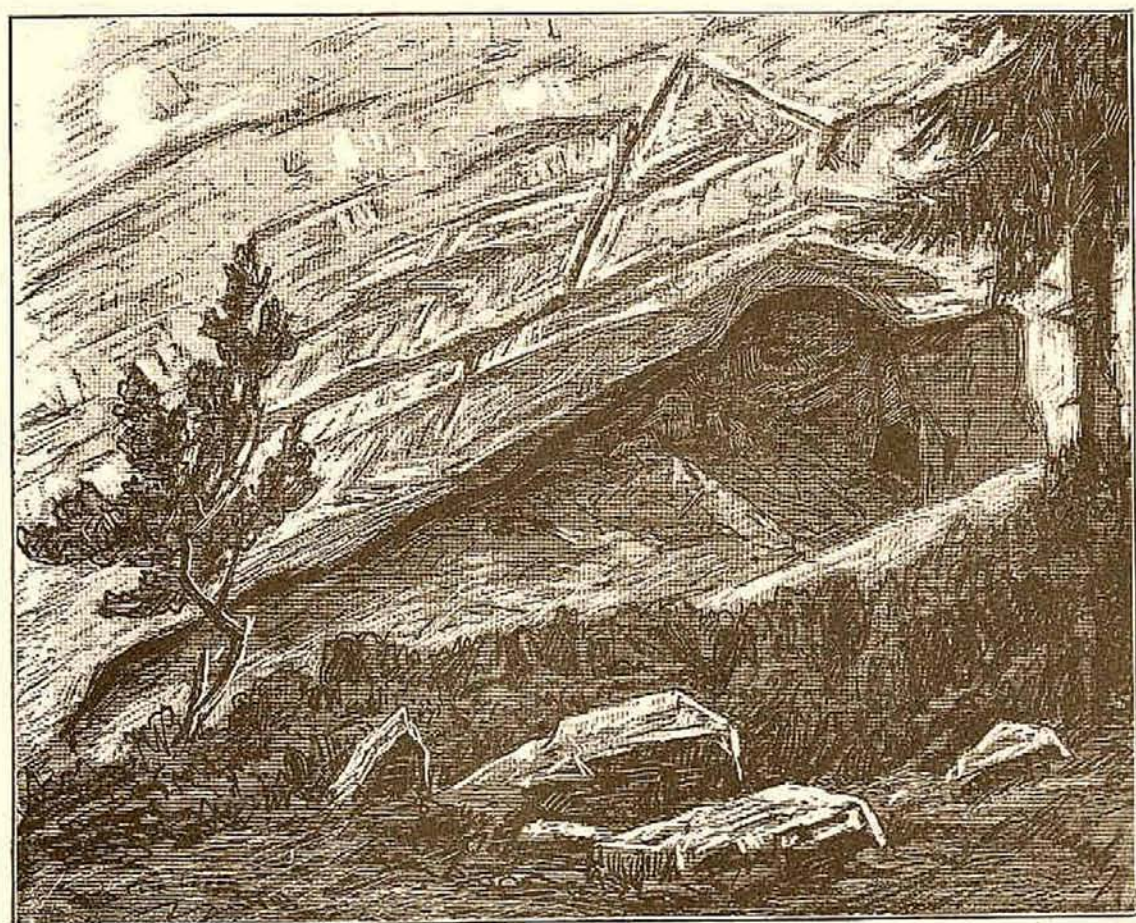
Die Höhlen mit abnorm niedrigen Temperaturen sind etwas häufiger, als die Heißlufthöhlen, ihre Zahl ist aber trotzdem eine verschwindend kleine gegenüber der Anzahl von Höhlen mit normalen Temperaturen. Die kalten Höhlen werden ausführlich in einem eigenen Capitel behandelt werden.

#### D. Nischenhöhlen oder Halbhöhlen und Felsbrücken.

Die Bildung der nischenartigen Halbhöhlen, welche Frumirth (wohl nach Analogie der künstlich imitirten Garten-Grotten) als die eigentlichen Grotten bezeichnet, kann auf verschiedene Art erfolgen. Wohl die meisten darunter dürften durch Wellenschlag, (Brandung) erzeugt worden sein, wenn sie auch heute in einem Niveau liegen, in dem diese Erklärungsart wenig plausibel erscheinen mag. So liegen beispielsweise 100 Meter

über der heutigen Sohle des Gamserthales<sup>1)</sup>, eine Reihe von Halbhöhlen, und kleineren Nischen, in einer deutlich ausgeprägten Strandlinie. Eine davon ist groß genug, um für etwa zehn Personen Unterstand zu bieten. Auch im bayerischen Jura kommen zahlreiche Halbhöhlen vor, deren Entstehung Professor Gümbel dem Einsturze von größeren Höhlen, oder localer Erosion zuschreibt.

Bei solchen Thälern, welche nach der Theorie von Dawkins durch Einbrüche von Höhlendecken sich gebildet haben, wäre es nicht zu wundern, wenn einzelne Ueberreste der einstigen Höhle als nischenartige Vertiefungen zurückbleiben würden, nota bene wenn die durch den Abbruch erzeugten Steilwände noch intact, und nicht etwa durch Verwitterung abgehöcht sind, weil dann durch die vom Gehänge abgelösten Bruchstücke

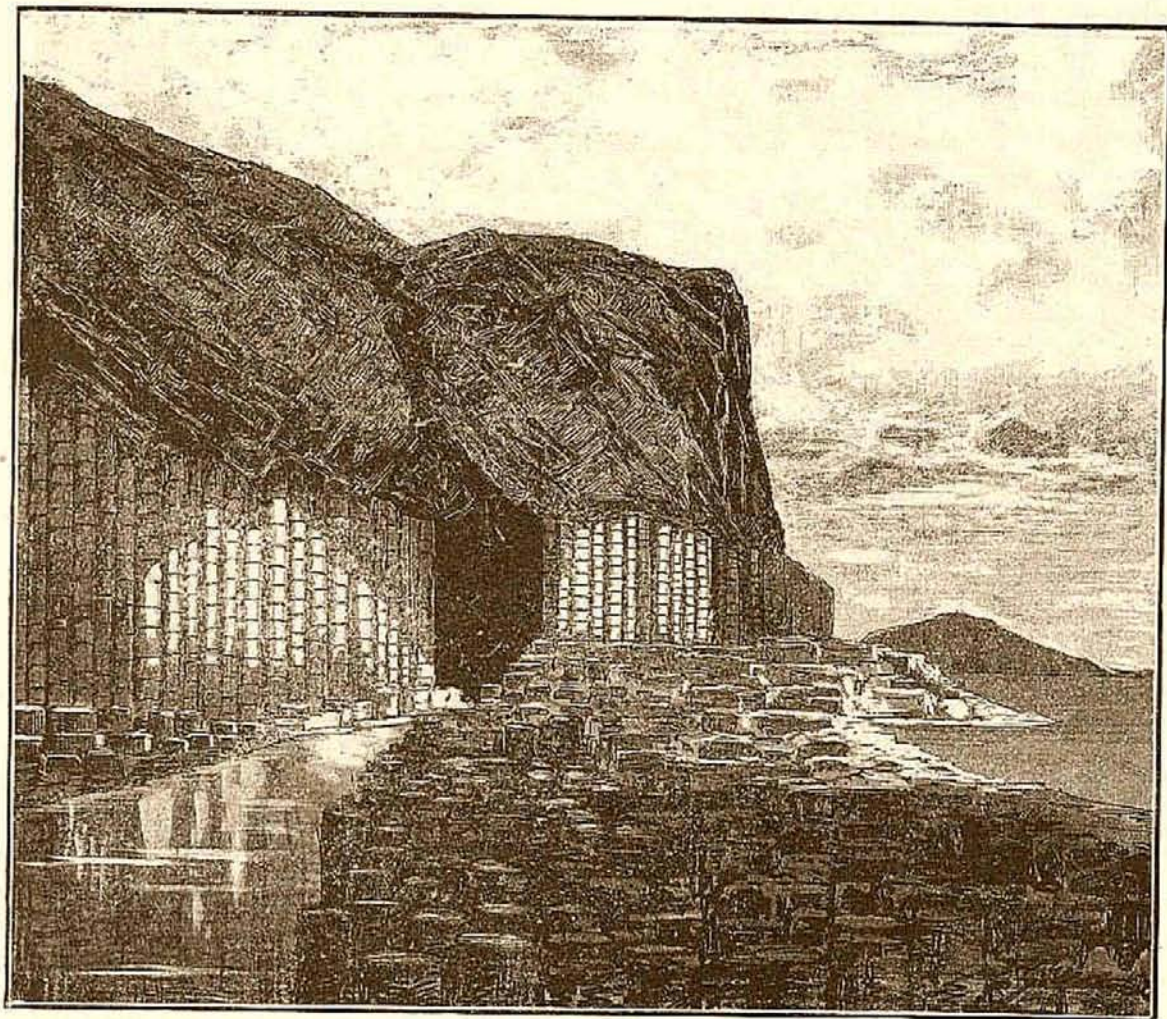


Gohler Stein im Krautgarten (Madmerer-Thal in Steiermark).

der Eingang der Höhle verschüttet worden wäre. Es wären daher vor Allem als Hauptursachen für die Bildung von Halbhöhlen der Einsturz größerer Höhlen und die Brandung zu betrachten. Es gibt jedoch eine dritte Art von Halbhöhlen, welche zumeist in Conglomeratwänden vorkommen, und diese sind die durch Wind erodirten, die zahlreich in den Diluvialschotterterrassen in Nordsteiermark zu finden sind, welche durch den Ennsfluß durchrissen wurden. Daß diese zumeist mehr nach der Breite als nach der Höhe entwickelten Halbhöhlen der Windwirkung ihre Existenz verdanken, ist erst nach dem Baue der Kronprinz Rudolf-Bahn, durch die mit der Bahnerhaltung betrauten Ingenieure bekannt geworden. Durch die Winde werden nämlich in den einspringenden Ecken der Wände des wenig festen Diluvialconglomerates Sandkörner

<sup>1)</sup> Ungefähr 600 Meter über dem Meeresniveau.

und kleine Steine aus den weicheren Bänken losgelöst; größere Steine werden dadurch locker und kollern nach, bis eine ganz ansehnliche Vertiefung entsteht, deren Decke eine festere Bank bildet. Derlei Höhlen entbehren aber eines ebenen Bodens. Es ist nun häufig vorgekommen, daß solche weit vorspringende Decken abgebrochen, und auf den Bahnkörper herabgestürzt sind, weshalb sie jetzt abgesprengt zu werden pflegen, noch ehe sie eine Ausladung erhalten haben, welche gefährlich werden könnte. Die Sache ist übrigens nur in engem Kreise bekannt, sie verdient aber wohl erwähnt zu werden, weil sie beweist, daß der Natur mannigfaltige Mittel zu Gebote stehen, um eigenthümliche Gebilde zu erzeugen, und sie auch wieder zu zerstören. Daß der Wind erodirend wirkt, ist eine längst bekannte Thatsache. Diesbezüglich siehe: Günther's

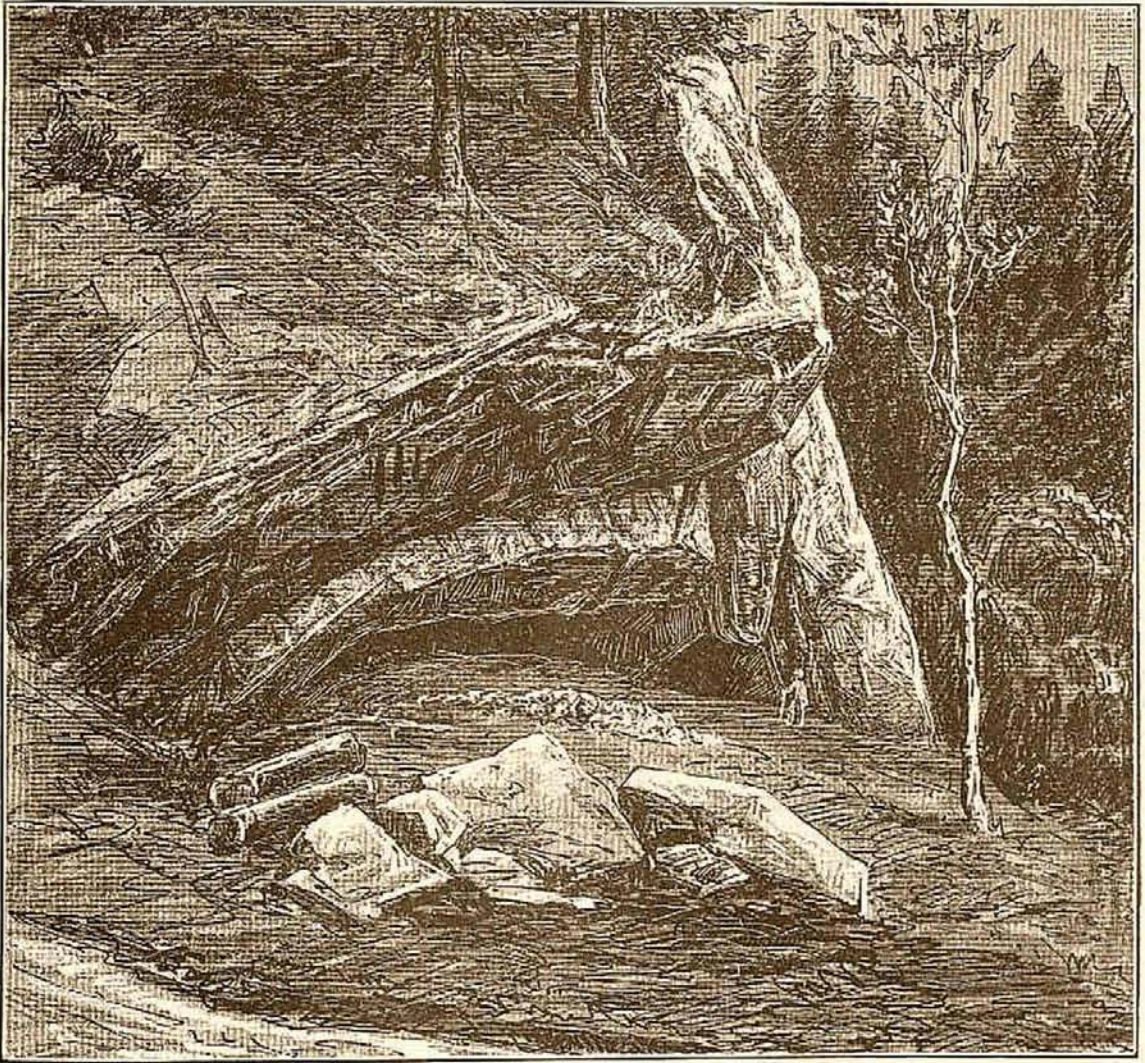


Fingal'sgrotte auf Staffa.

Lehrbuch der physikalischen Geographie (Stuttgart 1891) S. 415. Daß der Wind auch höhlenbildend wirken kann, dürfte jedoch minder bekannt sein.

Eine vierte Entstehungsart erwähnt Frurwirth (l. c. S. 117) nach Łóczy, der sie seitliche Höhlen nennt. Diese Art dürfte, wenn sie überhaupt vorkommt, zu den allerseltensten Entstehungsarten gehören. Łóczy geht von der Existenz eines geschlossenen Blasenraumes aus, der durch eine Thalbildung entzweigeschnitten wird. Derlei Blasenräume sind, wie im IV. Capitel bereits nachgewiesen worden ist, in krystallinischen Gesteinen möglich, in sedimentären aber sind sie undenkbar. Allerdings ist die ältere Ansicht der Gelehrten von der Meinung ausgegangen, daß alle Höhlen sich mit dem Gesteine zugleich gebildet haben, in dem sie vorkommen, allein bei klastischen Gesteinen

ist gerade das Gegentheil der Fall, und die Existenz von Blasenräumen in sedimentären Gesteinen ist ein Ding der Unmöglichkeit. Alte, ursprüngliche Riffhöhlen sind längst zu Erosionshöhlen umgebildet worden, und so tief unter der Oberfläche liegende Blasenräume wie sie die Theorie Bóczy's verlangt, müßten längst durch mineralischen Absatz ausgefüllt, zu Calcitnestern geworden sein; denn daß keine einzige Spalte mit ihnen communicirt, ist wohl kaum anzunehmen. Die Bildung von Halbhöhlen auf diesem höchst ausnahmsweisen Wege erklären zu wollen, ist gar nicht nöthig, weil es andere, weit einfachere und natürlichere gibt, die für die Erklärung dieser Bildungen vollkommen ausreichen. Als ausnahmsweise Möglichkeit kann diese Art immerhin angeführt werden.

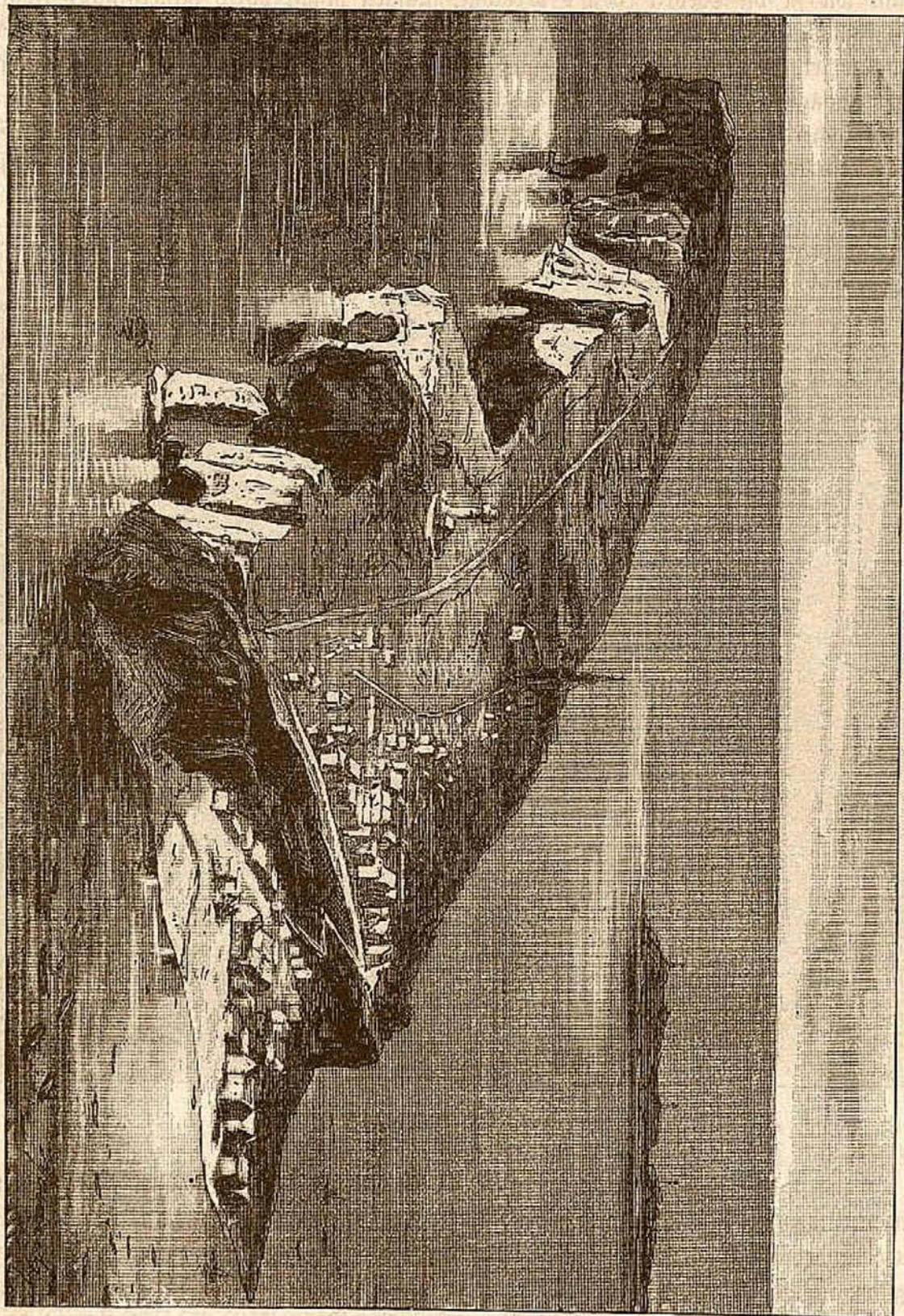


Gamsöfen im Kettenbachthale in Oberösterreich.

Zwei Höhlen, welche ebenfalls zu beiden Seiten des Thales jedoch in verschiedenem Niveau angeordnet sind, und die vor der Austiefung des Thales höchst wahrscheinlich mit einander communicirt haben, liegen in dem obersteirischen Thale von Radmer, im engsten schluchtartigen Theile. Sie sind derzeit durch die Straße, den Bach und durch einen Trümmerberg von einander getrennt. Die größere, tiefer gelegene heißt „Hohler Stein“, die kleinere oberhalb der Straße gelegene ist namenlos. Beide sind Halbhöhlen dadurch geworden, daß ihre Fortsetzung durch Trümmerwerk verlegt wurde. Das große Wildmandelloch bei Golling ist der Rest einer ziemlich steil ansteigenden Höhle, welche in einem isolirten, niederen Kalkberge liegt, der von einem

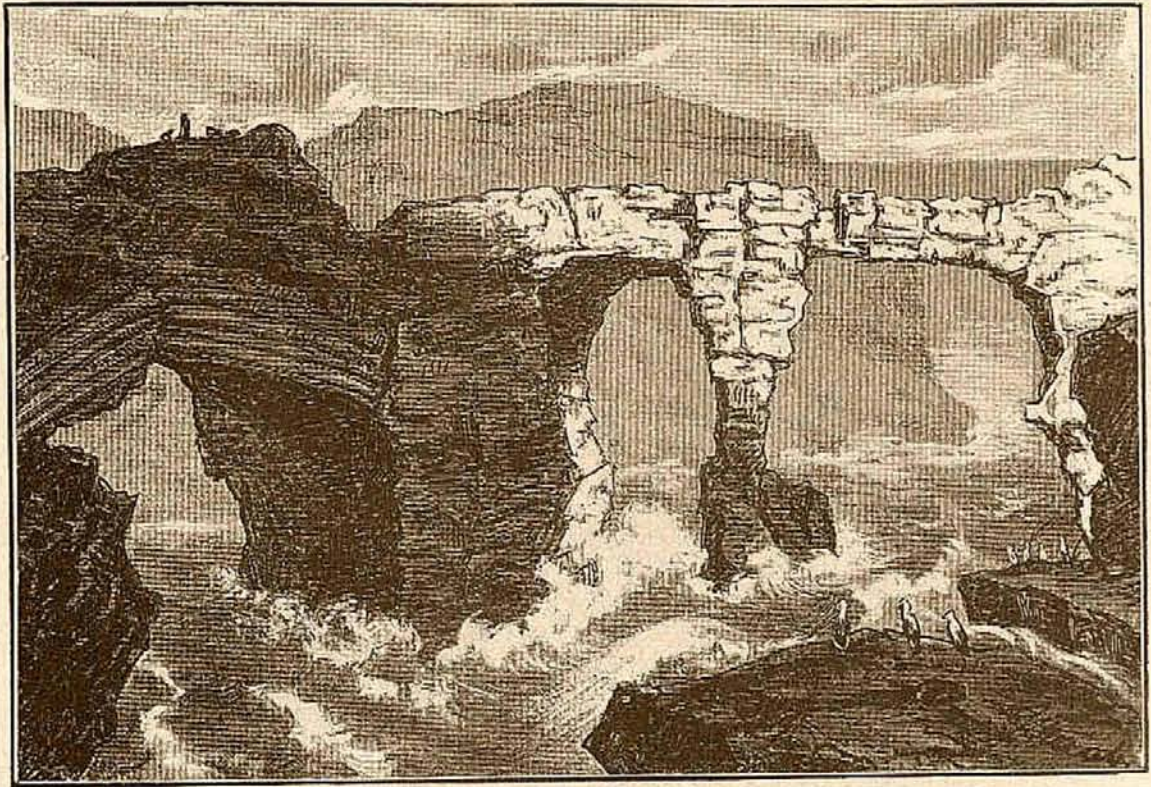
durchrissenen Querrücken übrig geblieben ist. Die Abbruchstelle zeigt eine Steilwand. Die Höhle ist stark mit Gesteinsschutt und Blöcken angefüllt, und hat außer einigen Klüften in der Decke keine sichtbare Fortsetzung. Das Wildmandelloch ist auch deshalb

Großion durch Sprengung an der Stütze von Seigolant.



interessant, weil es Spuren einstiger Fortification zeigt. Daß die Höhle bewohnt war, beweisen die Balkenlöcher in den Wänden, das Mauerwerk an der Mündung, und die Sagen, welche über dieselbe circuliren. Das nahe, jedoch etwas tiefer liegende „kleine Wildmandelloch“ ist nur eine seichte Nische, deren Entstehung den deutlichen

Erosionsspuren nach, der Brandung zuzuschreiben ist. Daß die Brandung auch größere Höhlen zu bilden vermag, beweisen: die berühmte Fingalshöhle und die minder bekannte Cormorants cave (Wasserrabenhöhle) auf der Insel Staffa (Hebriden), die Höhlen von Capri, unter denen die blaue Grotte es zu einer Weltberühmtheit gebracht hat<sup>1)</sup>, die zahlreichen griechischen Uferhöhlen wie: am Kavo grosso, bei Gargaliano, bei Navarin, und über dem Meeresniveau, als ehemalige Uferhöhlen, auch bei Korinth. Daubrée führt von französischen Strandhöhlen solche an der Meeresküste bei Dieppe, bei Treport und bei Etretat als die hervorragendsten an. Bei Piriac in der Bretagne kommen nach Daubrée auch Strandhöhlen im Granite vor. Auf der Insel Corsica soll es bedeutendere Strandhöhlen geben mit schönen Lichteffecten, ähnlich wie jene in den Strandhöhlen von Capri und von Busi.



Felsbrücke von Kilkenny, an der irischen Küste.

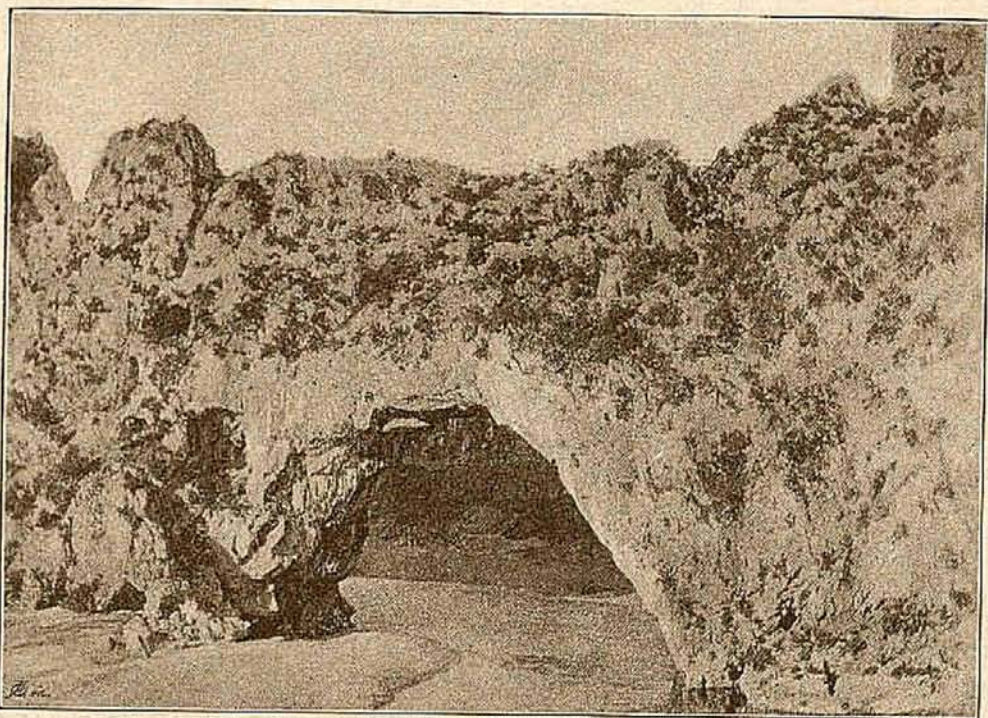
Hochgelegene Halbhöhlen, die in alten Strand- oder Uferlinien liegen, wurden bereits unter den Erosionsercheinungen mehrfach erwähnt. Die Abbildung auf Seite 89 zeigt eine solche, die hoch oben im Gebirge, etwa 300 Meter über der Sohle des Kettenbachthales in Oberösterreich, liegt. Der untere Theil zeigt noch deutliche Erosionsercheinungen, während die Decke durch Abbruch scharfkantig geworden ist. Derlei alte Uferhöhlen findet man ziemlich häufig in hohen Lagen, ferne von allen fließenden Gewässern.

Die Wirkung der Brandung läßt sich auch an den sogenannten Felsenthoren oder Naturbrücken häufig nachweisen, von denen aber nicht alle auf diese Weise entstanden sind. Die Felsenthore von Helgoland und ähnliche an den norwegischen,

<sup>1)</sup> Bädeler's Reisehandbuch erwähnt außer der blauen Grotte noch die Grotta bianca (weiße Grotte), Grotta rossa (rote Grotte), die Grotta verde (grüne Grotte) und die Grotta delle Stalattite (Tropfsteingrotte).



italienischen und anderen Küsten sind unzweifelhaft durch Brandung ausgewaschen<sup>1)</sup>. Das Gleiche gilt von der in geographischen Werken vielfach abgebildeten Felsbrücke von Kissen. Man sieht ja die Wirkung binnen kurzer Zeit vorwärtschreiten, und einzelne Bogen einstürzen, während andere sich entweder vergrößern oder neu zu bilden beginnen. Man kann daher annehmen, daß auch viele andere, von Steilwänden vorspringende Felsthore durch Brandung zur Zeit einstiger Meeresbedeckung erzeugt wurden, man darf aber nicht vergessen, daß ähnliche Thore auch auf anderem Wege gebildet werden können, und muß sich wohl hüten, eine einzige Bildungsart als Gesetz generalisiren zu wollen. Dies beweist wohl am besten die Abbildung (S. 107) eines Felssthores bei Weiskirchen an der Donau, welches sichtlich durch combinirte Auswitterung und Ueberdeckung entstanden ist, und daher zum Theil in die Classe der Ueberdeckungshöhlen übergreift.



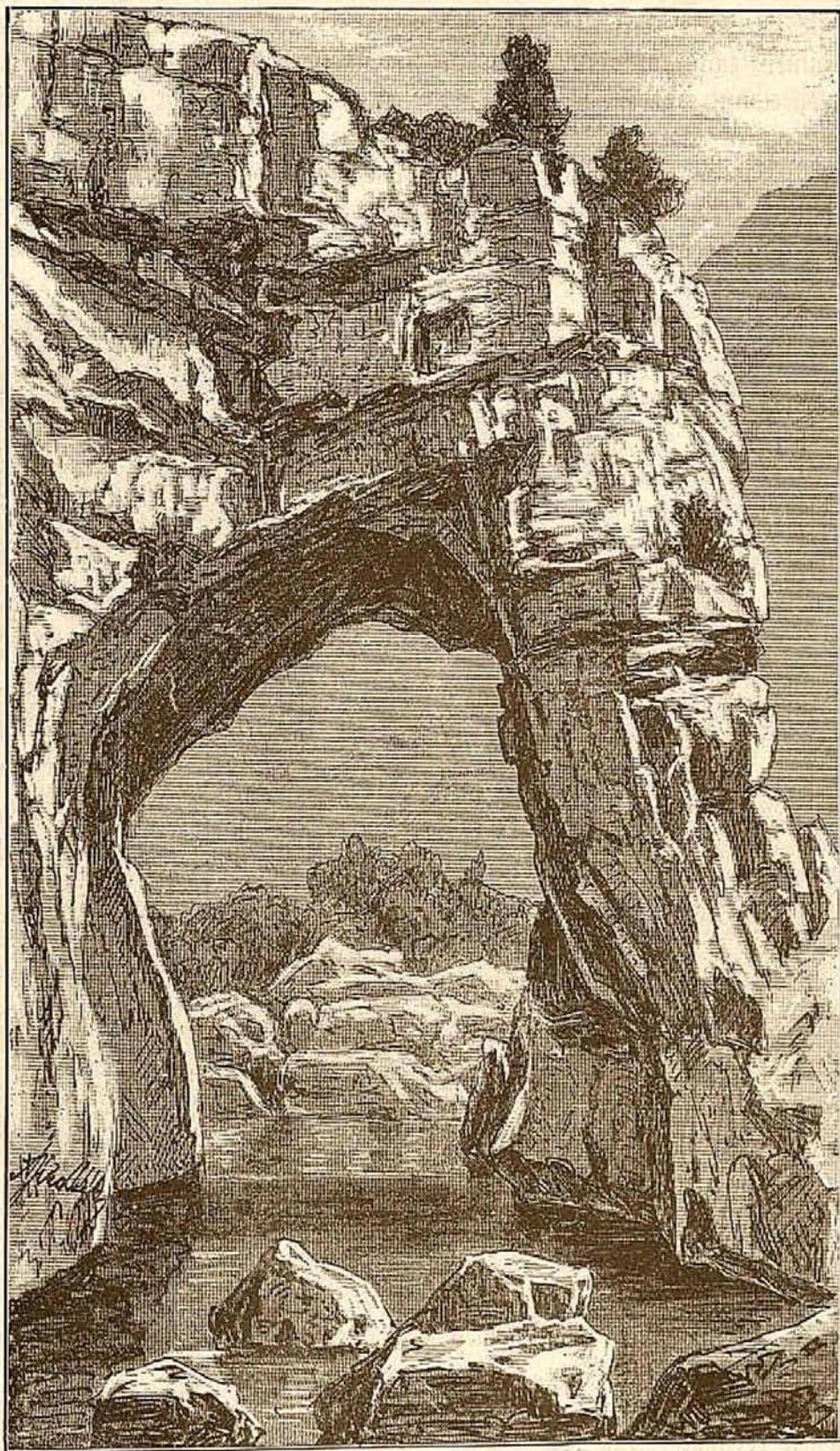
Pont d'Arc, nach einer Photographie von Alfred Reichert in Wien.

Das Felssthor in der mittleren der drei Klippen bei Capri, welche man unter dem Gesamtnamen der „Fraglioni“ bezeichnet, ist z. B. sichtlich durch Meeresbrandung ausgewaschen. Die Naturbrücken in den Pyrenäen (Clot de Toro und Turmo d'Astos) sind dagegen nach Dufour Reste eines zerstörten Gebirges, welches unterwaschen worden ist. Die Felssthere und Naturbrücken im Rabbachthale zwischen Planina und Zirknitz, sowie der Eingang in die Riesenburg in Franken sind Reste eingebrochener Höhlen<sup>2)</sup>, ebenso wie mehrere von den Felssthoren in Südfrankreich, wie der Grand Arc und vielleicht auch die Bogenbrücke (Pont des Ares), während wieder andere durch Auswitterung sich gebildet haben, worunter jene in Dolomitgesteinen (Arc de Mycènes), in Sandsteinen und in Conglomeraten die häufigsten

<sup>1)</sup> Drei sehr interessante Abbildungen von Strandhöhlen und Felsentoren enthält der 60. Bd. der Zeitschrift „Globus“ (Braunschweig 1891) im Aufsätze: Die Westküste Irlands.

<sup>2)</sup> Goldfuß beschreibt auch (l. c. S. 35) den Felsbogen oder Triumphbogen nächst dem schönen Stein im Franken-Jura, dessen Oeffnung 60 Schuh hoch und 20 Schuh breit ist. Eine Abbildung desselben war leider nicht zu beschaffen.

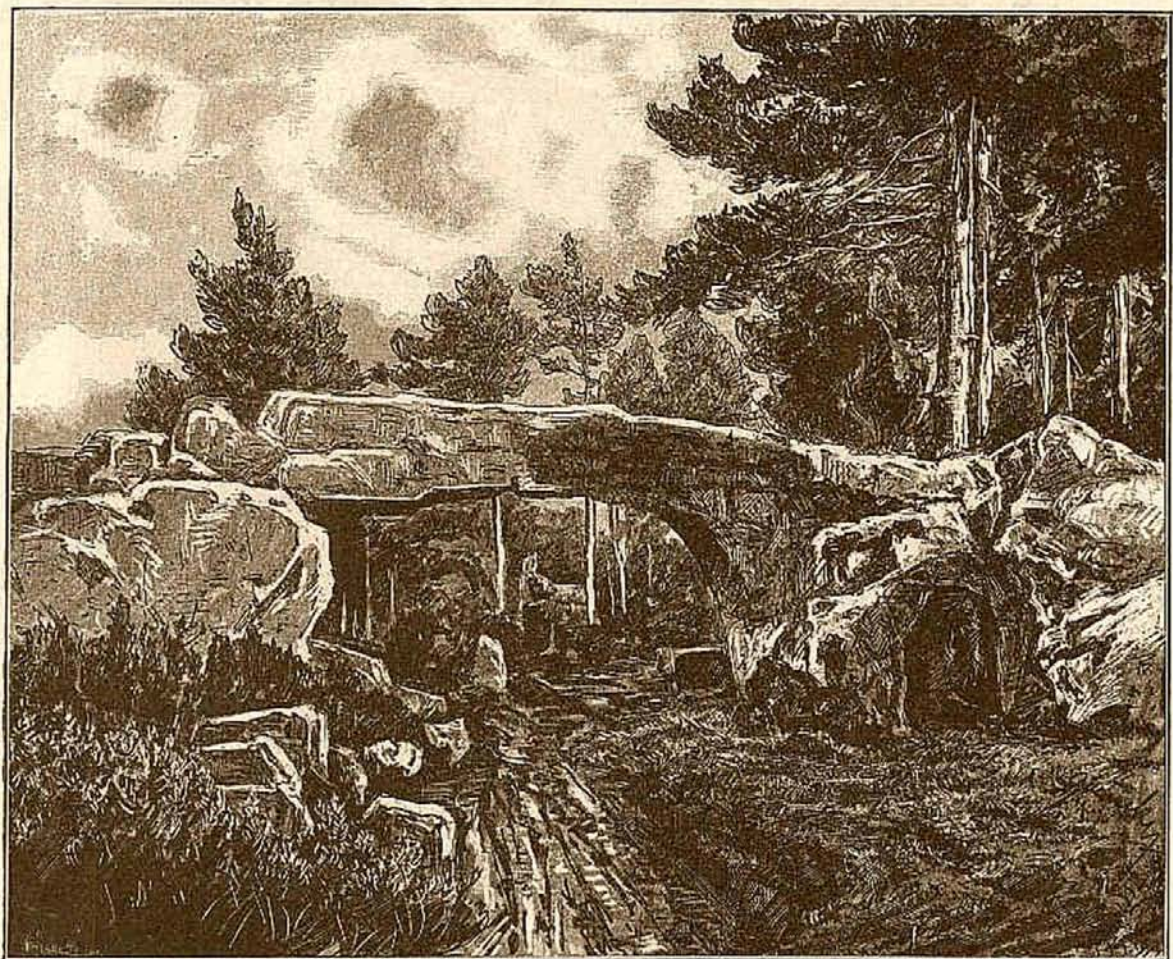
sein dürften. Manchmal haben aber auch verschiedene Ursachen zusammengewirkt, oder was die eine begonnen hat, wurde von der anderen vollendet.



Grand Arc in der Schlucht des Lamaloubaches nach Martel.

Eine ganz eigenthümliche Art von Halbhöhlen existirt im Thale der kleinen Krems gegenüber von der Ruine Hartenstein in Niederösterreich (nordwestlich von Krems). Durch Ausbrechen von Felsblöcken sind Nischen mit scharfen Kändern ent-

standen, die hoch oben am Gehänge liegen, wo die senkrechten Wände beginnen. Sie scheinen erst einer späten Zeit anzugehören und sind jedenfalls viel jünger als die in derselben Lehne liegenden Erosionshöhlen, unter denen die Eichmayerhöhle die bedeutendste ist. Möglicherweise gibt es dort noch weit größere Erosionshöhlen, allein sie sind zumeist ganz ausgefüllt. Auch die Eichmayerhöhle ist nur in ihrem vorderem Theile ausgeräumt worden, während der Rest voll von Blöcken und Lehm ist. Unter den vorerwähnten Auswitterungshöhlen ist besonders eine interessant, welche zwei übereinanderliegende Stagen besitzt, deren untere durch einen Felspfeiler gestützt ist und daher zwei Oeffnungen hat, während die obere eine einzige, große offene Nische bildet, die seitlich noch zwei fensterartige Oeffnungen hat. Auffallend ist die



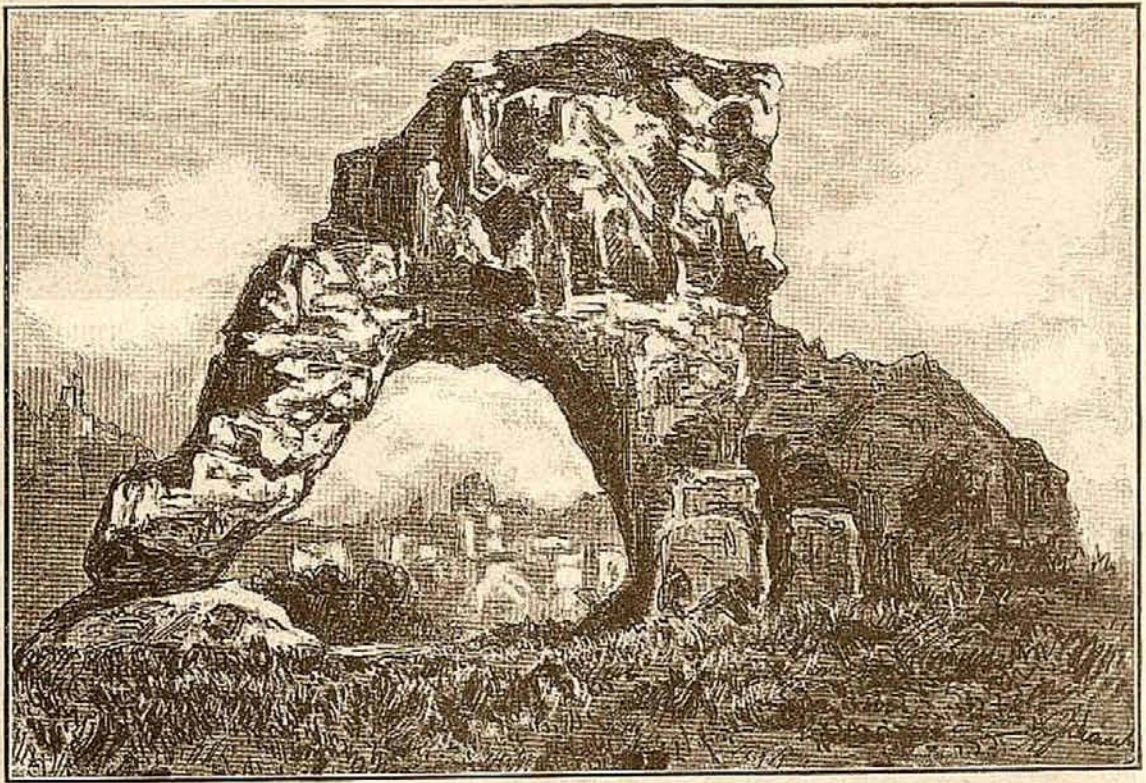
Pont des Arcs in Südfrankreich, nach Martel.

leichte Erstieglichkeit der etwa zwei Meter hoch liegenden oberen Stage. Einige Vorsprünge scheinen eigens dazu geschaffen zu sein, um das Hinaufklettern zu erleichtern. Nachdem die meisten Höhlen des Kremsthales bewohnt waren und prähistorische Funde geliefert haben, so ist es möglich, daß diese Tritte durch künstliche Nachhilfe gemacht wurden, was man in Folge der starken Verwitterung heute nicht mehr nachzuweisen vermag. Die Höhle heißt „der steinerne Saal“.

Auch die Gudenushöhle an der gegenüberliegenden Lehne desselben Thales ist eine Halbhöhle, die einst bewohnt war, und die viele Artefacte geliefert hat<sup>1)</sup>. Ob

<sup>1)</sup> Die Mittheilungen der „Anthropologischen Gesellschaft in Wien“ enthalten wiederholt Nachrichten über die Funde aus der Gudenushöhle.

sie als Rest einer durch den Flußlauf erodirten und späterhin eingestürzten Höhle betrachtet werden darf, mag hier nicht näher untersucht werden. Die schluchtartige Thallenge möchte zwar für diese Entstehungsart sprechen, allein es kann auch ebensogut angenommen werden, daß der Fluß die Höhle nach erfolgter Thalbildung ausgewaschen habe, über dessen Niveau sich die Höhlensohle nur wenig erhebt. Die Form der Höhle deutet auf jene der sogenannten Defen hin, und unterscheidet sich von diesen halbrunden Nischen (welche man so häufig an felsigen Bach- oder Flußufern findet) nur dadurch, daß sie zwei durch einen Felspfeiler getrennte Eingänge besitzt. Der größere (Eingang) liegt stromaufwärts und der kleinere (Ausgang) stromabwärts, der Flußrichtung nach gerechnet. Der hier vorspringende Fels der Burg Hartenstein, in dessen Fuß die Höhle liegt, verengt plötzlich das Thal und dadurch sind die Bedingungen zur Bildung einer Erosionshöhle bereits gegeben.

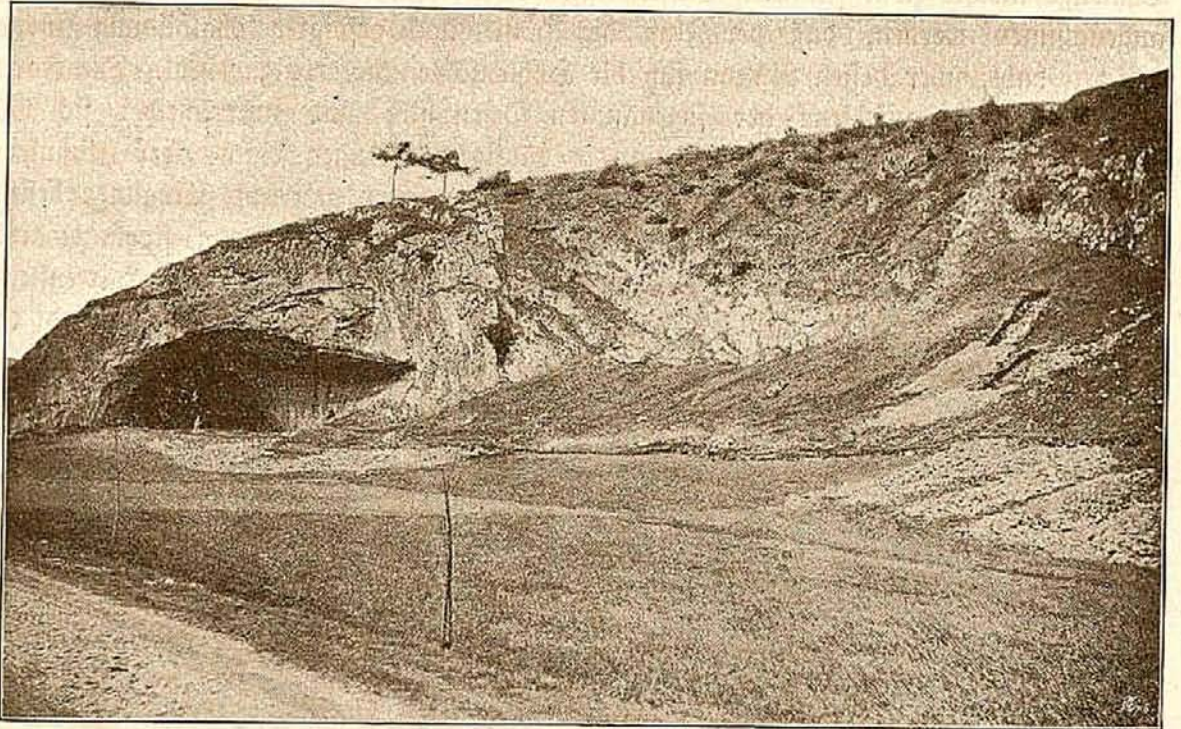


Porte de Mycène, nach Martel.

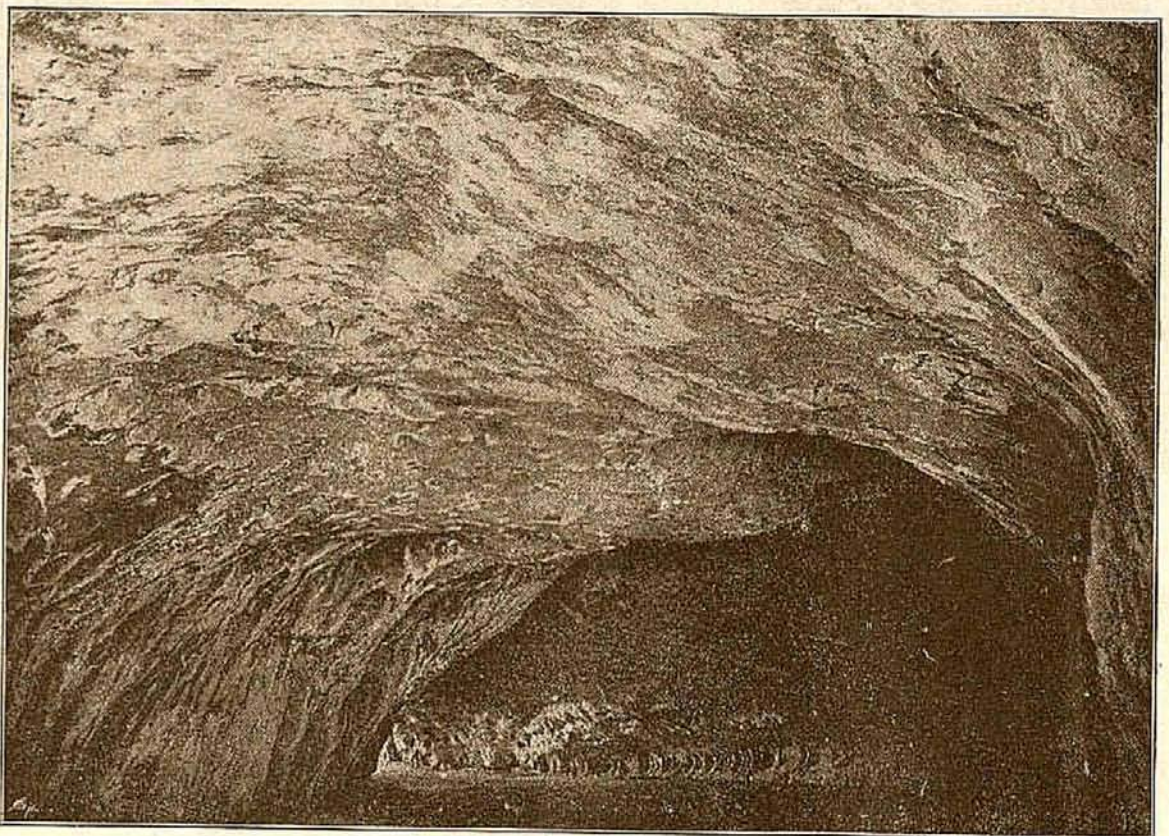
Je weicher das Gestein ist, desto leichter muß es naturgemäß erodirbar sein. Die Sandsteine der sächsischen Schweiz zeigen daher allerhand merkwürdige Gebilde, unter denen das bekannte Prebischthor vielfach in Reisewerken abgebildet worden ist. Der steinerne Saal bei Wehlen (ebenfalls in der sächsischen Schweiz), scheint ein zur Halbhöhle gewordener Nest einer einst größeren Höhle zu sein. Höchst sonderbare Gebilde beschreibt Siebold (Nipon, Archiv zur Beschreibung von Japan, Leyden 1852). Einige Strandbildungen sind auch in dem seinem Werke beigegebenen Atlas abgebildet (Felsenthor bei Hasirimits in Sagami — die Kanne in Kadsusa — Küstenpartie von Tsufaru), die höchst bizarre Formen besitzen.

Bei manchen durch Meeresbrandung erzeugten Höhlen, die sich derzeit weitab vom Meeresstrande und hoch über dem Meeresniveau befinden, kann man die Entstehungsart noch an deutlichen Strandlinien erkennen. Ein sehr schönes Beispiel hierfür ist das Felsthor im Causse noir, welches Martel S. 186 seines Werkes „Les Cevennes“

abbildet. In diesem Buche sind auch noch mehrere andere Naturbrücken und Felsthore erwähnt und abgebildet, welche zum Theil Auswitterungserscheinungen sein dürften,



Außenansicht der „Kálna“ nach einer Photographie von Dr. Kriz.

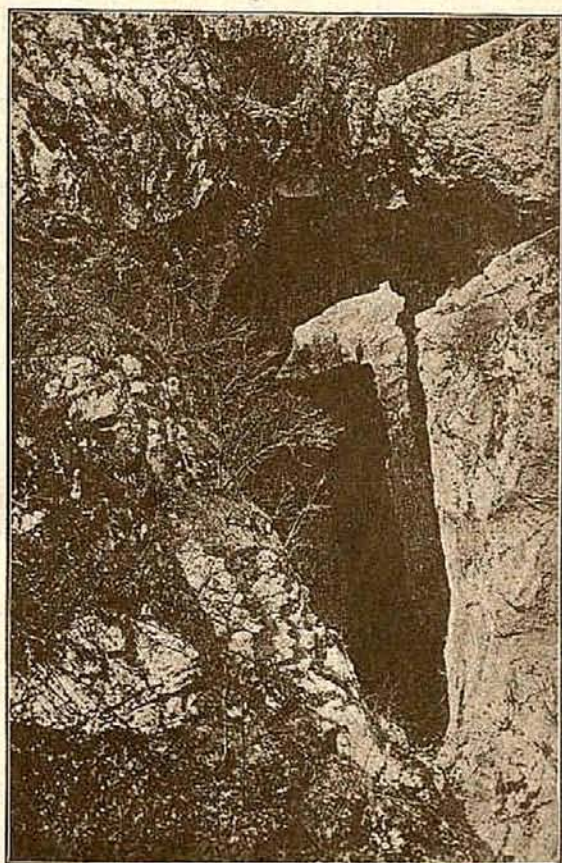


Innenansicht der „Kálna“ nach einer Photographie von Dr. Kriz.

was insbesondere von jenen gilt, die im dolomitischen Gesteine liegen, wie „Porte de Mycène“ (siehe S. 95) oder auch Resten von Höhlendecken gleichen, wie „Pont des

Ares“ (siehe S. 94). Herr Martel war so freundlich zu gestatten, daß diese Abbildungen reproducirt werden dürfen. In dem erwähnten Werke befinden sich aber noch viele andere Durchlöcherungen von Felsen abgebildet und darunter einige von höchst merkwürdiger Form, wie S. 188 „Roche trouée de Causson“, S. 193 „Der Dromedarfels“ und noch viele andere. Einer anderen Martel'schen Publication (Nouveaux Rochers des Causses, Paris 1890) ist die Abbildung S. 93 entnommen, welche den „Grand Arc“ in der Schlucht des Lamaloubaches (einem Zuflusse des Héraultflusses) vorstellt und der ebenso gut ein Rest einer eingestürzten Höhle sein kann, als eine einfache Durchlöcherung eines Felsvorsprunges durch den Wildbach. Es soll nach Martel in dieser Schlucht noch mehrere solcher Bogen geben.

Unter die Felsbrücken kann man füglich auch jene kurzen Höhlen rechnen, welche Durchgänge bilden. Der Bogen der kleinen Naturbrücke (siehe Abbildung S. 200) ist nur zwei Meter breit, jener der benachbarten Felsbrücke nächst der sogenannten Selzacher Säge ist mehr als zwanzigmal so mächtig, desgleichen die große Naturbrücke (siehe Abbildung S. 199). Eine genaue Grenze, bei welchen Dimensionen die Bezeichnung Felsbrücke oder Naturbrücke aufzuhören hat, läßt sich daher nicht ziehen; denn es gibt Reste eingebrochener Höhlen in großer Anzahl, bei denen man in Verlegenheit kommt, ob man sie als Felsbrücken oder als Höhlen bezeichnen soll. In dem Höhlencomplexe von Seele (bei Gottschee in Krain) gibt es solche Höhlenreste in allen Dimensionen, und auch diese sind mitunter durch partielle Deckenbrüche noch durchlöchert. Sehr häufig werden solche kurze Reste von Höhlen als



Riesenthorklamm, Innenansicht.

„Durchgänge“ oder als „Durchgangshöhlen“ bezeichnet. Hierzu gehört auch die Kälma im mährischen Devongebiete nächst Sloup, die interessante prähistorische Funde geliefert hat. Die Abbildungen auf Seite 96 zeigen die beiden Eingänge dieses kurzen Durchganges, der in allen Theilen vom Tageslichte erhellt wird. Mehr den Felsbrücken nähert sich die Riesenthorklamm in dem schmalen Grate, der die große von der kleinen Doline von St. Ganzian trennt und eines der imposantesten Schaustücke des Karst bildet. Derlei Höhlenreste bilden den Uebergang von den eigentlichen Höhlen zu den Felsbrücken.

Fassen wir Vorstehendes kurz zusammen, so resultirt daraus, daß die Bildung von Halbhöhlen und von Felssthoren auf folgende Ursachen zurückzuführen ist:

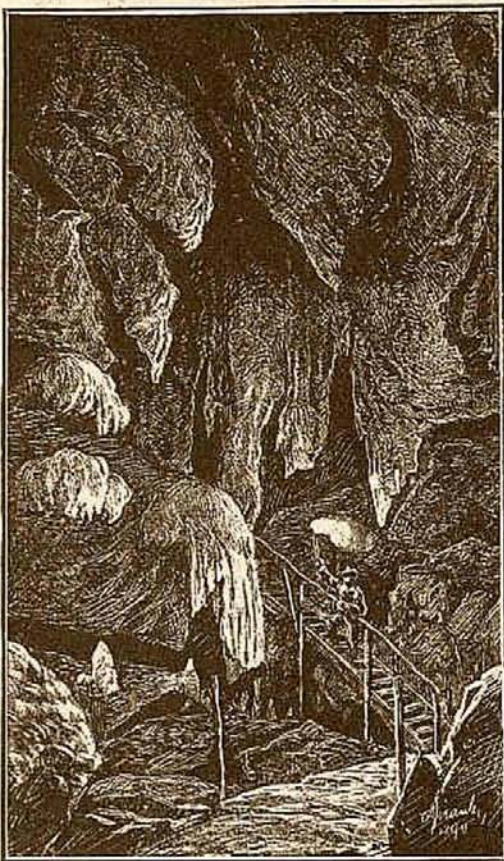
1. Halbhöhlen entstehen durch den Einsturz größerer Höhlen, von denen einzelne Theile als nischenartige Räume erhalten blieben.

2. Durch die Erosion, durch Brandung, Windwirkung oder sonstige atmosphärische Einflüsse.

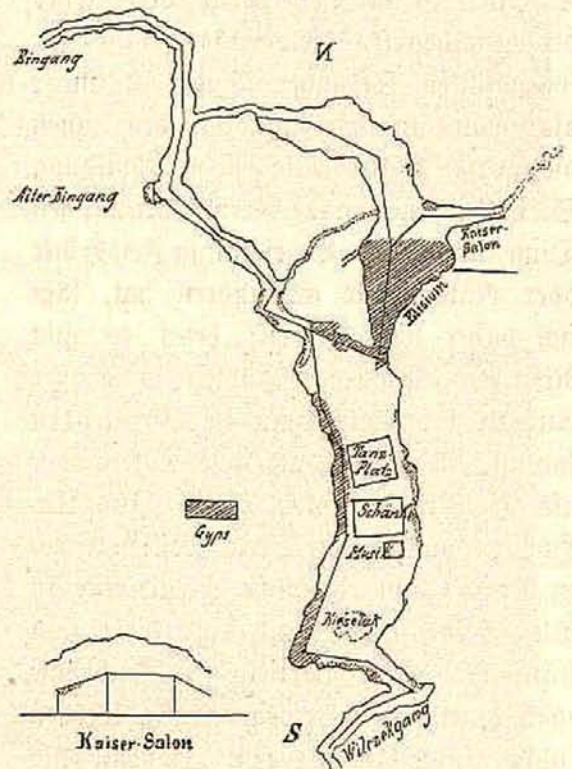
3. Felsbrücken sind Ueberreste eines zerstörten Gebirges, u. zw. entweder stehen gebliebene Bogen von Höhlendecken oder directe Bildungen durch Brandung oder andere äußere Einflüsse (Frost, Wind etc.).

### E. Corrosionshöhlen.

Die chemische Erosion (Corrosion = Auslaugung) ist zumeist eine Begleiterin der mechanischen Erosion (Ausfrierung). Insbesondere in solchen Höhlen, in denen Wasser zu stagniren und hoch aufgestaut zu sein pflegt, erkennt man die Wirkung



Eingang in die Haupthalle der Krausgrotte.



Krausgrotte (Grundriß).

der Corrosion an gewissen Zeichen, auf welche Hochstätter aufmerksam gemacht hat. Er beobachtete die Erscheinungen zuerst in der Kreuzberggrotte bei Laas in Krain, welche durch ihre reichen Knochenlager berühmt ist, und bildete die unregelmäßigen Vertiefungen im Gesteine, welche durch die chemische Lösung der weicheren, leichter löslichen Partien entstanden sind und die durchwegs ziemlich scharfe Ränder zeigen, in seiner im 43. Bande der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien (1881) erschienenen Arbeit über die Kreuzberghöhle ab. Noch deutlicher und weiter ausgetieft sind diese unregelmäßigen Grübchen in den Wänden der Krausgrotte bei Gams ausgeprägt, welche eine jener wenigen Höhlen ist, in denen der Corrosion der Hauptantheil an der Höhlenbildung zugeschrieben werden darf. Derartige Höhlen kennt man nur drei. Ausführlich

wurde dieser so selten vorkommende Proceß in der Zeitschrift „Die Natur“<sup>1)</sup> beschrieben. Die betreffenden Stellen lauten:

„Außer der von Hofrath von Hauer aufgestellten Theorie über die Bildungsursache der Krausgrotte<sup>2)</sup> gibt es noch eine zweite von Director Döll<sup>3)</sup>. Dieser schreibt der Verwitterung der Eisenkiese, d. h. sowohl der hemiteffularen Pyrite, als auch der rhombischen Markasite, die Bildung derjenigen Höhlen zu, bei denen die Entstehung durch Gesteinsumwandlung an den vorhandenen metamorphisirten Producten nachweisbar ist. Die Eisenkiese — sagt Director Döll — sind Doppelt-Schwefeleisen, das sich unter Zutritt von Wasser und Luft in freie Schwefelsäure und Eisenvitriol umsetzt. Mit Kalk in Berührung kommend, bildet die freie Schwefelsäure damit Gips, wobei Kohlensäure frei wird, während zwischen dem Vitriole und Kalk ein Austausch der Bestandtheile stattfindet, wobei die Schwefelsäure des Eisenvitriols mit dem Calciumoxide des Kalkes gleichfalls Gips bildet, während die Kohlensäure des Kalkes zum freigewordenen Eisenoxyd tritt und kohlen-saures Eisenoxydul entsteht, das meist wieder zu Brauneisen (Eisenoxydhydrat) reducirt wird. Obwohl dieser Theorie unter gewissen Bedingungen die Bildung von Hohlräumen zugeschrieben werden kann, so steht derselben doch die Thatsache gegenüber, daß jene Hohlräume, die unzweifelhaft auf diese Art entstanden sind, nur unbedeutend sind und nicht den Namen von Höhlen verdienen<sup>4)</sup>. Die Mitwirkung der Verwitterung der Eisenkiese bei der Bildung der größeren Höhlen ist noch nicht so weit nachgewiesen, daß man es wagen dürfte, ihr einen größeren Einfluß zuzuschreiben, so lange die einfacheren Vorgänge für die Erklärung der Bildung gewisser Höhlen ausreichen“.

„Annehmbarer erscheint für die drei im Eingange erwähnten Localitäten<sup>5)</sup> die Theorie von Hofrath von Hauer. Gestützt auf das Analogon der Grotte des serpents, versucht Hofrath von Hauer die Gipse der Krausgrotte, die dem Aussehen und der Lagerung nach entschieden als eine Neubildung betrachtet werden müssen, mit Hilfe der Annahme zu erklären, daß die jetzt etwa 100 Meter unterhalb der Grotte ausbrechende Therme, die freie Schwefelwasserstoffe in großer Menge enthält, vordem ihr Reservoir in der Grotte gehabt habe, und die Gipse der Contactwirkung ihr Entstehen aus dem kohlen-sauren Kalk durch Umwandlung verdanken. Nach den Versuchen, welche Bischof in seinem Lehrbuche der chemischen und physikalischen Geologie — II. Aufl., I. Bd., S. 842 — anführt, läßt sich Gips durch Schwefelwasserstoff

1) Höhlenbildung durch Metamorphismus in der Zeitschrift „Die Natur“, Halle 1891, 40. Jahrgang, Nr. 17.

2) Die Gipsbildungen in der Krausgrotte bei Gams, Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1852, Nr. 2, S. 21, und Oesterreichische Touristenzeitung, Wien 1885, V. Bd., Nr. 2, S. 13.

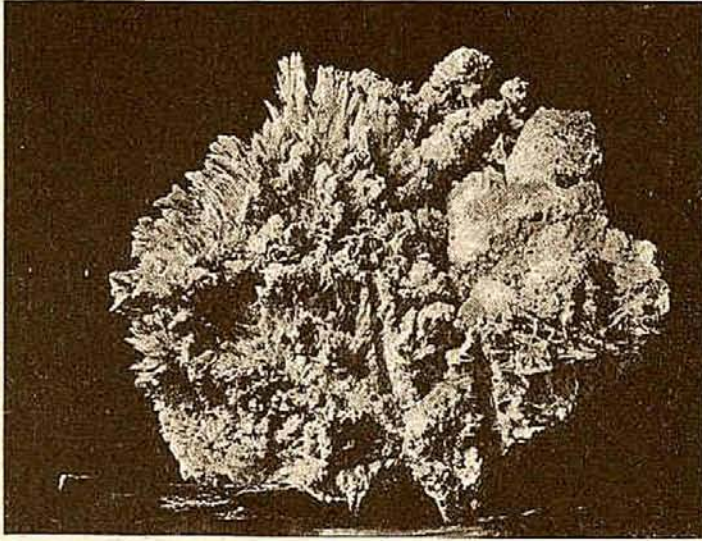
3) Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des österreichischen Touristenclub, Wien 1886, V. Jahrg., S. 9.

4) Director Döll bezieht sich auf eine Beobachtung, welche Professor Gustav Adolf Koch im Aurachthale (Oberösterreich) angestellt hat, wo im Wiener Sandsteine eigenthümliche, kugelige Räume, mit meist trichterförmigem Eingange, in verschiedenen Größen (bis zu mehreren Centimetern Durchmesser) vorkommen, welche durch Auswitterung von Eisenkiesen entstanden sind. Vide: Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des österr. Touristenclub, Wien 1886, V. Jahrg., S. 13, Fußnote.

5) Krausgrotte bei Gams in Obersteiermark, Grotte des serpents bei Niz in Savoyen und Star cave (eine Abtheilung der Mamuthgrotte) in Kentucky in Nordamerika. Seither sind auch, wahrscheinlich pseudomorphe Gipse aus der Wyandotte cave in Nordamerika bekannt geworden.

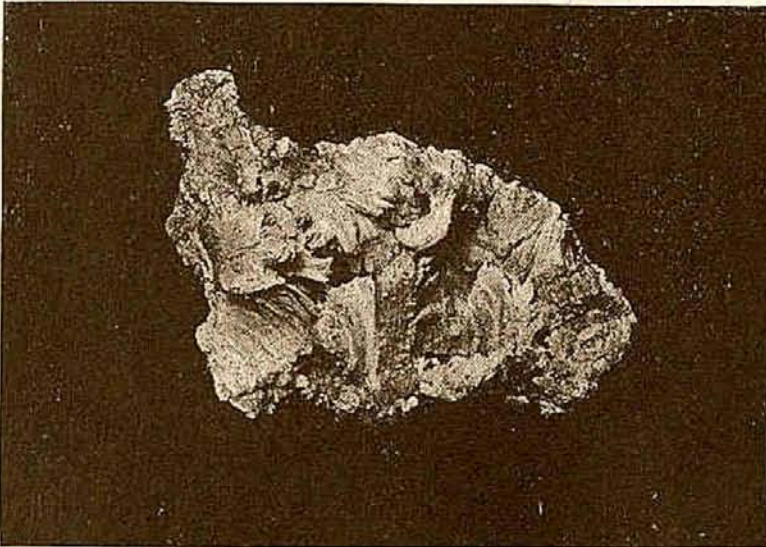


aus Kreide, die zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt wurde, erzeugen, ohne daß sich ein Absatz von Schwefel bildet, wenn der Proceß bei niedrigen Temperaturen vor sich geht. Ein Schwefelabsatz stellt sich dann erst ein, wenn die Temperatur des eingeleiteten Gases auf  $+80^{\circ}$  C. erhöht wird. Die mittlere Temperatur der Gamsfer Therme beträgt derzeit  $+16^{\circ}$  C. Sie ist jedoch dadurch beeinträchtigt, daß sich das



Pseudomorpher Gips aus der Krausgrotte nach einer Photographie von Dr. Köchlin.

Thermalwasser vor seinem Austritte mit Wildwasser mischt. Zur Zeit, als die Quelle die Höhle durchfloß, mag die Temperatur wohl eine höhere gewesen sein; jene Höhe aber, die zur Ausscheidung von Schwefel führt, hat sie gewiß nie erreicht, und deshalb



Stängeliger Gips aus der „Star cave“ nach einer Photographie von Dr. Köchlin.

findet man auch nicht die Spur von Schwefel in den ungeheuren Mengen von Gips, der sich zum größten Theile am Boden angehäuft hat, an vielen Stellen aber noch die Decke mit krySTALLisirten Ueberzügen bedeckt. Der Theorie von Hofrath von Hauer widerstreitet scheinbar der Umstand, daß die Gipse nicht regelmäßig abgelagert sind, sondern nur Haufwerke längs den Wänden bilden, während der tiefere Mittelraum nur einen Boden von Höhlenlehm zeigt. Bei aufmerkssamer Beobachtung zeigt es sich

jedoch, daß die fehlende Partie nachträglich erodirt worden ist, weil man an einer Stelle, fast am äußersten Ende der Haupthalle (53 Meter lang und 10—14 Meter breit), noch einen zwei Meter unter das Niveau des Lehmes reichenden Rest von Gips finden kann, und zwar ist dies eine geschützte Stelle, an welcher die durch einen senkrechten, großen Schlot an der Decke eingedrungenen Tagwässer nur geringe erodirende Wirksamkeit zu äußern vermochten“.

„Solcher Schlote gibt es mehrere in der Grotte, aber die Erosions Spuren in denselben unterscheiden sich merklich. Während der große Schlot am Ende der Haupthalle glatt geschauert erscheint, und unterhalb desselben sich Reste einer leider zerstörten Tropfsteingruppe zeigen, sind die anderen Oeffnungen in der Decke von ganz verschiedener Form und enden zumeist blind. Viele derselben sind sogar noch theilweise mit Gipskrystallen ausgekleidet, was wohl der beste Beweis ist, daß keine Tagwässer hier eingedrungen sein können, weil diese die nur lose zusammenhängenden, weichen Gips-Aggregate jedenfalls sofort weggesegt hätten. Da läßt sich wohl keine andere Ansicht aussprechen, als daß sie durch den Wasserdruck entstanden seien, der an Spalten oder leichter lösbaren Kalkpartien Angriffspunkte fand und von da aus excentrisch das Umwandlungswerk fortgesetzt hat“.

„In der gleichen Weise müssen auch jene halbrunden Nischen entstanden sein, die noch theilweise reich mit drusigem Gipse besetzt sind und deren Oberfläche rauh, voll Gruben und mit Unebenheiten übersät ist, welche zeigen, daß diese stark an die sogenannten Defen an den felsigen Ufern von Bächen mahnenden Vertiefungen durch eine mechanische Erosion nicht entstanden sein können, sondern, von einem Centralpunkte ausgehend, durch die chemische Lösung des Kalkes entstanden sein müssen. Derlei Nischen in der Größe von 1—2 Metern liegen besonders an zwei Orten so dicht nebeneinander, daß sie sich berühren und nur scharfe Schneiden zwischen ihnen übrig bleiben. An anderen Orten sind sie einander nicht auf der Außenseite nahe, sondern berühren sich in Folge ihrer Stellung an einem anderen Punkte, wo ein Theil der Scheidewand verschwunden ist und die beiden Nischen daher durch Löcher miteinander correspondiren“.

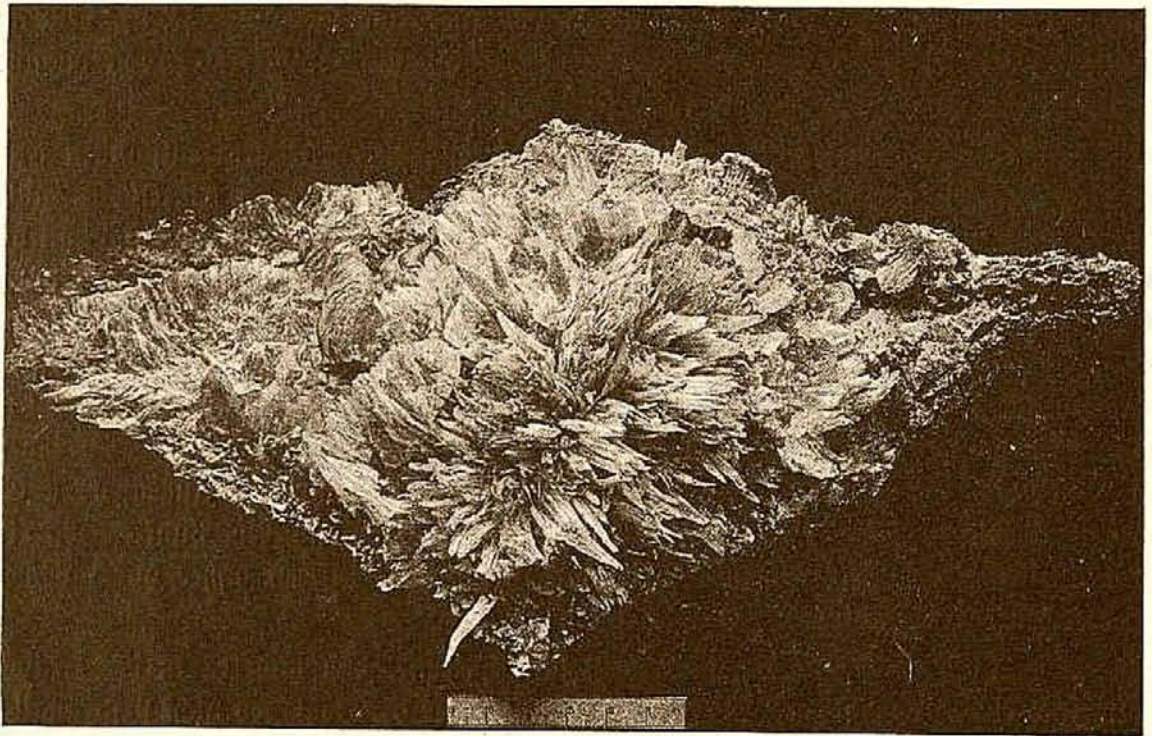
„Alle diese Erscheinungen sind ebensoviele Beweise, daß man es in der Krausgrotte mit einem chemischen Prozesse zu thun hat, der die Höhle wo nicht ursprünglich gebildet, aber doch wesentlich erweitert hat. Die Umwandlungsproducte weisen darauf hin, daß die Gamscher Therme vermöge ihre chemischen Beschaffenheit im Stande ist, solche Producte zu erzeugen, und darum ist die von Hofrath von Hauer aufgestellte Erklärungsart wohl als die natürlichste und berechtigste für den vorliegenden Fall zu betrachten“.

Hierzu kommt noch als weiteres Beweismoment der Umstand, daß auf einigen von Hofrath von Hauer gesammelten Handstücken (von der Höhlendecke) die Erinoidenstiele des Hierlatskalkes oberflächlich ebenfalls in Gips verwandelt gefunden wurden. Die Krausgrotte kann daher füglich als ein Beispiel einer durch Corrosion erzeugten oder mindestens zur ihrer jetzigen Form umgestalteten größeren Höhle<sup>1)</sup> betrachtet werden. Die Präexistenz einer Kluft, welche das Aufsteigen der Thermalwässer gestattete, muß jedoch auch hier angenommen werden.

Die Fälle, daß durch Gesteinsumwandlung größere Höhlen erzeugt werden, sind so selten, daß es diesem Umstande wohl zuzuschreiben ist, daß dieser eigenthüm-

1) Die Gesammtlänge der Haupthöhle mit ihren Seitengängen beträgt 250 Meter.

lichen Art von Höhlenbildung in keinem geologischen Lehrbuche gedacht ist. Ein Unicum ist die Krausgrotte bei Gams (nächst der Eisenbahnstation Landl der Kronprinz Rudolfsbahn in Obersteiermark) nur für Oesterreich, denn es gibt, wie bereits erwähnt wurde, noch eine ähnliche Höhle bei Niz in Savoyen, die aber wegen der in ihr befindlichen irrespirablen Schwefelwasserstoffgase erst ein einziges Mal von einem französischen Gelehrten so weit besucht worden ist, als der mitgebrachte Respirationsapparat langte. Seither ist das Gipsvorkommen aus der Grotte des serpents in Vergessenheit gerathen und im Musée d'histoire naturelle in Paris dürften die einzigen Stücke vorhanden sein, welche von der Grotte stammen. Nach Hellwald soll sich ähnlicher Gips in der star cave<sup>1)</sup> befinden. Das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien erhielt jedoch Proben von dort, welche sich durch ihre stängelige Structur wesentlich von den sicher pseudomorphen Gipsen der Krausgrotte unterscheiden. Ihre Entstehung ist daher noch nicht mit Sicherheit festzustellen. Weit mehr Aehnlichkeit



Gips aus der Wyandotte Cave.

mit den Gipsen aus der Krausgrotte haben jene aus der Wyandotte Cave, welche dieselbe strahlige Form besitzen wie jene. Die Abbildung eines im Besitze der Smithsonian Institution befindlichen Stückes, von dem das k. k. naturhistorische Hofmuseum eine vortreffliche Photographie in Quartformat besitzt, zeigt die Aehnlichkeit deutlich, trotz der bedeutenden Reduction des Stückes aus der Krausgrotte, dessen Original sich ebenfalls im Besitze des Hofmuseums befindet. Stücke aus der Krausgrotte kann man in allen größeren Museen finden, die amerikanischen sind aber noch selten.

Corrosionswirkungen kann man auch in einer ganz eigenthümlichen Form in den engen Partien sehen, welche zwischen der Tartarusgrotte und der Verbindungsstrecke liegen, welche zur Wasserhöhle der Poik (Adelsberger Grotte) führt. Das

<sup>1)</sup> Die Star cave ist eine Abtheilung der Mammothgrotte in Kentucky (Vereinigte Staaten von Nordamerika) nächst Cave City in Edmonson County.

Stauwasser der Poik, welches dort enge Räume erweitert hat, griff die Oberflächen des Gesteines an, die voll kleiner Grübchen ist, die unschwer als Producte der Auslaugung erkennbar sind. Zugleich hat die Oberfläche aber auch eine Art von glänzender Patina, welche wohl von einem dünnen Calcitüberzuge kommen dürfte, der sich bildet, wenn keine Erneuerung des Wassers mehr stattfinden kann; also am Ende der Ueberfluthungsperiode. Nach der Disposition der Localität versickert der letzte Rest des Stauwassers langsam, bis auf einige kleine Tümpel, welche selbst während der großen Dürre des Jahres 1890 nicht ausgetrocknet waren. Im höheren Niveau hören diese Corrosionserscheinungen auf, und sind die Felsen rauh und scharfkantig, während im tieferen Niveau alle Ecken abgerundet sind. Von den Corrosionserscheinungen der Krausgrotte unterscheiden sich diese Grübchen im Gesteine wesentlich. Die von Hochstätter aus der Kreuzberghöhle bei Vaas beschriebenen<sup>1)</sup> Corrosionserscheinungen kommen jenen der Krausgrotte bedeutend näher, u. zw. besonders jenen, die sich zwischen dem Eingange und der Haupthalle zeigen.

#### Höhlenbildung durch andere chemische Einflüsse.

Einer eigenartigen Auffassung der Corrosionserscheinungen in der Krausgrotte, welche im 18. Hefte der Zeitschrift „Die Natur“ (Halle 1891) enthalten ist, muß hier noch gedacht werden. Nach derselben sind es die aufgespeicherten Reste der von der ehemaligen Meeresbedeckung herrührenden Mutterlaugen, welche die Corrosionserscheinungen hervorgebracht haben sollen.

Speciell für die Krausgrotte ist diese Theorie nicht anwendbar. Jene von Hofrath von Hauer nähert sich mehr der Ansicht von Birlet über die höhlenbildende Kraft der Thermalwässer; Gesteinsumwandlungen können übrigens auch durch allerlei heiße Dämpfe erzeugt werden. Derlei Höhlen haben aber wegen der heftig angreifenden Wirkung der Dämpfe auf das Gestein nur kurze Dauer, wie es die Schwefelhöhlen im Büdös (Siebenbürgen)<sup>2)</sup> beweisen, von denen ein Theil bereits eingestürzt ist. Schwefelhöhlen im Demawend führt auch Ritter's Geographie an. Die von Brede erwähnten Schwefelhöhlen im Biyr Borhut (Arabien) sind nicht deutlich genug beschrieben, um sie unter die Höhlen einreihen zu können. Der Biyr Borhut wird als eine Depression von 500 Schritt Länge und 250 Schritt Breite geschildert. Man kann aber nicht erkennen, ob Brede sie als Kluft oder als Wadi (Flußthal) betrachtet. Der Schwefel, der zur Pulverfabrication von den Arabern verwendet wird, soll aus Zwischenräumen im schwarzen Gesteine (Basalt?) gewonnen werden.

Ebenfalls mehr zerstörend als höhlenbildend dürfte die von Dr. Emil Deckert<sup>3)</sup> zur Erklärung herangezogene Nitrification des Gesteines wirken. Dr. Deckert sagt (S. 229) bezüglich der großen Hallen der Kuray-Höhle: „Die größeren Weitungen, die die Höhlen enthalten, sind wir viel mehr geneigt, der lösenden Kraft der Feuchtigkeit,

1) Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der k. k. Akademie der Wissenschaften, Wien 1881, XLIII. Bd.

2) Ueber die Schwefelhöhlen im Büdös existiren viele Nachrichten in der Literatur. Die Jahrbücher des siebenbürgischen Karpathen-Vereines enthalten deren, sowie Dr. Franz Sartori's: Naturwunder des österreichischen Kaiserstaates, Wien 1807, III. Bd. S. 91.

3) Die nordamerikanischen Höhlen, in der Zeitschrift „Globus“, Braunschweig 1888, Nr. 14 und Nr. 15.

die die Poren des Kalksteines durchtränkt, sowie der Nitrification des Gesteins zuzuschreiben, als dem momentanen Wirken starker Wassermassen, die sich durch die Spalten des Felsens hindurchzwängen“. Ferner heißt es (S. 230): „Wir weisen da namentlich auf die zahllosen Salpeter- und Gipskrystalle hin, die die Decken und Wände an vielen Orten bekleiden. Eine Reihe von Höhlen dankt diesen Krystallen ihre Berühmtheit. In geologischer Beziehung könnte man daraus vielleicht entnehmen, daß die Gesteine in Amerika auch in den unterirdischen Hohlräumen im Allgemeinen viel raschlebiger sind und viel stärkeren Umwandlungen unterliegen als in Europa. Daß an der starken Nitrification des Kalksteines außer dem darin enthaltenen Bitumen auch die Schaaren von Fledermäusen, die in den Höhlen hausen, erheblichen Antheil haben, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, ebensowenig auch, daß die Bildung von schönen Gipsrosetten durch die Trockenheit der Luft, die in dem unterirdischen Nordamerika ebenso charakteristisch ist wie in dem oberirdischen, sehr begünstigt ist. In früheren Zeiten lohnten die Ablagerungen von Salpetererde auf dem Boden der Höhlen den wirthschaftlichen Abbau und ebenso auch die Ablagerungen von Alaun, von Epsom-Salz u.; heute ist dies aber nicht mehr der Fall“.

Ueber den Salpetergehalt der Schwemmproucte welche als Ablagerungen am Boden der brasilianischen Höhlen gefunden werden, berichtet Dr. Hermann Burmeister<sup>1)</sup> aus eigener Anschauung. Er sagt darüber (S. 409): „Der Lehmschlamm worin die Thierknochen stecken, ist salpeterhältig, und wird von den Brasilianern zur Gewinnung des Salzes aus der Höhle geschafft, an der Luft in großen Trögen ausgelaugt und dann durch Krystallisation des Salpeters aus der Lauge dargestellt. Diese Manipulation verschafft dem Reisenden eine gute Gelegenheit, sich von dem Knochengehalte der Höhle zu überzeugen. Die zweite Höhle, welche ich besuchte, und deren Eingang so enge war daß ich auf allen Vieren hineinkriechen mußte, enthielt keine Knochen; wenigstens hatte man bei der Salpetergewinnung, mit welcher man eifrigst vor der Höhle beschäftigt war, bis jetzt keine Knochen wahrgenommen. Daraus folgt auch, daß der Salpetergehalt nicht zu den in der Höhle befindlichen Knochen in Beziehung steht, was denkbar wäre, wenn die Knochen von Thieren herrührten, die in der Höhle verendeten. Die Knochen sind vielmehr gleichzeitig mit dem Salpeter eingeführt, und letzterer ist aus dem Boden Brasiliens, nicht aus den Thierleibern ausgezogen.“

Professor Burmeister hat von den Höhlen nächst Lagoa santa, deren Zahl nach Dr. Kund<sup>2)</sup> über 1000 beträgt, nur die vorerwähnte und die Lappa vermelha selbst untersucht.

Corrodirend wirken ähnlich, wie man es bei der Krausgrotte bemerken kann, aber in noch viel intensiverer Weise die Kohlenfäuerlinge und überhaupt alle Mineralquellen, die ihren Gehalt an festen Bestandtheilen aus den Gesteinen erhalten haben müssen, mit denen sie in Berührung kommen. Derlei Quellen müssen, im Ver-

<sup>1)</sup> Reise nach Brasilien, Berlin 1853.

<sup>2)</sup> Kund's Untersuchungen sind enthalten: in den Annales de Sciences naturelles, II. Serie, Bd. XI, XII, XIII; in der Zeitschrift „L'Institut“, Paris 1839, VII. Bd., S. 125; im Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt (auszugsweise), Wien 1840, S. 123, und in seiner in dänischer Sprache erschienenen Hauptarbeit, die unter dem Titel: „Blick paa Brasiliens Dyreverden“ in den Schriften der dänischen Akademie der Wissenschaften 1853 erschienen ist. Der Aufsatz im Jahrb. d. k. k. g. R. betrifft nur den Ursus brasiliensis, der kleiner als der Urs. spel. ist und den in den Anden noch lebenden Bären an Größe gleichkommt.

laufe der Jahrtausende, bedeutende Hohlräume ausgelaugt haben, deren Vorhandensein man zwar theoretisch constatiren kann, in welche einzudringen jedoch nur in seltenen Ausnahmefällen möglich werden dürfte.

Zu den Corrosionserscheinungen gehören auch die von Freisleben beschriebenen Gipschlotten<sup>1)</sup>, welche durch die Mannsfelder Bergbauten angefahren worden sind, und die später in Vergessenheit gerathen sind, bis die Katastrophe am „salzigen See“ sie wieder in Erinnerung brachte. Der vordem bedeutende Salzgehalt des Wassers dieses Sees und der noch bedeutendere der Grubenwässer der Bergwerke berechtigt im Zusammenhalte mit den von Freisleben beschriebenen Gipshöhlen zu dem Schlusse, daß die Erdfälle, welche nicht nur das Seewasser, sondern auch das Grundwasser in dessen Umgebung den Bergwerken zugeleitet haben, durch die Auslaugung eines Haselgebirges entstanden sein mögen. Ähnliche Erdfälle kennt man auch in Galizien aus den Berichten von Dr. Tiege. Diese kommen in der tertiären Gipsformation vor, und gleichen der Form nach ganz den Einstürzen in den härteren Gesteinen der Karstgegenden.

Auf die erodirende Kraft der heißen Quellen ist bereits mehrfach hingewiesen worden. Wenn schon kalte Quellen, die nicht einmal von besonderer Härte sind (wie der Kaiserbrunnen), schon ganz unglaubliche Mengen fester Bestandtheile in aufgelöstem Zustande dem Gebirge entführen, um wie viel mehr muß dies bei den warmen Quellen der Fall sein, deren Aufnahmefähigkeit weit größer ist. Freilich müssen diese bald nach ihrem Austritte eine bedeutende Menge der festen Bestandtheile in Form von Sinterbildungen wieder abgeben, allein dem Erdinneren sind sie doch dauernd entführt, und an ihrer Stelle müssen dort Hohlräume zurückbleiben, die mannigfache Revolutionen herbeizuführen ganz geeignet sind, die sich auch auf der Oberfläche bemerkbar machen können. Ueber Einstürze von solchen Hohlräumen liegen keine Beobachtungen vor, die man mit Bestimmtheit auf Thermenhöhlen zurückführen kann. Ueber andere im tiefen Erdinneren verborgene Höhlungen berichten die Erdbebenforscher jedoch mehrfach, weil sie den Einstürzen derselben die sogenannten Einsturzbeben zuschreiben, wobei es nicht erforderlich ist, daß es totale Deckenbrüche sein müssen, denn auch partielle (die keine Bodensenkungen hervorrufen) genügen, um Erschütterungen hervorzurufen. Bezüglich der unterirdischen Reservoirs der warmen Quellen ist noch manches Räthsel zu lösen. Die Höhlen in alten, ausgebrannten Vulkanen bieten jedoch Gelegenheit, an Analogien Vorgänge zu studiren, die sich in den unzugänglichen Räumen des Erdinneren vollzogen haben. Diese Analogien herauszufinden und sie auch richtig zu deuten, ist freilich eine schwere Kunst.

Das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien kam, im Wege des Austausches gegen eine große Gruppe von pseudomorphem Gips aus der Krausgrotte, durch die Smithsonian Institution in den Besitz von Gipsen aus der Star cave, sowie von Photographien von ähnlichen Bildungen, welche im National-Museum zu Quebeck ausgestellt sind, und die aus der großen Wyandotte Cave stammen. Durch die besondere Güte des Herrn Directors Dr. Aristides Brezina wurde es möglich, eine dieser Photographien, die noch in keinem Werke reproducirt ist, für dieses Buch zu benützen. Desgleichen war Herr Dr. Rudolf Köchlein so freundlich, einige Photographien von Gipsen aus der Star Cave und der großen Gruppe aus der Krausgrotte, welche

<sup>1)</sup> Freisleben, Johann Karl, Geognostischer Beitrag zur Kenntniß des Kupferchiefergebirges, mit besonderer Hinsicht auf einen Theil der Grafschaft Mannsfeld und Thüringens. Freiberg. I. Th. 1807, II. Th. 1809.

im k. k. naturhistorischen Hofmuseum ausgestellt ist, anzufertigen und zur Veröffentlichung freundlichst zu überlassen (siehe S. 100 und 102). Auch von diesen sind bisher noch keine Abbildungen publicirt worden. Von allen diesen Bildungen kann man mit mehr oder minderer Sicherheit annehmen, daß sie ein Product der chemischen Umwandlung von kohlensaurem in schwefelsauren Kalk ihre Entstehung verdanken. Daß dieser Proceß bei seinem fortschreitenden Weitergreifen in die Zone des kohlensauren Kalkes die Hohlräume immer mehr vergrößern mußte, wird umso erklärlicher, wenn man bedenkt, daß der so entstandene schwefelsaure Kalk ein größeres Volumen besitzt als der kohlensaure und sich deshalb bläht, was zur Folge hat, daß sich größere Stücke leicht von der Decke ablösen, wie man dies an herabgefallenen Stücken in der Krausgrotte beobachten kann, die unmittelbar unter der Abbruchstelle liegen und die Form der ehemaligen Contactstelle bewahrt haben.

Als eine durch chemische Lösung weicher Mittel (Gips oder Steinsalz) entstandene Höhle bezeichnet Gumbel die Marienglas-Höhle bei Reinhardtsbrunn in Thüringen. Die Entstehung der Langenauer-Höhle im Fichtelgebirge (s. w. von Geroldsgrün, unweit von Hof a. d. Saale und nördlich von Bayreuth) schreibt derselbe Gelehrte der Zersetzung eisenreichen Schiefers und der Knollenlage in dem oberdevonischen Kalksteine zu. Auch diese beiden Höhlen verdanken also ihre Entstehung einer chemischen Action und dürfen daher den Corrosionshöhlen zugezählt werden.

## F. Ueberdeckungsgehlen.

Auch diese Art von Höhlen entsteht durch verschiedene Ursachen, von denen jede der betreffenden Höhle ein eigenthümliches Gepräge verleiht, so daß aus der Form mit Leichtigkeit die Ursache gefunden werden kann, welche die Bildung hervorgerufen hat. Man kann sie in folgende Gruppen eintheilen:

1. In Höhlen, welche durch Bergstürze gebildet worden sind;
2. in solche, welche durch Ueberdeckungen von vulkanischen Auswurfstoffen entstanden sind;
3. in durch Quelltuffbildungen geschaffene Höhlenräume.

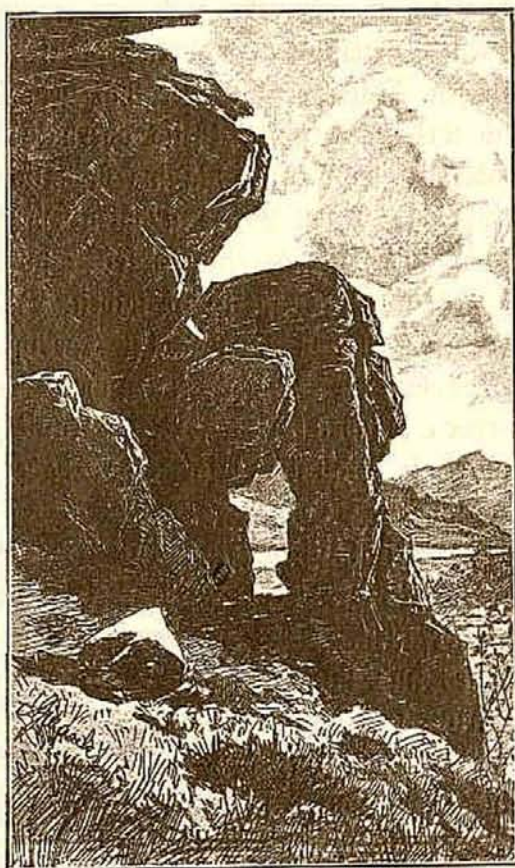
Unter die Ueberdeckungen sind auch jene zumeist unzugänglichen, engen Zwischenräume zu rechnen, welche zwischen den Moränenblöcken offen bleiben und sich nicht selten durch abnorme Temperaturverhältnisse auszeichnen. Ein solcher Moränenwall liegt im Iseltthale (in Tirol) zwischen Lienz und Huben, und enthält die sogenannten Eislöcher, die Professor Fugger den Windröhren zuzählt. Sie entfernen sich durch ihre geringen Dimensionen schon bedeutend von den eigentlichen Höhlen, obwohl es derartige Windröhren gibt, die auf kurze Strecken zugänglich sind. Ähnliche Zwischenräume mit abnormen Temperaturen gibt es auch in Halden von Gesteinstrümmern (Bergschutt), sie sind aber von so minimalen Dimensionen, daß sie hier füglich übergangen werden können. Im Capitel der Eishöhlen müssen sie wieder erwähnt werden<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Professor Dr. Gustav Adolf Koch hat ein derartiges Vorkommen aus einer Localität am Arlberge im „Jahrbuche für Mineralogie“ (Stuttgart 1877) beschrieben.

Ähnliche Erscheinungen wie vom Arlberge kennt man auch in den Halden von Basaltbergen; aber auch dort sind die Hohlräume, in denen sich die Eisbildung vollzieht, so unbedeutend, daß man mitunter kaum die Hand hineinzuzwängen vermag. Die wesentlichsten dieser Erscheinungen sind in dem Fugger'schen Kataloge der Eishöhlen und Windröhren enthalten, und es kann der Kürze halber einfach auf diese vortreffliche Literaturquelle hingewiesen werden.

Wirklich zugängliche Höhlen in Zwischenräumen von Granitblöcken sind einige der „Eislöcher“ der „Eisleithen“ nächst Frain in Mähren. Es gibt dort aber auch kleine, in die man nicht eindringen kann; alle jedoch zeigen abnorme Temperaturverhältnisse.

Durch abgestürzte und übereinander gethürmte, große Blöcke entstandene, gleichsam überdachte Räume gibt es viele, und sie mögen auch häufig von Menschen oder von Thieren als Zufluchtsorte gegen die Unbilden der Witterung benützt worden sein. Was jedoch die Franzosen unter der Bezeichnung „abri sous roche“ verstehen, sind nicht solche durch Zufall überdachte Räume, sondern Unterstände unter vorspringenden Felsdächern, oder auch seichte Nischenhöhlen, wie das in der Literatur oft erwähnte Felsdach von Bruniquel u. a. Unter die Ueberdeckungshöhlen gehört auch die Ulrichshöhle (oder hohler Stein) nächst Nürtingen in Württemberg, die nichts anderes ist, als ein geräumiger Spalt in einem abgestürzten Niesenblöcke von Silbersandstein. Der Raum ist groß genug, um genügenden Platz für ein durch den Fels gut geschütztes Lager eines Mannes zu bieten, und die Sage berichtet auch, daß Ulrich von Viechtenstein den Felspalt bewohnt habe. Ein ähnlicher Block soll der sogenannte „Zwergenollen“ am Haslerberge bei Meyringen in der Schweiz (nach Weber's Reiseführer) sein. Der Name entstand durch die Sage, daß Zwerge die Klüfte und Löcher des Blockes bewohnt haben. Auch im Walde von Fontaine-



Felssthor bei Weissenkirchen.

bleau soll es übereinander gestürzte Felsblöcke geben, zwischen denen höhlenartige Klüfte offen geblieben sind. In den Alpen gibt es unzählige derartige Räume in den Halden der Bergstürze und zwischen den Moränenblöcken. Bedeutend sind sie aber nie.

Eine weitere Form von Ueberdeckungen kann auch dadurch entstehen, daß große Felsblöcke klammartige Furchen überdachen und ihnen auf kurze Strecken ein höhlenartiges Ansehen verleihen. Auch bei Schachthöhlen kann auf diese Weise eine totale Ueberdeckung stattfinden, wodurch sie gewissermaßen in diese Kategorie zu zählen sind. Schachthöhlen werden aber oft absichtlich von den Menschen überdeckt, um Unglücksfälle zu verhindern, und zwar häufig weniger den Menschen zu Liebe, als wegen des Weideviehes.

Ein sehr schönes Beispiel der Ueberdeckung einer engen Thalspalte ist das Felsenthor im Uttewaldergrunde in der sächsischen Schweiz, welches durch Felsblöcke



gebildet wurde, die sich in der klammartigen Enge fest verkeilt hatten, ehe sie den Grund erreichten. Von Wänden abgelöste Blöcke liegen auch im Kremsthale (in Niederösterreich) vielfach übereinander geschichtet. Einzelne obenauf liegende größere Platten bilden förmliche Unterstände. Zu den Ueberdeckungen dürfte auch das natürliche Thor bei Weissenkirchen an der Donau (Niederösterreich) zu zählen sein, obwohl dasselbe zum Theile der Auswitterung seine Entstehung zu verdanken scheint.

Ueberdeckungshöhlen durch vulkanische Auswurfstoffe sind ziemlich selten. Als ein Beispiel für diese Form können die sogenannten Zwerglöcher am Schwödelberge zwischen Karlsbad und Gießhübel angeführt werden, die von Hochstetter<sup>1)</sup> und von Reuß<sup>2)</sup> beschrieben worden sind. Nach beiden Forschern wird die Entstehung der Zwerglöcher auf vordem eingeschlossen gewesene Baumstämme (glatte Stämme und Wurzelstöcke) zurückgeführt, nach deren Zersetzung der Hohlraum frei geworden ist. Thatsächlich erinnert auch die Form des größten unter den Zwerglöchern an jene eines Wurzelstockes, während die kleineren mehr die Form von runden Baumstämmen besitzen. Das größte Zwergloch liegt hart am Promenadewege, die kleineren befinden sich theils unterhalb, theils oberhalb desselben. Hochstetter führt auch eine auf diese höhlenartigen kleinen Räume bezügliche Sage an. Angesichts der Höhlenarmuth von Böhmen, dessen Berge größtentheils dem Massengebirge angehören, ist es doppelt interessant, gerade eine so selten vorkommende Art von Höhlen anzutreffen, an die sich sogar Sagen geknüpft haben. Diese Höhlen existiren wenigstens wirklich, während jene sagenhaften Höhlen im Egerthale nächst dem Hansheiligenfels, über welche „Des deutschen Volkes Sagenschatz“ von Edm. v. Felsthal berichtet, vergeblich gesucht werden würden. Der dortige Granit hat nur Absonderungsklüfte, aber keine Höhlen, und die nahen Basaltberge haben nur höhlenartige Steinbrüche allerjüngsten Datums.

Weit häufiger sind jene Ueberdeckungen, welche durch das Wachsen von Quelltuffen gebildet werden. Zumeist findet man sie in der unmittelbaren Nähe von Wasserfällen. Das mit kohlen saurem Kalk gesättigte Wasser zerstäubt während des Falles und incrustirt die Vegetation, welche sich im Gebiete des Staubregens befindet. Darum trifft man auch sehr häufig recente Landschnecken, Moose, Blätter und Aeste eingeschlossen, die den Aufbau beschleunigen helfen. Professor Quenstedt<sup>3)</sup> beschreibt eine Reihe von Quelltuffhöhlen aus Württemberg, von denen aber mehrere seither der Ausbeute dieses für Bauzwecke sehr geeigneten, leichten Gesteines zum Opfer gefallen sind. Nur das Todtenloch bei Unter-Drakenstein ist durch die darüber erbaute Kirche von der Zerstörung geschützt, während die Brühlhöhlen am Uracher Wasserfalle und das Hannessenloch (auch Berthahöhle genannt) bei Seeburg nicht mehr existiren. Letztere Höhle war 1823 entdeckt worden und soll die bedeutendste Tuffhöhle von Württemberg gewesen sein. Sie war 115 Fuß lang, 21 Fuß breit und 35 Fuß hoch. Sie war — sagt Quenstedt — nicht mit echtem Tropfstein ausgekleidet, sondern mit rauhen, traubigen und baumartig verzweigten Gewächsen, die für die Tuffhöhlen charakteristisch sind. Auch Oberbaurath Dr. von Schmann, der Schöpfer der Wasser-

1) Ferdinand von Hochstetter: „Carlsbad, seine geognostischen Verhältnisse und seine Quellen“ Carlsbad 1856, S. 62—64.

2) A. E. Reuß, „Geognostische Skizze der Umgebung von Carlsbad, Marienbad und Franzensbad“, Prag 1863, Separatabdruck aus Böschner's „Beiträge zur Balneologie“.

3) F. A. Quenstedt: „Geologische Ausflüge in Schwaben“, 2. Aufl., Tübingen (ohne Jahreszahl), S. 96.

versorgung der Albplateaux, erwähnt in seinem Berichte über dieses geniale Werk, Tuffhöhlen nächst der Pumpstation im Eybthale, aus denen er die Pumpwässer hergeleitet hat, und die ihm zugleich vortrefflichen Filter sand geliefert haben. Aus Bayern wird von Gümbel eine derzeit jedoch bereits wieder zerstörte Quelltuffhöhle erwähnt, welche bei Valley im Mangfallthale lag und Mülthalhöhle genannt worden ist.

Thirria (*Statistique mineralogique et géologique du Departement de la Haute-Saône*) wird von Virlet in seinem Büchlein: „*De l'origine des cavernes*“ (Paris 1836) als Gewährsmann für die Tuffablagerungen an der Mündung der „*Grotte d'Echenoz*“ (4 Kilometer von Vesoul) angeführt. Der Tuff wird auch dort ausgebeutet. Diese Höhle ist zugleich darum interessant, weil sie in dem rückwärtigen Theile, der nicht aus Tuff besteht, aus einer Kluft entstanden ist, die sich der ganzen Länge der Höhle nach verfolgen läßt. Ein 4 Meter weiter Schlot, der fast bis an die Oberfläche des Berges reicht, die voll von Trichtern ist, befindet sich im Innern der Höhle, was Virlet als eine Bestätigung der von ihm vertheidigten Ansicht betrachtet, daß die Erosion vorzugsweise in den Klüften jene Angriffspunkte findet, durch welche sie höhlenbildend wirken kann.

Martel führt in seinem neuesten Werke: „*Les abîmes*“ (Paris 1894) mehrere Ueberdeckungen von klammartigen Schluchten mit Quelltuff an. Sie gleichen Naturbrücken, und scheinen daher mehr Reste einstiger Tufflager von größerer Ausdehnung zu sein. Nach seiner Ansicht hat der Bach sich mit Hilfe einer Kluft einen Weg unter das Tufflager gegraben und denselben erweitert; wodurch aber die Tuffablagerung selbst entstanden sein mag, darüber geht er hinweg, und doch wäre gerade dies sehr wichtig zu erfahren, um den Fall richtig beurtheilen zu können. Martel führt von derlei Ueberdeckungshöhlen an: Pont-na-Dieu unweit von Grasse, Grotte de Saint Andrée, 6 Kilometer von Nizza, Perte de l'Argens bei Bidauban, zwischen Fréjus und Toulon, und schreibt allen die gleiche Entstehungsweise zu, was jedoch mit den Ansichten der deutschen Geologen nicht im Einklange steht, nach denen eine Ueberdeckung der Wasserläufe und nicht eine Unterwühlung vorher schon bestandener Tufflager die höhlenartigen Räume gebildet hat.

---

## VI. Capitel.

# Oberirdische Erosionserscheinungen.

Der Mangel an allgemein gültigen, einheitlichen Benennungen für die verschiedenartigen Formen der Höhlen hat schon zu vielen Mißverständnissen geführt. Schon die Bezeichnung „Grotte“ wird auf verschiedene Höhlentypen bezogen. Noch ärger ist es bei den Schlundhöhlen, die sowohl durch Erosion, als auch durch Einsturz entstehen können, für die es aber keine Bezeichnung gibt, aus welcher man die verschieden geartete Entstehungsweise zu erkennen vermöchte. Das Gleiche gilt von den Dolinen, die primäre Einstürze sein können oder die sich secundär im lockeren Materiale bilden, oder auch ebenfalls secundäre Abböschungen von Schlund- oder Spaltenöffnungen sein können. Auch in den fremden Sprachen fehlen die Ausdrücke, um die Entstehungsweisen genügend unterscheiden zu können, so z. B. gibt es im Französischen nur die Worte „Gouffre“ und „Abîme“ für alle Arten von Naturschächten, und es wird nichts Anderes übrig bleiben, als durch Beisätze (Abîme d'effondrement, Abîme d'érosion) die Sache näher zu erläutern.<sup>1)</sup> Dies ist aber nicht so leicht, als man glauben könnte, denn die Abgründe, welche aus der Erweiterung einer Spalte durch Erosion entstanden sind, können nachträglich durch Nachbrüche alle Merkmale von Einsturzercheinungen erhalten, weshalb man mit derlei Bezeichnungen sehr vorsichtig umgehen muß.

Nehmen wir als Muster den von Martel publicirten Durchschnitt<sup>2)</sup> des Aven (sprich Awenn) de Jean Nouveau, so sehen wir einen senkrechten Erosionsschlund von 163 Meter Tiefe, dessen oberste Mündung durch meteorologische Einflüsse trichterförmig erweitert ist. In einer Tiefe von 150 Metern hören die Erosionsspuren auf und es zeigen sich alle Merkmale eines von unten nach oben vorschreitenden Einsturzes. Die abgebröckelten Gesteinstrümmer haben die Communication mit der Wasserhöhle bereits verlegt und ein großer Block schwebt eingeklinkt 13 Meter über der Sohle des unten befindlichen erweiterten Raumes.

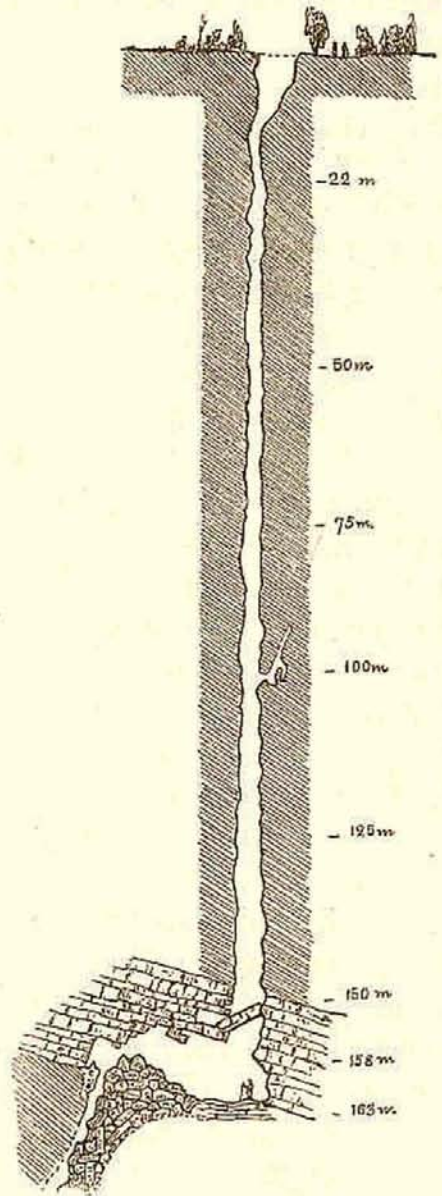
Eines der besten Beispiele für Schachtbildung durch directen Einsturz ist der Naturschacht nächst Brunnendorf in Krain, der sich erst 1889 geöffnet hat und dessen Tiefe 90 Meter beträgt.<sup>3)</sup> Auch das Thiergartenloch am Dachsteine in Oberösterreich ist eine deutliche Einsturzercheinung, weil man die Schichtung des abgestürzten Deckenmaterials, trotz der Erschütterung beim Auffallen, noch deutlich zu erkennen vermag. Das beste Merkmal, um Einsturzercheinungen von Erosionserscheinungen

<sup>1)</sup> Martel versucht neuerer Zeit das Wort „Aven“ für Naturschacht und „Cloups“ für trichterförmige Depressionen in die französische Literatur einzuführen, was immerhin schon ein Fortschritt ist, weil dadurch eine große Zahl von Localbenennungen entfallen.

<sup>2)</sup> La Nature, 21e année, 2e semestre, p. 60.

<sup>3)</sup> Siehe „Ausland“ 1890, Nr. 13, S. 255.

unterscheiden zu können, sind in den Dolinen stets die großen Deckenstücke, welche den Grund des späteren kleineren Nachfalles bilden. Selbst in großen Kesselthälern, welche zum Theile ein Resultat von wiederholten Nachbrüchen (nach Schmidl und Anderen) sind, kann man an Stellen, welche durch Flußläufe bloßgelegt sind, noch die wirr durcheinander liegenden großen Deckenstücke weitab vom jetzigen Gehänge liegen sehen, in denen noch mehrere Schichten aneinander haften. Solche Blöcke sieht man am Rande des Unzflusses im Planinathale. Derlei Einstürze müssen um so häufiger sein, in je klüftigerem, minder consistenterem und deshalb zum Einsturze mehr neigendem Gesteine die Höhlen liegen, welche die atmosphärischen Niederschläge abzuführen bestimmt sind, die ihnen durch Haarspalten, Klüfte und Schlote zukommen. In dichten, wenig klüftigen und möglichst horizontal gelagerten Kalken müssen dagegen die Einstürzererscheinungen weit seltener vorkommen, obwohl sie auch dort nicht fehlen. Der Abgrund von Padirac und der Tindoul de la Vayssière werden selbst von Martel als Einstürzererscheinungen betrachtet.<sup>1)</sup> Das dortige Gestein ist (nach Martel) harter Liaskalk. Daubrée beschreibt ausführlicher die Einstürze, welche durch die Auslaugung der Salzlager bei Arth-sur-Meurthe erfolgt sind. In Folge des großen Einsturzes vom Jahre 1876 wurde durch Gesetz der Rayon der Salzgewinnung beschränkt. Bei Lons-le-Saulnier im Jura-Departement sind wiederholt Einstürze erfolgt. Die bedeutendsten davon fallen auf die Jahre 1703, 1712, 1738, 1814 und 1830. Man schreibt sie der Auslaugung einer mergeligen und salzführenden Schichte zu, welche die Jurafalte unterlagert. Im Walde von Arbois liegen 13 große trichterförmige Depressionen (de toute forme) reihenweise angeordnet in der Richtung Nordost—Südwest. Auch Virlet erwähnt einen Einsturz, der 1835 in Irland erfolgt ist, ohne jedoch die Localität näher zu bezeichnen. Er berichtet, daß  $\frac{1}{4}$  Acre Landes 75 Fuß tief eingesunken sei, und zwar in Folge eines Erdbebens. Die Erdfälle nächst dem „salzigen See“ der Grafschaft Mannsfeld, welche Dr. Ule beschrieben hat<sup>2)</sup>, sind erst 1891 unter den Augen der Anwohner entstanden. Das Gleiche gilt von zahlreichen Einstürzen in den Karstländern. Jene von Reifnitz und von Gottschee wurden vom Verfasser besichtigt, noch ehe sie aus Rücksicht für das Weidevieh vollständig verschüttet worden waren.



Aven von Jean Nouveau, nach Martel.

<sup>1)</sup> Martel leugnet die Einstürzererscheinungen, wo er nicht ganz deutliche Beweise dafür vorhanden findet. Dagegen führt Daubrée zahlreiche Depressionen an, die er als Einstürzererscheinungen erklärt.

<sup>2)</sup> Die Mannsfelder Seen und die Vorgänge an denselben im Jahre 1892. Von Dr. Willi Ule, Eisleben 1893.

Schon Behrens (1720) bringt die Einsturzerscheinungen mit der subterranean Erosion in Verbindung und führt mehrere Beispiele von plötzlich entstandenen Erdfällen im Harz an, von denen einige derzeit kleine Seen enthalten. So berichtet er, daß das sogenannte Kreisloch im Jahre 1531 plötzlich entstanden sei, was er mit einem Erdbeben in Lusitanien in Verbindung bringt. Zu Behrens' Zeit hatte aber der See durch Nachfall schon die Hälfte seiner Größe eingebüßt. Weiters führt er an: den Erdfall bei Kotleberode, der durch fast 40 Jahre trocken und schon mit Sträuchern und Bäumen wieder bewachsen war, als er sich im Jahre 1650 ebenso plötzlich, wie er entstanden war, wieder vergrößerte. Auch drang Wasser hervor, welches seither nicht wieder verschwunden ist. Derartige Dolinenseen gibt es am Harz viele, und Behrens beschreibt deren allein über ein Duzend.

Wenn man aber den alten Berichten mißtrauen sollte, so kann man außer den bereits angeführten neueren sich auf eine Autorität berufen, der man einen Mangel an Kenntniß der betreffenden Localität gewiß nicht vorwerfen kann. Es ist dies der königl. württembergische Oberbaurath Dr. von Ehm ann (erster Staatsstechniker für das öffentliche Wasser-Versorgungswesen in Württemberg), der in seiner in Fachkreisen berühmten Schrift: „Die Versorgung der wasserarmen Alb mit fließendem Trink- und Nutzwasser zc.“ Stuttgart 1881 (in fol.) wörtlich schreibt:

„Von jener Urzeit an, da die jurassischen Meeresniederschläge, der Wasserbedeckung entrückt, zum Festland geworden waren, haben die Meteorwasser ihren Weg durch die Felsen gesucht und suchen ihn heute noch. Nur kurze Zeit fließt das Regen- und Schneewasser oberflächlich zu Tage, es eilt einem der Gesenke zu, zwischen den fahlen, felsigen Höhen, und auf einmal verschwindet der reizende Bach vor unseren Augen in der Tiefe: einer der Erdfälle oder Trichter<sup>1)</sup> hat ihn verschlungen. Zahllos sind kreisrunde, steilwandige Löcher, 5 bis 12 Meter tief, über die Höhen der Alb verbreitet, bald mit grünem Rasen und Gebüsch bewachsen, bald die kahle Felswand zeigend. Jährlich brechen noch solche Trichter ein wie vor Zeiten, wovon die Bewohner vieler Alborte zu erzählen wissen. Die Entstehung anderer hat die Chronik bewahrt. So beschreibt Pfarrer Mayer von Raichingen den am 5. December 1680 erfolgten Einbruch des großen Trichters bei den Winnender Höfen in fast romanhafter Weise. Er geschah zur Zeit ungewöhnlicher Kälte. „Warme Dämpfe“ sah man in Nebeln aus der Tiefe steigen und hörte in der Tiefe Wasser rauschen. Daß das Ereigniß mit dem großen Kometen jenes Jahres in Verbindung gebracht wurde, lag ganz im Geiste der Zeit.“

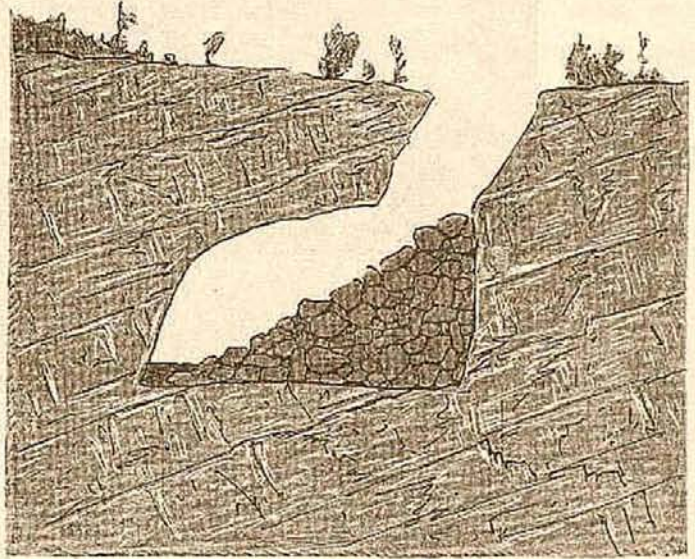
Zahlreiche Nachrichten über constatirte Einsturzerscheinungen enthält auch das Capitel „Einsturzbeben“ der „Erdbebenkunde“ von Professor Dr. Rudolf Hoernes (Leipzig 1893), S. 290 ff., wo man auch zahlreiche Literaturnachweise finden kann, auf welche hiermit hingewiesen wird. Dieses vortreffliche und leicht verständliche Werk enthält in diesem Capitel auch einige Karsttheorien, sowie mehrfache Hinweise auf Spalten- und Kluftbildungen, welche mit seismischen Erscheinungen im Zusammenhang stehen.

Angesichts so zahlreicher Beweise von recenten Einstürzen ist es auffallend, daß immer wieder Versuche auftauchen, die Einstürze abzuleugnen oder sie zum Mindesten als höchst seltene Erscheinungen zu bezeichnen. Die Leugner der Einsturztheorie vergessen eben, daß die Kennzeichen der Entstehung verhältnißmäßig bald verschwinden

<sup>1)</sup> Herr Oberbaurath Dr. von Ehm ann unterscheidet also auch zwischen Erdfällen und Trichtern.

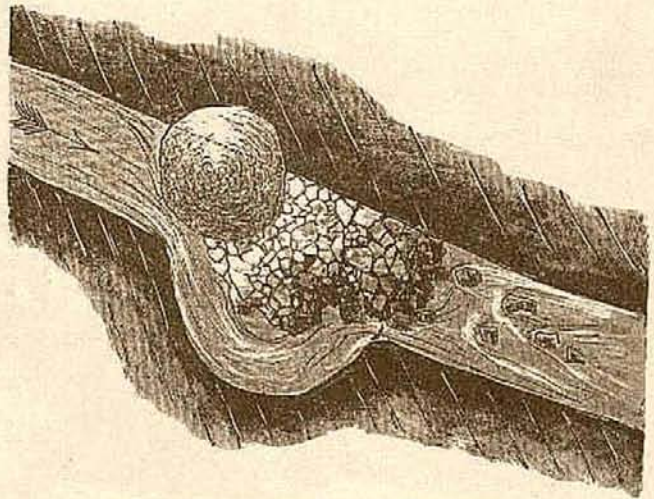
und berücksichtigen nur jene der äußeren Einflüsse, die umformend gewirkt haben. Auf diese hin schreiben sie die Entstehung nur den äußeren Einflüssen zu, die aber erst nachträglich in Action getreten sind, und nur die gegenwärtige Form, nicht aber die Erscheinung selbst hervorgerufen haben.

Die primären Einsturzschlünde sind zum größten Theile Schlünde von größeren Dimensionen, deren Grund entweder schon durch die Menge des Deckenbruchmaterialies soweit aufgefüllt worden ist, daß ihre ursprüngliche Tiefe sehr reducirt ist oder in die wegen der geringen Mächtigkeit ihrer einstigen Decke nur geringe Mengen von Einsturzmaterial gelangen konnten, weshalb in solchen Abgründen auch häufig entweder nach einer Seite hin, oder auch nach beiden Seiten, die Fortsetzung des Höhlenganges noch zugänglich bleibt. Ist die Menge des Einsturzmaterialies größer als der Raum, in den es hinabstürzt (d. h. war die Decke mächtiger als der Höhlenraum), so wird die Höhle ganz verschüttet. Ist das Gegentheil der Fall, so bleibt die Communication mit der Höhle offen.



Schief gelagerter Einsturzkegel (Querschnitt). 7

In trockenen Grotten bleibt das abgestürzte Material liegen, in Wasserhöhlen wird es mitunter fortgeschafft, wenn die Kraft des Höhlenbaches dazu ausreicht. Dann entsteht sehr häufig ein Einriß, welcher den Trümmerberg theilt und zwei gegenüber gelagerte Schutt- und Trümmerkegel zurückläßt. Mitunter gräbt sich bei schiefer Lagerung des Bruchmaterialies auch der Bach auf der tiefsten Stelle einen Weg durch das Hinderniß und greift dabei zugleich eine Seitenwand der Höhle an (siehe die beistehenden Abbildungen), wodurch ein an-

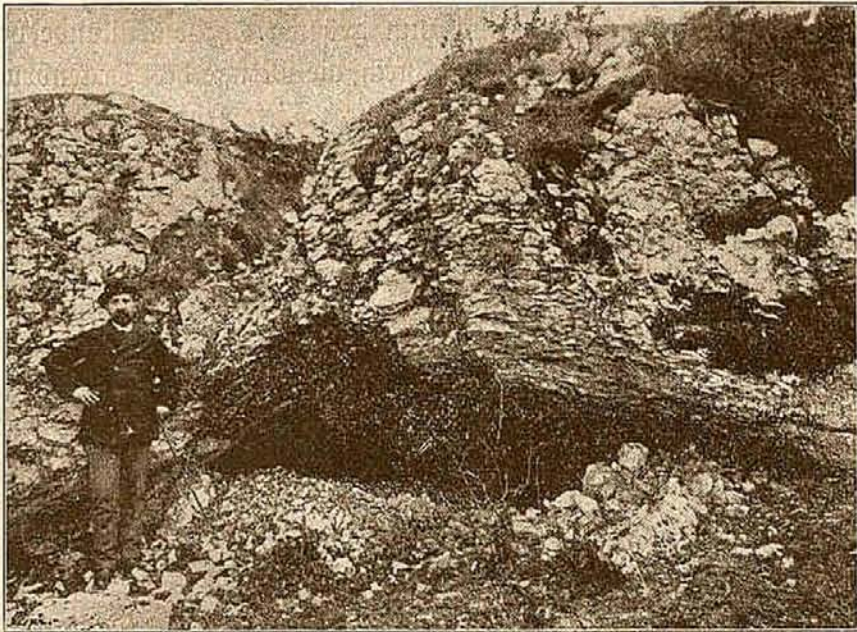


Schief gelagerter Einsturzkegel (Grundriß).

nähernd kreisförmiger Gang ausgewaschen wird, der wieder in die gerade Fortsetzung des ursprünglichen Ganges mündet. Steil geneigte Schichten neigen natürlich mehr zur Verschiebung und zum Abbruche als horizontal gelagerte.

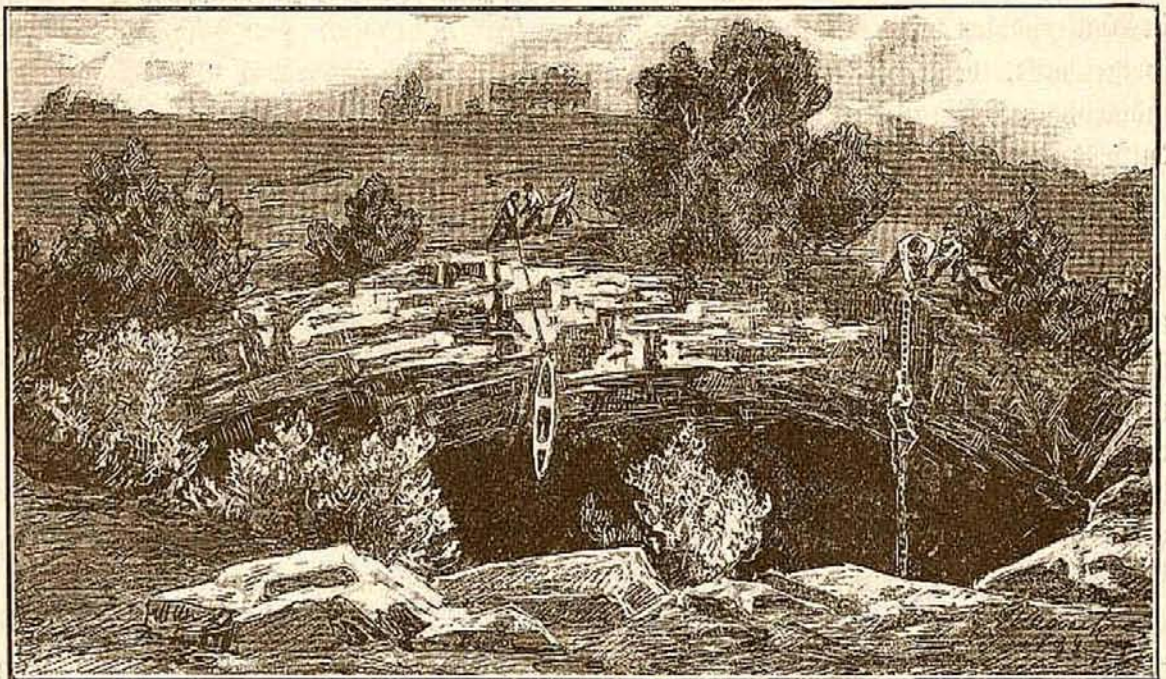
Besonders zum Einbruche geneigt sind solche Stellen, wo sich unterirdische Seitenbäche in Höhlenflüsse ergießen, wodurch sich größere Weitungen bilden. Befinden sich an der Decke überdies noch Infiltrationsklüfte, so ist die Consistenz der Decke so sehr geschwächt, daß der mindeste Anstoß genügt, um einen entweder partiellen oder totalen Deckenbruch hervorzurufen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß auch die Denudation mithelfen kann, daß sich die Mächtigkeit der Decke vermindert. Ein solcher Fall liegt bei der kleinen, aber sehr instructiven, trockenen Grotte Lanzarevec (spr. Lantscharieuz) nächst Adelsberg



Eingang der Lantscharieuz Grotte bei Groß-Dttol.

vor, wo die an der schwächsten Stelle kaum 40 bis 50 Centimeter starke Decke in der Mitte eingebrochen ist und eine runde Oeffnung bildet.<sup>1)</sup> Es ist dies ein klarer



Schlund von Padirac.

Beweis, daß an der Zerstörung dieser Höhle auch der oberirdische Abtrag mitwirkt, wie überhaupt die Karsterscheinungen durch das Zusammenwirken der oberirdischen mit der subterranean Erosion einzig und allein zu

<sup>1)</sup> Siehe auch die Abbildungen, S. 75, 76, 77.

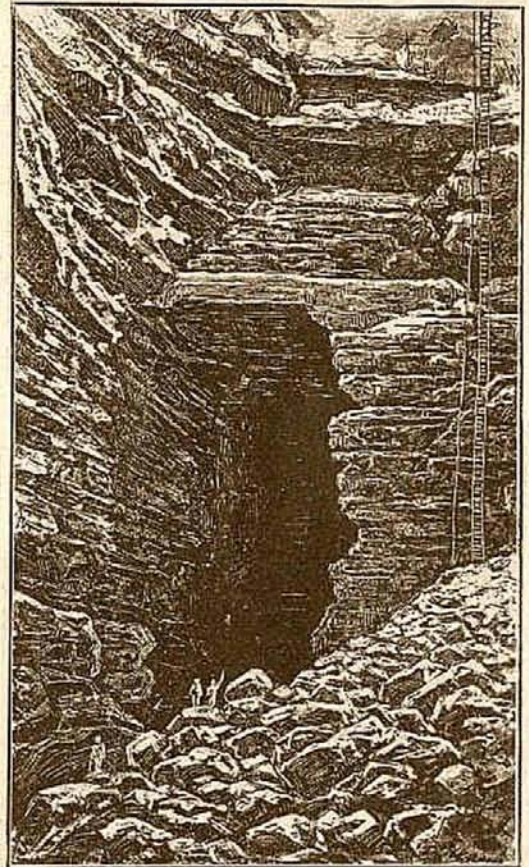
erklären sind. In den Plateaugebirgen, welche aus klüftigen und dadurch permeablen Gesteinen aufgebaut sind, findet die subterrane Erosion mehr Angriffspunkte als in impermeableren Gesteinen, und sie arbeitet daher mit an der Zerstörung des Gebirges. Durch das Hinzutreten einer anderen Ursache muß auch die Wirkung eine andere werden, und diese äußert sich in der erzeugten veränderten Reliefform und im abweichenden Thalbildungsproceß, welcher durch die subterrane Erosion vorbereitet und durch die oberirdische vollendet wird.

Der vollendete Thalbildungsproceß bildet gewissermaßen den Abschluß des Karstproceßes. Der Verlauf des letzteren erzeugt jedoch gewisse Reliefformen, deren Entstehung vielleicht aus dem Grunde zu Controversen stets Anlaß gegeben hat, weil man sich über die Benennungen nicht verständigen konnte. Darum ist es nothwendig, gewisse Typen aufzustellen, um die fortwährenden Mißverständnisse zu beseitigen. Es seien als solche gewählt:

1. Einsturzschlünde, von einer Tiefe von 10 bis 100 Metern und darüber, mit Steilwänden und von 10 Meter Durchmesser und darüber, wobei bemerkt werden muß, daß die Zahlen keine Norm abgeben dürfen, nachdem das angeführte Beispiel der kleinen Grotte „Lantcharieuz“<sup>1)</sup> es beweist, daß es auch Einsturzschlünde von minderm Durchmesser und von minderer Tiefe geben kann. Der Schlund von Padirac repräsentirt diese Form in vorzüglicher Weise. Das Blockmaterial am Grunde besteht bei recenteren Einbrüchen aus großen Deckenstücken, bei älteren ist es durch Nachfall und Einschwemmung überdeckt.

Einsturzschlünde können auf verschiedene Weise entstehen, und zwar durch einmaligen plötzlichen Deckenbruch, sowie durch successive Ablätterung der Decke. Ferner durch Senkung von steil aufgerichteten Schichten in den Deckenpartien. Die Entstehung von Einsturzschlünden und ihre Umwandlung zu Einsturzdolinen sind in den Abbildungen Seite 116 dargestellt. Fig. 1 stellt eine ungestörte Wasserhöhle vor; Fig. 2 dieselbe mit geborstener Decke. In Fig. 3 ist der Einsturz bereits erfolgt, das Deckenmaterial hat den Wasserlauf geschwellt, der nun in höherem Niveau über dasselbe hinwegfließt. In Fig. 4 ist der Damm durchrissen und bei Niederwasser sieht man zu beiden Seiten des Wasserlaufes steil gelagerte Trümmerkegel. Das ist der gewöhnliche Vorgang in hohen Höhlen mit dünner Decke.

In niederen Wasserhöhlen mit mächtiger Decke verlegen die Einstürze, wenn sie plötzlich erfolgen, dem Wasserlaufe seinen Weg vollständig, und er ist genöthigt,



Schlund von Padirac, Innenansicht mit dem Schuttkegel am Grunde nach Martel.

<sup>1)</sup> Der Name stammt vom Grundbesitzer, in dessen Terrain die Grotte liegt.



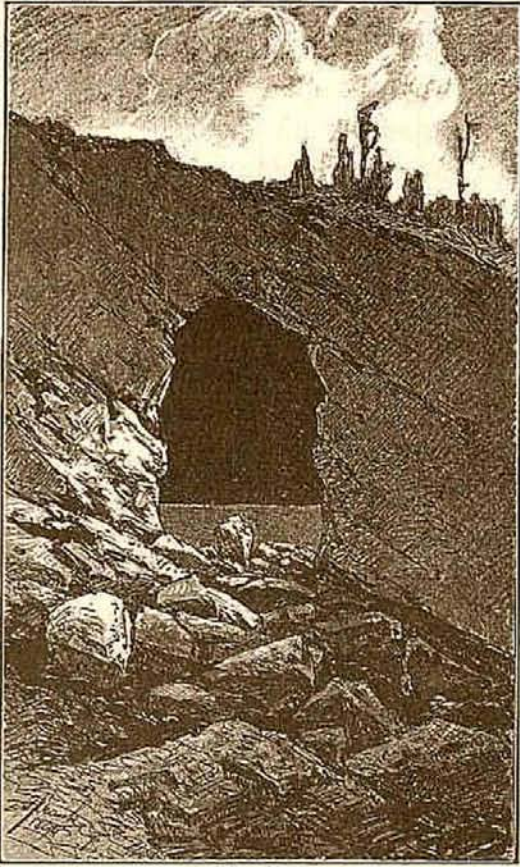


Fig. 1.

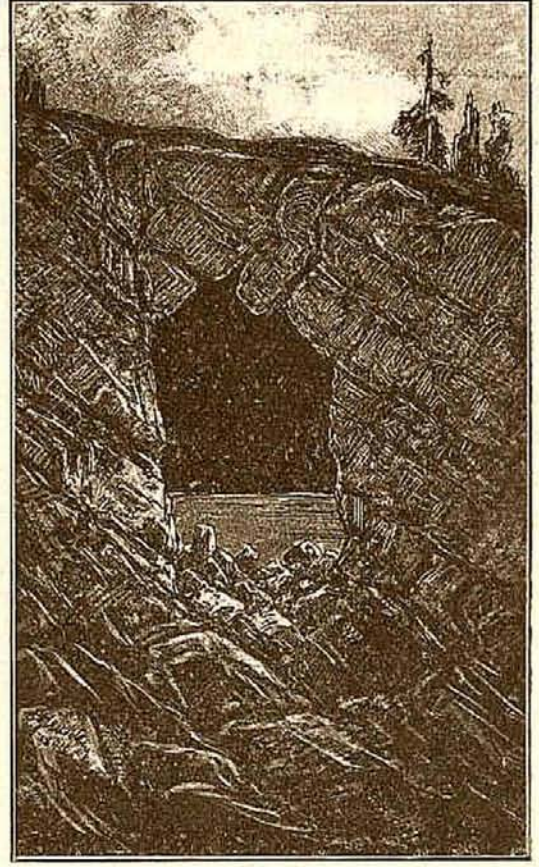


Fig. 2.

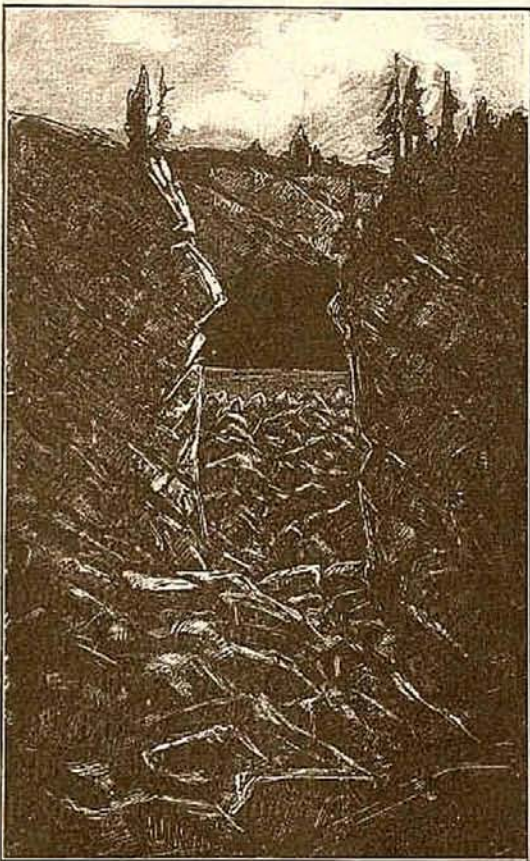


Fig. 3.



Fig. 4.

Schlund- und Dolinenbildung ohne Verfüllung der Wasserhöhle.

das Hinderniß, welches er nicht zu bewältigen vermag, zu umgehen, wozu irgend eine Kluft ihm dienen muß, die stromaufwärts mit der Wasserhöhle communicirt und

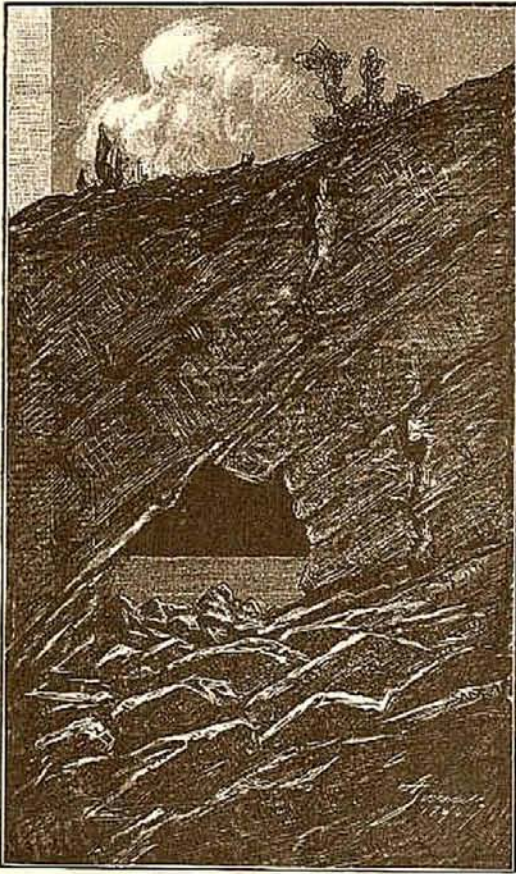


Fig. 5.

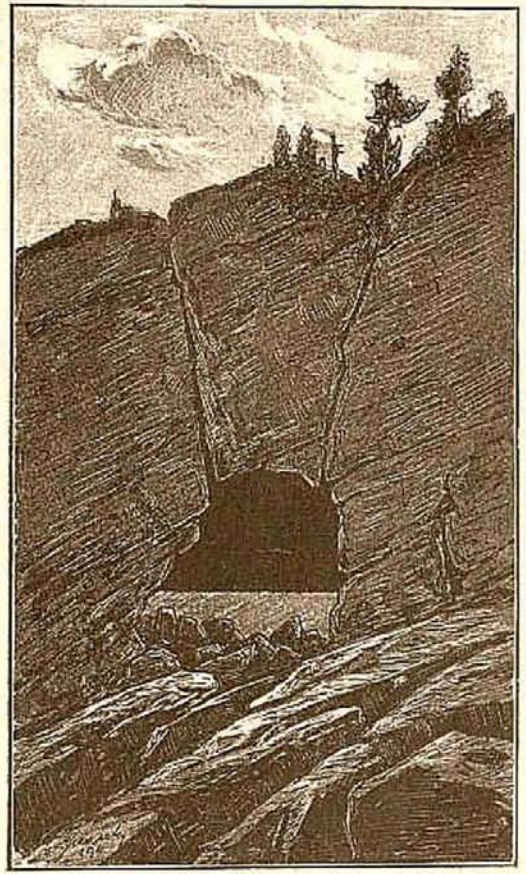


Fig. 6.

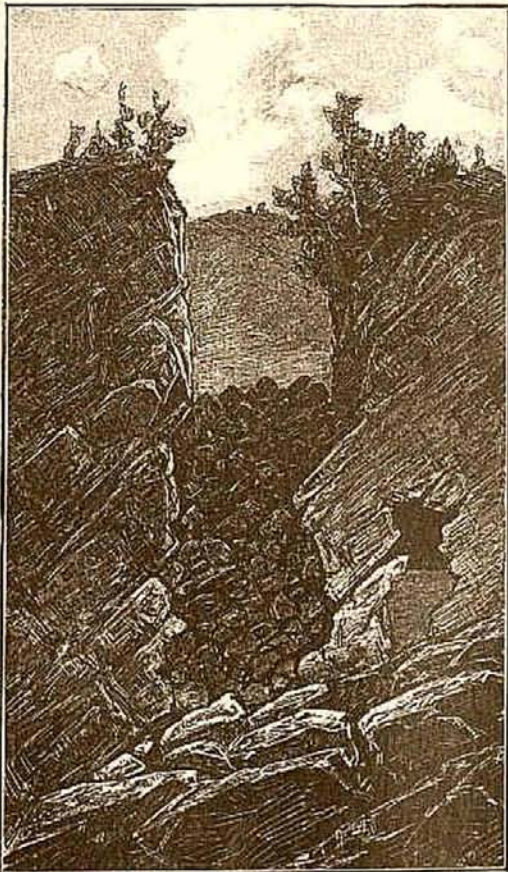


Fig. 7.

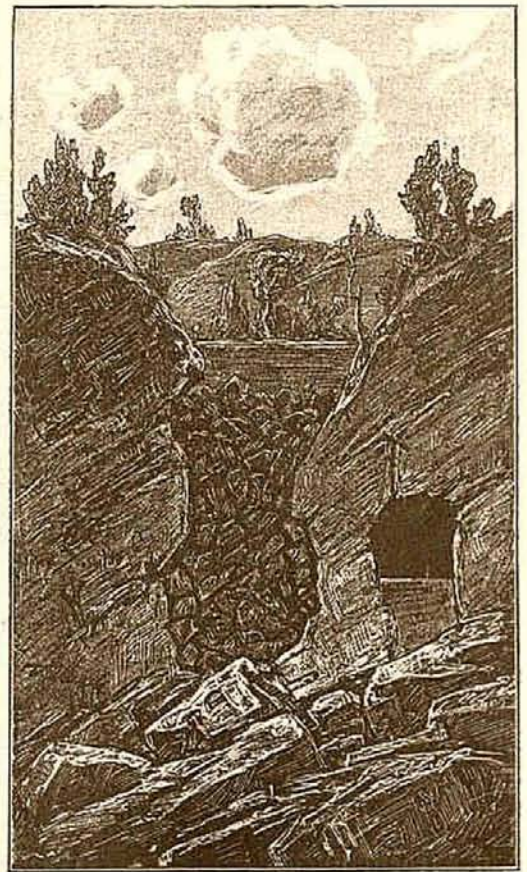


Fig. 8.

Verschüttung einer Höhle durch Bildung einer Einsturzdoline.

nicht mit dem früheren Unterlaufe gerade zu communiciren braucht, obwohl auch Pfeilerbildungen nichts Seltenes sind. Letzteres kommt im unterirdischen Poiklaufe

mehrmals vor. Fig. 5 stellt eine solche Wasserhöhle vor. In Fig. 6 ist die Decke geborsten, in Fig. 7 eingestürzt und die Höhle ist verschüttet. Das Wasser hat sich andere Wege gesucht, die noch nicht vollständig erweitert sind. In Fig. 8 ist der Proceß vollendet. Aus dem steilen Einsturzschlunde ist eine trichterförmige Doline durch Abböschung der Steilwände entstanden. Das Blockmaterial ist durch Sedimente überlagert, über denen sich Vegetation angesiedelt hat.

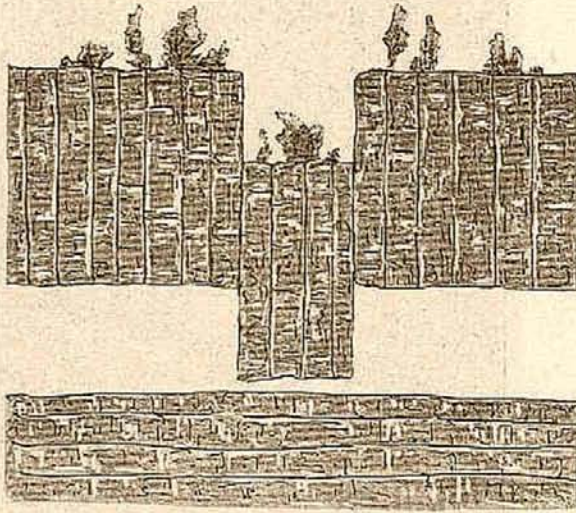


Fig. 9.

Berengung durch Verschiebung senkrecht einfallender Schichten.

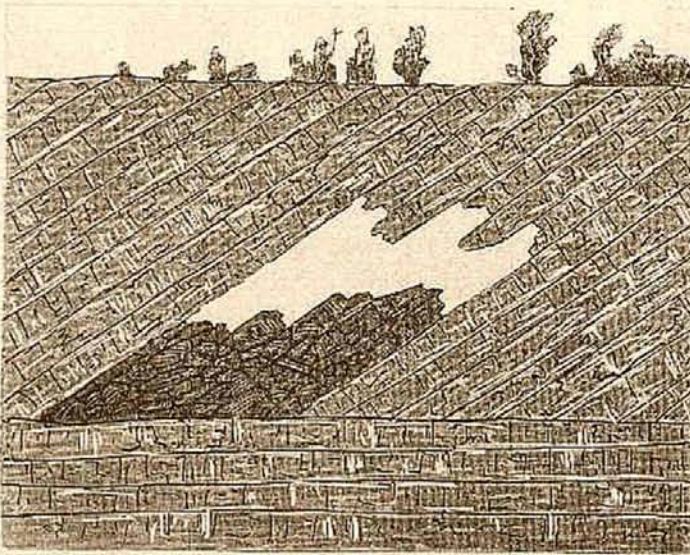


Fig. 10.

Abbröckeln stark geneigter Schichten

entstanden ist, wie in Fig. 11, bei der ein plötzliches Nachgleiten angenommen ist. In beiden Fällen entsteht auf der Oberfläche eine dolinenförmige Depression, welche mit der Abböschung des vorspringenden Theiles vollendet ist. Jene Seite aber, welche Schichtflächen zeigt, wird minder von den äußeren Einflüssen angegriffen, die nur Regenvinnen (Karrenfelder) erzeugen können, wie dies bei der Doline stara apnonca (nächst Adelsberg) der Fall ist.

Aus Schlünden entstehen also durch meteorologische Einflüsse

Die Schlundbildung durch plötzliches Nachsitzen von senkrechten Schichten dürfte zu den seltensten Formen gehören. Ein Beispiel dafür bildet jedoch die kurze Unterbrechung in der Kaiser Franz Joseph- und Elisabeth-Grotte<sup>1)</sup>, durch welche derzeit der künstliche Durchschlag führt. Die alte Höhlendecke sitzt auf dem Boden auf. In Fig. 9 ist eine solche Verschiebung dargestellt, die auf der Oberfläche durch einen geschlossenen Schlund auch bemerkbar ist, dessen Wände mit der Zeit ihre Steilheit verlieren, wodurch die Dolinenform entstehen kann. Ein solches locales Nachsitzen von Schichten ist aber nur dort denkbar, wo sich unterhalb ein Hohlraum befindet.

Was endlich die Bildung von schrägen Schlünden betrifft, die durch successive Loslösung von Deckenstücken bei schräg geneigten Schichten entstehen können, so können die Abbildungen 10, 11 und 12 vielleicht einen Begriff davon geben. In Fig. 9 füllt sich eine Höhle, die in geneigten Schichten liegt, durch Loslösung von Deckenstücken. Dies kann sich so lange fortsetzen, bis auch der letzte Rest der Decke verschwunden und eine Depression

<sup>1)</sup> Seitengang der Adelsberger Grotte.

2. Die echten Dolinen oder Einsturzdolinen. Durch Verwitterung, Frostwirkung, mechanische und chemische Erosion verliert der Schlund seine Steilwände. Das zuerst auf die Deckenbruchstücke abstürzende Material besteht noch aus gröberem Blöcken, später werden auch kleinere Stücke und Schwemmprodukte am Grunde der Doline abgelagert. Am fahlen Gehänge bilden sich an dafür geeigneten Stellen Erosionsfurchen (Karren), und je mehr Material von den Rändern zur Tiefe gebracht wird, desto mehr verschwindet die Trichterform. Diese wird endlich zur seichten Schüsselform, und schließlich kann, wenn die Lage günstig ist, auch die ganze Depression verwischt werden. Obwohl daher Einsturzschlünde und Einsturzdolinen die gleiche Entstehursache haben, so besteht doch ein so wesentlicher Unterschied in der Form, daß sie von einander getrennt werden müssen.

Die beigegebenen Abbildungen von echten Dolinen mit Abhöschung in verschiedenen Stadien veranschaulichen die successive Umbildung. Selbstverständlich gibt es während der Umbildungsperiode Stadien, wo es vom Belieben des Beobachters abhängen kann, ob er die eine oder die andere Bezeichnung wählen will. Zu den Dolinen können auch die Kesseltäler gerechnet werden. Der Unterschied zwischen Beiden besteht nur darin, daß die Dolinen durch einmaligen Einbruch gebildet werden, während die Kesseltäler durch fortgesetzte Einbrüche und nachträgliche Erweiterung durch oberirdische Einflüsse entstanden sind.<sup>1)</sup> Zwischen beiden stehen die Doppeldolinen von länglicher Form, deren Trennungsgrat oft noch erkennbar ist, und die Furchen, welche aus der Vereinigung einer Dolinenreihe entstehen, wobei auch in den Karstländern menschliche Nachhilfe häufig mitwirkt.

Um also den vielfachen Mißverständnissen ein Ende zu machen, bleibt kein anderes Mittel übrig, als die Einsturzschlünde von den anders geformten Einsturzdolinen zu trennen und letztere als die echten Dolinen zu

<sup>1)</sup> Von den auf andere Weise als durch Deckenbruch entstandenen Kesseltälern wird noch später die Rede sein.

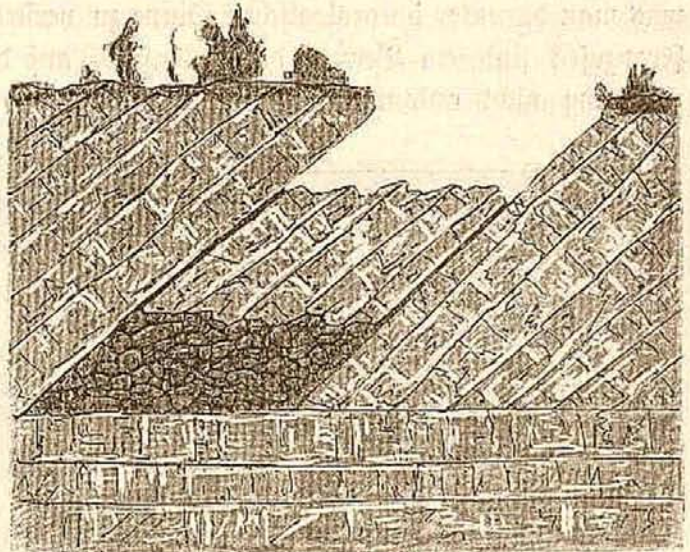


Fig. 11.  
Abbröckeln schief geneigter Schichten mit nachleitender Decke.

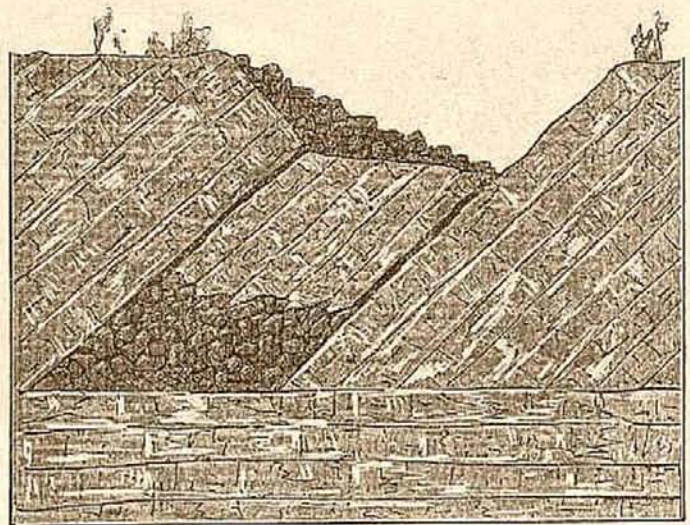
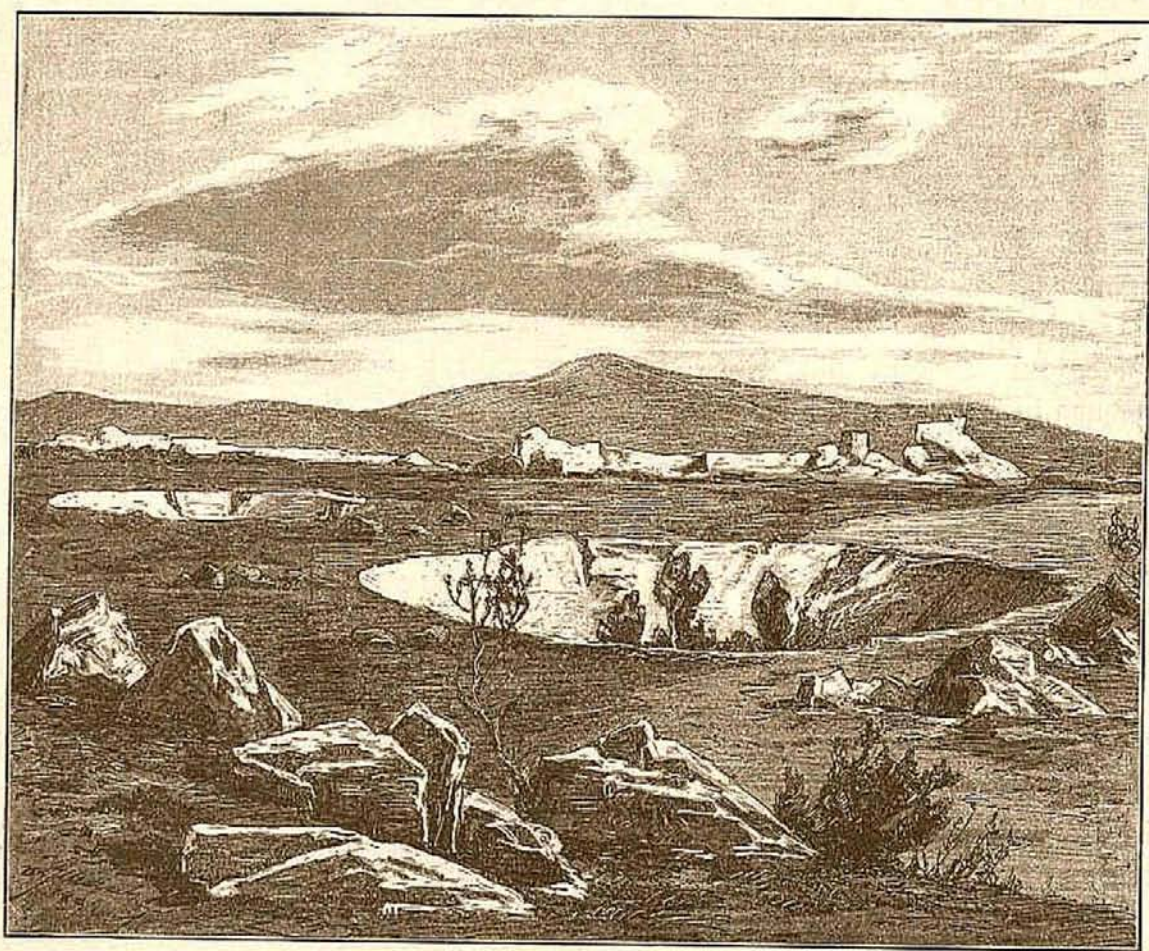


Fig. 12.  
Dolinenbildung in Folge des Gleitens schief geneigter Schichten.

betrachten. Die sehr ähnlich geformten Erosionstrichter die wohl mit den Karsttrichtern von Mojsisovics (vide pag. 25) identisch sein dürften, gehören aber durchaus nicht hieher. Für zwei auf ganz verschiedenem Wege entstandene Erscheinungen müssen auch zwei verschiedene Namen eingeführt werden, um den leidigen Verwechslungen vorzubeugen. Ob die Namen ethymologisch richtig sind oder nicht, das ist gleichgiltig, die Hauptsache bleibt stets, daß man wisse, was unter dem Ausdrucke zu verstehen ist. Der Ausdruck Denudation ist zum Beispiel auch nicht sehr correct, aber man weiß doch, was man darunter im geologischen Sinne zu verstehen habe.<sup>1)</sup> Auch die „thalwegs“ der Franzosen sind ein Beweis dafür, daß es auf die ethymologische Richtigkeit der Bezeichnung nicht ankommt, sondern nur auf die allgemeine Giltigkeit derselben. Will



Dolinenlandschaft nach einem Aquarell von Beuerlin.

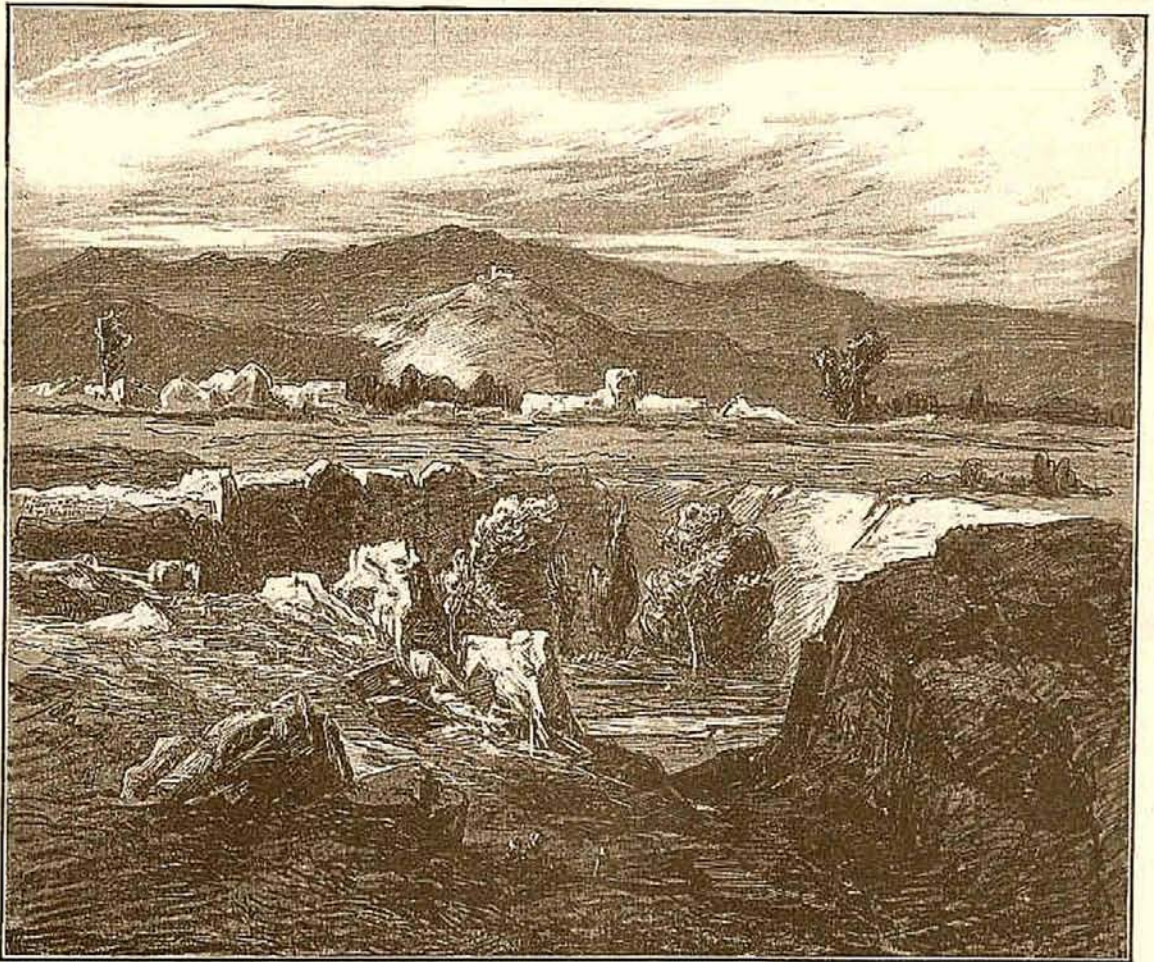
man also das bereits eingebürgerte Wort „Doline“ überhaupt beibehalten, so darf man es nur für eine einzige Type anwenden, und als solche können die echten oder Einsturzdolinen gewählt werden. Für die ähnlich geformten unechten Dolinen kann ganz gut der Name Karsttrichter angewendet werden, welcher durch Mojsisovics populär geworden ist, ohne deshalb seine daran geknüpften Theorie acceptiren zu müssen.

<sup>1)</sup> Die Forstleute verstehen unter Denudation allerdings etwas ganz Anderes als die Geologen, wie sie auch die Worte „Karst“ und „Verkarstung“ in einem ganz anderen Sinne anwenden. Wegen der fehlerhaften Anwendung einer Bezeichnung in einer Disciplin braucht man aber einen Ausdruck nicht zu eliminiren, der allgemein Geltung besitzt. Das Wort „Karst“ bezeichnet eine Oberflächenercheinung, welche durch geologische Vorgänge hervorgerufen wurde. Es in anderem Sinne anzuwenden, ist falsch.

Wenn auch die Erosion ganz ähnliche Formen wie der Einsturz erzeugen kann, so müssen sie doch sowohl theoretisch, als auch in Bezug auf die Nomenclatur von ihnen getrennt werden.

Die wesentlichsten Typen der reinen Erosionserscheinungen sind:

3. Erosionsschlünde, welche gleich den Einsturzschlünden auch häufig Naturschächte<sup>1)</sup> genannt werden, eine Bezeichnung, die man eigentlich nur bei engeren Schlünden von wirklicher Schachtform anwenden sollte. Die Erosionsschlünde entstehen aus der Erweiterung von engen Spalten, die mit tiefer liegenden Höhlenräumen communiciren, durch welche das Infiltrationswasser abfließen kann. Wo keine Wassercirculation stattfinden kann, bildet sich kein Erosionsschlund.

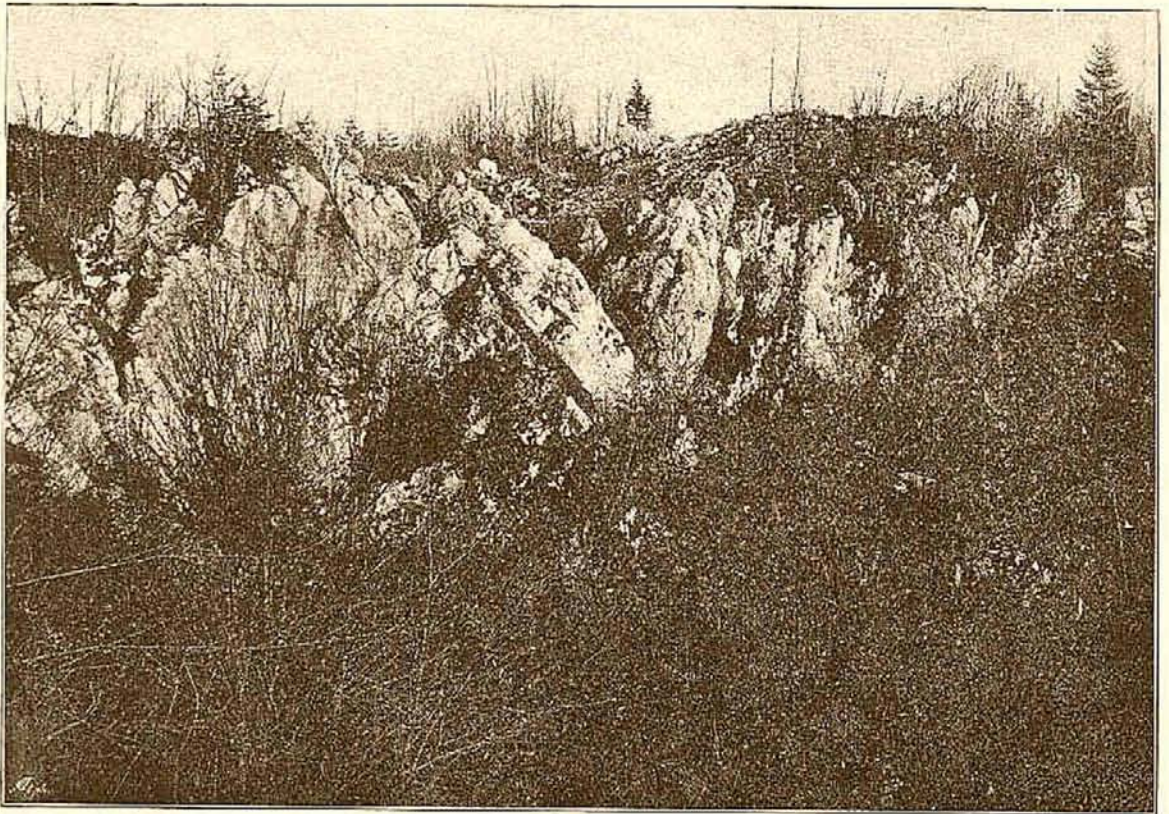


Doline bei Repentabor nach einem Aquarell von Bencklin.

Je größere Wassermengen aber zur Circulation gelangen, desto mehr werden die Wände der ursprünglichen Spalte angegriffen und mit der fortschreitenden Erweiterung fällt auch der Widerstand für das einfließende Wasser, wodurch es erklärlich wird, daß die engeren, mehr Widerstand bietenden, benachbarten Spalten nur mehr wenig Zufluß erhalten, weil die bereits zum Schlunde erweiterte größere Spalte mit großer Raschheit die Wässer aufzunehmen und abzuführen vermag. Es ist daher auch nicht zu wundern, daß sich oberirdisch ganze Rinnen (die thalwegs der Franzosen) bilden, welche zu den Schlünden führen, und daß sich periodische oder permanente Bäche, welche in der Nähe fließen, einen Weg in solche Schlünde gebahnt haben. Die Form

<sup>1)</sup> Der französische Ausdruck ist „puits naturels“. Einzelne deutsche Geologen nennen sie geologische Orgeln, Schlünde, Schachtlöcher zc.

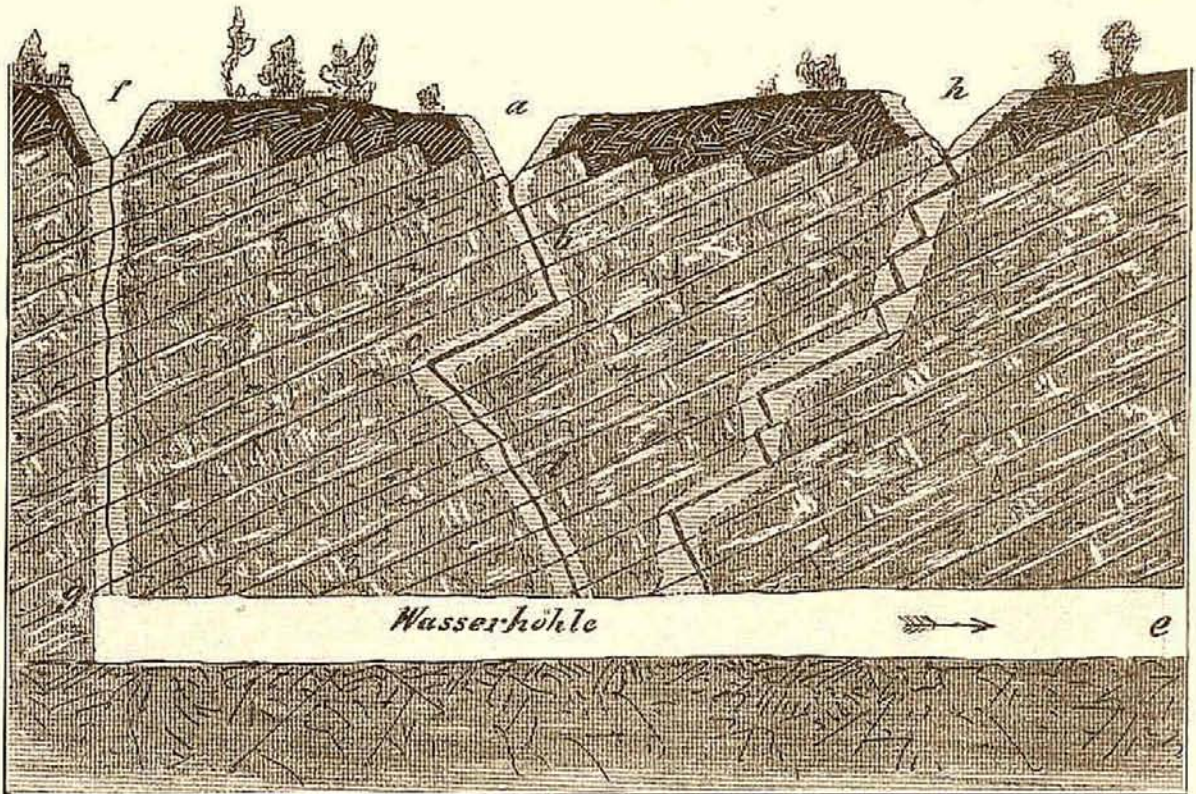
der Erosionsschlünde ist eine weit mannigfaltigere, als jene der Einsturzschlünde, die schon wegen ihrer Entstehungsweise senkrechte, ja sogar oft überhängende Wände besitzen. Je nach der Vertheilung der Klüfte, Sprünge oder Haarspalten im Gesteine, durch deren Hilfe das Infiltrationswasser seinen Weg sich bahnen konnte, haben die Erosionsschlünde ein mehr oder minder steiles Gefälle, welches bis zum senkrechten Absturze geht. In letzterem Falle gleichen weite Erosionsschlünde sehr den Einsturzschlünden, und dies mag die Ursache sein, daß einzelne Forscher keinen Unterschied machten, beide Formen für identisch erklärten und überhaupt von einem Einsturze nichts wissen wollten. Bei Schlünden verwischen sich die Spuren ihrer Entstehungsart verhältnißmäßig sehr rasch durch das Hinzutreten der meteorologischen Einflüsse auf die Wände, und zwar besonders: nahe am Tage. Diese Einflüsse wurden bei Einsturzschlünden bereits oben nachgewiesen. Bei Erosionsschlünden tritt aber noch ein



Innenansicht der Doline Krševik nach einer Photographie von Schäfer.

Moment hinzu, welches die Erosionsspuren total zu verwischen vermag, und dieses ist die von unten her beginnende Abbröckelung durch Nachfall, welche dem Erosionsschlünde seine glatt geschuerten Wände raubt und ihnen ein scharfkantiges Ansehen gibt, welches eigentlich nur bei Einsturzschlünden vorkommen sollte. Derartig umgewandelte Schlünde sind nur schwer mehr als Erosionsschlünde zu erkennen, und es bedarf einer besonderen Übung, um ihre Entstehungsweise herauszufinden. Der Abgrund von Jean Nouveau (S. 111) ist im Beginne einer solchen Umwandlung begriffen, die aus dem Durchschnitte auch für den Nichtfachmann leicht erkennbar ist. Um die schrägen Formen oder die etagenförmigen Schlünde in Bezug auf ihre Entstehungsweise zu erklären, dürfte die schematische Zeichnung S. 123 genügen. Bei *a* hat sich das Wasser durch das aufgelagerte Erdreich einen Weg zu einer Spalte gebahnt, welche bei *b* die Schichtung des Gesteines durchbricht, bei *c* folgt es der Lagerung des Gesteines, bei *d* gelangt es in anderem Winkel als bei *b* an die

Grenze des durchlässigen Gesteines und findet dort mit vermindertem Gefälle einen Ausweg nach *e*, den es zu einer horizontalen Höhle (oder Tunnelhöhle) erweitert. Sind die Klüfte mehr senkrecht vertheilt, so entsteht die richtige Schachtform wie bei *f—g*. Die Stagenhöhle *h—i* nimmt einen anderen Verlauf. Ein abwechselndes Durchbrechen und Verfolgen der Schichten erzeugt stets die Stagenhöhlen. Die punktirten Linien zeigen die späteren Erweiterungen an<sup>1)</sup>. Die trichterförmigen Mundlöcher gleichen sehr den echten, primären Dolinen; sie unterscheiden sich aber von ihnen dadurch, daß sie am Grunde ein offenes, sehr häufig auch sichtbares Abflußloch besitzen (s. Neumayr l. c., S. 455), was bei den Einsturzdolinen nicht der Fall ist, auf deren Grund man entweder offene Höhlen oder ein Gewirre von Klüften zwischen dem Einsturzmaterial findet, wenn dasselbe nicht nachträglich durch Schwemm-



Ausbildung von Klüften zu Schlünden.

producte überdeckt worden ist. Auch sind die Dimensionen dieser Klüftmündungstrichter häufig nicht bedeutend.

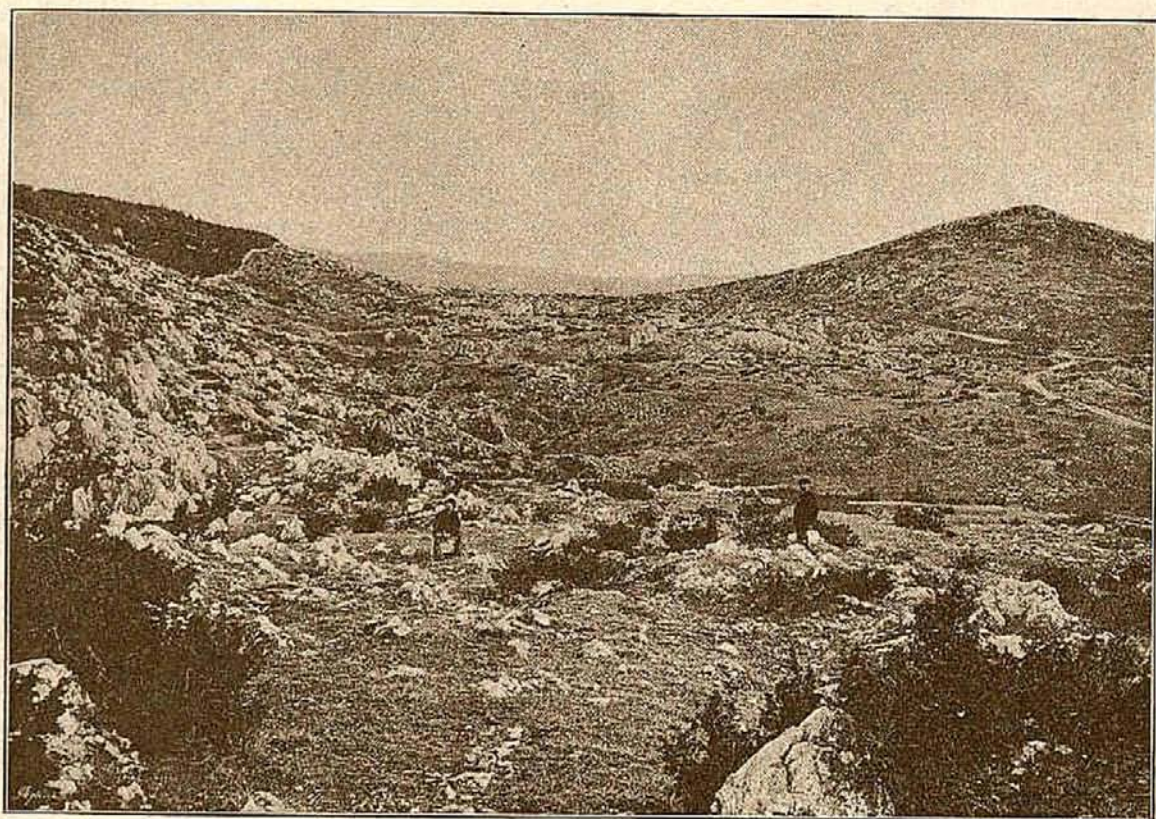
Nur selten in Function tretende oder ganz außer Function getretene Spalten-systeme sind in den meisten Fällen verschlammte. In Steinbrüchen, in Eisenbahneinschnitten u. dgl. werden verschlammte, verschüttete oder sonstwie ausgefüllte Klüfte und ihre trichterförmigen Mündungen nicht selten angefahren und bilden ebenso viele Streitobjecte bezüglich ihrer Entstehungsweise, die doch so einfach zu erklären ist: Ein vom Rande losgelöstes Steinchen genügt, um den Querschnitt der

<sup>1)</sup> Der Abgrund von Jean Nouveau (S. 111) repräsentirt die senkrechte Form, die Padrič-Grotte bei Triest die Stagenform. Außerdem kommen aber auch Combinationen vor, daß sich mehrere Klüfte unterirdisch vereinigen oder daß sich eine einzelne erweiterte Kluft unterirdisch in mehrere Arme spaltet. Ersteres ist der Fall in der Lorenz Liburneau-Höhle im Planinathale, letzteres in den Schlünden „Na dnam“ im Ratschnathale (nach Grasky) und in mehreren französischen Schachthöhlen (nach Martel).



unbedeutenden Oeffnung auf Null zu reduciren. Darüber lagert sich Lehm oder Erde, und die Spalte vermag nicht mehr zu functioniren oder gestattet höchstens einen langsamen Sickerproceß. Der unbedeutende Trichter am Mundloche ist nun bald ausgefüllt und man hat keine Ahnung von dessen Existenz, bis er nicht durch einen Zufall angeschnitten wird.<sup>1)</sup> Diese Art von Trichtern sind jene, die man als die richtigen

4. Karstrichter (Erosionstrichter) bezeichnen darf, die an der oberen Grenze des anstehenden Gesteines sich bilden, und die auch dort erkennbar bleiben, wo eine Ueberlagerung desselben mit losem Materiale vorhanden ist, insolange die Luft offen bleibt, welche die Schwemmproduce nach der Tiefe abzuführen bestimmt ist. In die Karstrichter wird gleichwie in die Einsturzdolinen viel leicht abschwemmbares Material eingeschwenmt. Es befindet sich am Grunde derselben oft das einzige cultivirbare



Karstlandschaft mit Erosionstrichtern bei Adelsberg, nach einer Photographie von Schäber.

Terrain der Umgebung. Die fleißigen Landbewohner säubern derlei Plätze vom Strauchwerk und Steinen und verwenden letztere zur Aufführung von Schutzmauern um das Grundstück. Derlei Einfriedungen nennt man in Krain Ograda's.

Es ist klar, daß im Verlaufe von weithin verlaufenden Bruchspalten die Infiltration viele Angriffspunkte finden kann, und daß die Trichter, welche an den Mündungen dieser Angriffspunkte entstehen, in jenem Sinne angeordnet sein müssen, wie die Spalte verläuft. Das sind dann ausgesprochene, in einer Reihe angeordnete Trichter, wie sie Professor Dr. C. W. Gümbel in seinem Werke: „Geognostische Beschreibung der fränkischen Alb“ (Kassel 1891), S. 46, in höchst anschaulicher Weise abbildet (Höhlenlandschaft mit Wetterlöchern bei Gößweinstein). Auf dieser Abbildung

<sup>1)</sup> Derlei verschlammte Trichter verrathen sich nur durch eine etwas üppigere Vegetation, die mit jener der minder tiefgründigen Umgebung auffallend contrastirt.

erscheinen vier geradlinig angeordnete Erdfälle im Kulturboden, deren Entstehung Professor Gumbel folgendermaßen erklärt:

„Es sind dies Niederbrüche, welche nach Art der Dolinen dadurch entstanden sind, daß an etwas vertieften Stellen, wo sich das Regenwasser ansammeln konnte und Klüfte die unterliegenden Kalk- oder Dolomitsfelsen durchzogen, das Wasser auf diesen Spalten in die Tiefe versinken konnte, wobei nach und nach Auswaschungen und Abnagungen an den Rändern der Spalten zu Stande kamen, und endlich rund um diese Versinkstelle des Tagwassers ein Zusammenbrechen der untergrabenen Gesteinsschichten und ein Nachsitzen der auflagernden Erdmassen erfolgte. . . .“ „So stehen die Höhlen<sup>1)</sup> der Hochfläche, welche, meist der Richtung der Spalten folgend, oft geradlinig eine an die andere sich anreihen, mit den Quellsquellen in den Thälern in enger genetischer Beziehung.“



Karstlandschaft nächst der Kantjarienz-Grotte mit Dgrada nach einer Photographie von Schäber.

Außer den Trichtern an Spaltenmündungen gibt es noch andere dolinenförmige Depressionen im lockeren Materiale, auf deren abweichende Entstehungsweise Verfasser schon 1887<sup>2)</sup> aufmerksam gemacht hat. Es sind dies die Sauglöcher in jenen Kesselthälern, welche durch Einsturz entstanden sind und die damals „Seedolinen“ genannt wurden, um sie zu unterscheiden. Cvijić griff diese Unterscheidung auf und schlug dafür den Namen „Schwemmland-Dolinen“ vor. Um aber das Wort Dolinen zu umgehen, dessen Anwendung in diesem Falle wieder nur zu Mißverständnissen Anlaß geben kann, dürfte es sich empfehlen, ein Compromiß zu schließen und sie als

5. Schwemmlandtrichter in eine eigene Classe einzureihen. Sie stehen den vorerwähnten Karsttrichtern am nächsten, unterscheiden sich von ihnen aber dadurch,

<sup>1)</sup> Höhlen (Hüllen), Wetterlöcher (Nieseln), nach Gumbel.

<sup>2)</sup> Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1887, Nr. 2, S. 54.

daß die Unterlage des Schwemmbodens, in dem sie liegen, nicht aus anstehendem Gesteine, sondern aus Felstrümmern besteht<sup>1)</sup> und daher eine ungeheure Anzahl von Zwischenräumen vorhanden ist, welche nicht nur die Infiltration begünstigen, sondern auch ebenso sehr den Nachfall, wie die Verschlämmung. Während also die Karsttrichter ihren Platz nicht wechseln können und an die vorhandenen Klüfte im anstehenden Gesteine gebunden sind, ist dies bei den Schwemmlandtrichtern weit weniger der Fall, weil ja der Untergrund überall durchlässig ist. Auch in größeren Einsturzdolinen kommen Schwemmlandtrichter vor. In durch Erosion gebildeten Kesselthälern gibt es nur Schlünde mit trichterförmig erweiterten Mündlöchern. Wirkliche Schwemmlandtrichter liegen häufig gruppenweise beisammen. Jede dieser Trichtergruppen steht aber mit irgend einer Randhöhle in Verbindung (s. Abbildung S. 55) und sie sind auch demzufolge angeordnet. Die Existenz solcher Depressionen hat bei den Entwässerungsarbeiten in den Kesselthälern von Krain zur Entdeckung verschütteter Randhöhlen geführt. Bei dieser Gelegenheit wurde die Mächtigkeit des das alte Höhlenniveau überlagernden Auffüllungsmaterials in der Sohle der Kesselthäler stets mit 15 bis 24 Meter gefunden. Davon entfallen die oberen 2 bis 4 Meter auf Sedimente (Lehm und Erde), 1 bis 2 Meter auf kantigen Gesteinschutt und der Rest darunter auf große Blöcke in wirrer Lagerung. Durch dieses Auffüllungsmaterial ziehen tausende von kleinen Canälen, die alle zur Abzugshöhle führen. Nachdem jedoch häufig die Mündungen dieser Höhlen vom Tage aus nicht sichtbar sind, so ist ihre Auffindung eine sehr schwierige Sache, die nur dort erleichtert wird, wo es möglich ist, durch Schlünde im benachbarten Plateau zur Höhle hinab zu gelangen und in ihr bis nahe an den Thalrand vordringen zu können. Es ist dann leicht, durch Messung den Punkt zu bestimmen, wo mit Hilfe eines Durchschlages vom Tage aus die verschüttete Oeffnung wieder freigelegt werden kann. Wo dies durchgeführt worden ist, verlieren die Sauglöcher ihre Bedeutung und der Wasserabzug wendet sich vorzüglich dort hin, wo er den geringsten Widerstand findet, also zur neuen erweiterten Oeffnung. Nach dieser Methode fand Herr Hrašky die verschüttete Mündung der Bršnica-Höhle im Račna-Thale (Krain).

Die Natur des Materiales, in dem sich die Schwemmlandtrichter befinden, bringt es auch mit sich, daß sich die Oeffnungen durch Nachfall oder Einschwemmung häufig verstopfen, daß sich aber andererseits wieder neue Löcher öffnen. Wo große offene Abzugshöhlen zu Gebote stehen, findet die Bildung von secundären Dolinen (Schwemmlandtrichtern) höchst selten statt. Die Natur bedarf ihrer nicht.

Čvijić spricht auch von nackten Dolinen (S. 234), die er nach Tieze und Lipold beschreibt, und führt diese Autoren für seine Ansicht, daß die Dolinen keine Einstürze seien, an. Er sagt (S. 234) ausdrücklich: „Solche von Zersetzungslehm freie Dolinen habe ich im Ručaj-Gebirge Ost-Serbiens und in Montenegro beobachtet.“ Was da Čvijić gesehen hat, ist nach seiner Beschreibung schwer zu enträthseln, denn er sagt weiters: „Diese nackten Dolinen zeigen eine zerklüftete, felsige Unterlage, welche meist durch Absorptionspalten, manchmal auch durch ein oder etliche Schlundlöcher (Ponore) charakterisirt ist. Die Gebilde letzterer Art sind bis 1 Meter Durchmesser große Löcher im festen Kalkstein, durch welche das atmosphärische Wasser in den Boden einfließt; sie stellen meist die tiefste Stelle des Dolinenbodens dar.“ Es bedürfte einer bedeutenden Divinationsgabe, um zu enträthseln, was Professor Čvijić da

<sup>1)</sup> Bezüglich der Entstehungsweise siehe die Abbildung S. 55.

beobachtet hat und es ist dies um so schwerer zu ermitteln, weil er keine bestimmte Localität angibt. Eine zerklüftete, felsige Unterlage zeigen auch mitunter Einsturzdolinen, wahrscheinlich waren es aber einfache Karsttrichter, die noch nicht verschlänmt werden konnten, weil ihre Communication mit der Drainagehöhle noch offen stand. Daß sich in Trichtern mit weiten Abzugsröhren keine Schwemmproducte ansammeln können, ist selbstverständlich. Wird die Communication verlegt, so muß sich der Trichter bald in dem Maße füllen, als Schwemmproducte in denselben gelangen können. Aus diesen nackten Dolinen (roete Karsttrichtern) einen Beweis für die subaërische Entstehungsweise herleiten zu wollen, geht durchaus nicht an.

Fast komisch ist es, welche Gewährsmänner als Beobachter von nackten Dolinen angeführt werden. Tietze ist wohl der Letzte, der Angesichts seiner bekannten Stellungnahme zur Einsturzfrage als Gewährsmann citirt werden darf. Tietze erkennt nur die von Deckenbrüchen herrührenden Depressionen als Dolinen an, die ja im ersten Stadium in der Sohle voll von Klüften sein müssen, welche die Schwemmproducte abzuführen ganz geeignet sind. Ob man es aber mit Einsturzschlünden, echten Dolinen oder mit Karsttrichtern zu thun hat, so erfolgt doch stets bei allen derartigen Depressionen die Abschwemmung in senkrechter Richtung, und daß dieselbe erfolgen könne, bedingt die Annahme der Existenz einer Drainagehöhle, durch welche die Schwemmproducte weiter geschafft werden können. — Lipold, der zweite Gewährsmann, sagt (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1858, S. 247—248) bezüglich der von ihm beobachteten Trichter: „Es ist bei diesem letzteren Falle (leere Trichter) jedoch anzunehmen, daß ursprünglich auch die trichterförmigen Vertiefungen mit den sandigen Lehmen ausgefüllt waren, und daß die letzteren erst in der Folge durch die Gewässer, die sich bei Regenwetter oder bei Schmelzung des Schnee's darin sammeln, aber durch Ritzen und Spalten des Kalksteines einen Abfluß finden, weggeschwemmt worden sind.“ Wie kann aber ein Abfluß stattfinden, wenn keine Drainagehöhle existirt? Ein oberirdischer Abfluß ist vollkommen ausgeschlossen und die zuströmenden Wassermengen werden rasch verschlungen. Eine Ansammlung von Regenwasser findet nur höchst selten und nur in alten, verschlänmten Depressionen statt. Gerade das, was Čvijić nackte Dolinen nennt, ist der beste Beweis für die Häufigkeit der bestehenden Drainagehöhlen, die er zu leugnen versucht.

Wäre die Arbeit von Čvijić nicht in einem so hervorragenden Fachblatte erschienen, wie die geographischen Abhandlungen von Professor Benck, so könnte man über die Irrthümer dieses Autors hinweggehen. So aber müssen sie erwähnt werden, weil die Gefahr nahe liegt, daß auf die Autorität des Herausgebers hin falsche Lehrmeinungen verbreitet werden können, an deren Beseitigung nicht frühe genug gegangen werden kann. Bezüglich der Nomenclaturen steht Čvijić übrigens ganz allein. Bisher ist es keinem Geologen eingefallen, enge Röhren Dolinen zu nennen. „Dolinen vom Trebičtypus“ und „brunnenförmige Dolinen“ nannte man bisher stets Schachte, Schachtlöcher, Naturschachte zc. Sie unter die Dolinen einzurechnen, würde nur die ohnedies schon bestehende Confusion vermehren.

Was die Entstehung der Dolinen betrifft, so scheint Čvijić jener Ansicht zu sein, welche Dawkins wiederholt unterschoben worden ist und als deren Hauptvertreter Mojsifovics gilt.<sup>1)</sup> Die Karsttrichter sollten sich nach Art der Riesentöpfe oder Gletschermühlen als reine oberirdische Erscheinungen bilden. Seit zwanzig Jahren

<sup>1)</sup> Es ist übrigens nicht ganz festgestellt, wie sich Dawkins den Ursprung der Dolinen vorgestellt hat. Dicsbezüglich siehe S. 23, wo diesem Zweifel eingehender Ausdruck gegeben wird.

hat man viele neue Beobachtungen gemacht und es ist durch dieselben erwiesen, daß sowohl die durch Einsturz entstandenen Dolinen als die durch Erosion entstandenen Karsttrichter ihre Existenz ausschließlich einer Drainagehöhle verdanken, durch welche die Entfernung der Schwemmproducte erfolgt. Auch die ausgefüllten Depressionen müssen einst eine Communication mit einer Höhle gehabt haben, sonst wäre ihre Entstehung unmöglich gewesen. Die Ausfüllung ist nur ein sicheres Zeichen, daß die Communication unterbrochen worden ist.

Zur irrigen Annahme, daß die Dolinen und Karsttrichter bloße Oberflächenerscheinungen seien und mit den Höhlen in keinem Zusammenhange stehen, mögen außer den Riesentöpfen auch die sogenannten „Erdpfeifen“ Veranlassung gegeben haben.<sup>1)</sup> Viele Erdpfeifen mögen aber nur durch Erosion erweiterte Spalten sein, wie z. B. jene des Petersberges bei Mastricht, deren Natur schon Bory de Saint Vincent ganz richtig erkannt hat, die aber trotzdem noch immer unter den Oberflächenerscheinungen angeführt zu werden pflegen, obwohl sie mit ihnen nur die am Tage ausgehende Mündung gemein haben. Sackförmig sind sie aber nicht, denn sie durchsetzen die ganze Kreideschicht und communiciren mit horizontalen Klüften, welche das Infiltrationswasser dem Maashorizonte zuführen. Einzelne, weniger tief reichende Erdpfeifen führt Leyell auf vordem eingeschlossene Holzstämme zurück und Daubrée auf Wasserwirbel. Das wären allerdings richtige Oberflächenerscheinungen, zu deren Erklärung es der Mitwirkung einer subterranean Erosion nicht bedarf, gleichwie dies bei den Karrenfeldern der Fall ist, die zu den Denudationserscheinungen gehören und überall dort auftreten, wo geneigte Schichtflächen zu Tage liegen. So großartig wie die Dolinen treten alle diese Erscheinungen nicht auf. Der sogenannte „Hexenkessel“ bei Pörlschach hat nur eine Tiefe von 1.08 Meter.<sup>2)</sup> Er ist stets mit Wasser gefüllt, wie dies bei den unversehrten Riesentöpfen überhaupt der Fall ist, in denen das Regenwasser keinen Abfluß nach der Tiefe findet.

In den Dolinen und Karsttrichtern findet man nur selten stagnirendes Wasser, weil ihr Grund permeabel ist und nicht aus glattem Felsboden besteht, wie jener der Riesenkessel. Sammelt sich einmal Wasser in solchen Depressionen, so bleibt es nicht bis zur vollständigen Verdunstung stehen, sondern es versickert mehr oder minder langsam im durchlässigen Boden. Wohin sollte es aber versickern können, wenn keine Abzugshöhle in der Nähe wäre, welche es fortzuschaffen vermag? Will man aber etwa den Ausdruck „subaerische Entstehung“ dahin deuten, daß die Trichterbildung durch Regenwasser und andere atmosphärische Einflüsse hervorgerufen wird, so käme man zwar der Wirklichkeit näher, allein so haben es jene Schriftsteller nicht gemeint, welche die Schlot- und Trichterbildungen als bloße Oberflächenerscheinungen ausgegeben haben. Die äußeren Einflüsse bewirken die Erweiterung, die Ursache der Bildung von Schlünden und Trichtern liegt jedoch ausschließlich in der Klüftigkeit des Gesteines und in der Möglichkeit, die Niederschläge mit Hilfe der Klüfte in tiefere Horizonte abzuführen.

Ueber die „puits naturels“ sagen schon Brogniart und Cuvier (Essai sur la géographie mineralogique des environs de Paris): „Das sind Hohlräume von ziemlich cylindrischer Form, welche alle kalkigen Schichten durchbrechen und ganz von einem eisenschüssigen Thon mit abgerollten und zerbrochenen Feuersteinen angefüllt

<sup>1)</sup> Sand-pipes nach Leyell, sand-galls nach Trimmer, puits naturels nach Daubrée.

<sup>2)</sup> Professor Höfer: „Die Felsentöpfe (Riesenkessel) bei Pörlschach“, im „Jahrbuch für Mineralogie“, Stuttgart 1878.

sind." Sie schreiben die Entstehung dieser röhrenförmigen Aushöhlungen durchfließendem Wasser zu. Auch Guillet Laumont (*Observations sur l'origine des tuyaues ou puits naturels, Journal des Mines, Paris, 1813, Nr. 20, S. 203*) war schon der Ansicht, daß nur nach der Tiefe zu abfließendes Wasser diese, deutliche Erosionsspuren zeigenden Röhren ausgewaschen haben konnte. Diese alten und gut begründeten Theorien umstoßen zu wollen, bedeutet daher durchaus keinen Fortschritt.

Faßt man also die sämtlichen sub 3 bis 5 angeführten reinen Erosionserscheinungen zusammen und will man versuchen sie durch eigene Bezeichnungen von den gleichgeformten Einsturzercheinungen zu trennen, so bleibt bei den schachtförmigen nur der eine Ausweg übrig, sie — wenigstens in der wissenschaftlichen Literatur — durch besondere Benennungen zu unterscheiden. Wir hätten daher neben Einsturzercheinungen:

1. Einsturzsclüнден und
  2. echten Dolinen (Einsturzdolinen):
- die Erosionserscheinungen:
3. Erosionsschlünde (Natarschachte),
  4. unechte Dolinen im anstehenden Gesteine (oder Karsttrichter) und
  5. unechte Dolinen in lockerem Materiale (Seedolinen Sauglöcher oder Schwemmlandtrichter).

Diese Unterscheidungen dürften den vielfachen Mißverständnissen ein Ende machen. Nach deren allgemeiner Einführung kann es nicht mehr passieren, daß sich ein Forscher dagegen wehrt, daß der andere eine gewisse Art von trichterförmigen Vertiefungen, die er Dolinen nennt, als Einsturzercheinungen erklärt, während er selbst eine andere Art von Depressionen unter diesem Namen versteht.<sup>1)</sup> Mojsisovics nennt die erodirten Karsttrichter: Dolinen, Cvijić versteht darunter auch enge Natarschachte, Tieze dagegen nur die Einsturzdolinen. Daß alle möglichen Formen entweder nur durch Einsturz oder nur durch Erosion entstehen müssen, dürfte kein Karstforscher ernstlich behaupten können<sup>2)</sup>; nur die schwankende Nomenclatur ist die Ursache des fortwährenden Streites, und diesem kann durch Annahme einer definitiven Nomenclatur leicht ein Ende gemacht werden.

Die vorstehende Eintheilung ist auf Grund von technischen Arbeiten aufgestellt, welche die Natur und die Menge des Auffüllungsmateriales festgestellt haben und deren Resultate wohl nicht anfechtbar sein dürften. Leider ist dieses Beweismaterial nicht allgemein zugänglich.

Mit Vorstehendem sind aber noch lange nicht alle höchst variablen Formen und Phasen der Erosionserscheinungen erschöpft, welche das Relief der Plateaugebirge fortwährend ändern, bis es zur regelrechten Thalbildung kommt. Je nach den ursprünglichen oder den geänderten Gefällsverhältnissen erzeugen sich stets neue Formen, worunter auch jene unfertigen

6. Thalrinnen gehören, die gewöhnlich mit einer Steilwand abschließen, die auch häufig durch meteorologische Einflüsse zum Gehänge abgeböschet worden ist. Im ersten Falle gähnt am Fuße der Steilwand gewöhnlich eine Höhle, in letzterem Falle ist sie aber zumeist verlegt, und die durch die Thalrinne zufließenden Meteorwässer

<sup>1)</sup> Vielleicht beschäftigt sich einmal die internationale Commission für geologische Nomenclatur mit der Feststellung von allgemein gültigen Benennungen für die verschiedenen Karsterscheinungen.

<sup>2)</sup> Es ist leider aber doch geschehen.

müssen sich zur Abflusshöhle einen Weg durch das Trümmerwerk bahnen. Ursprünglich bestand hier eine schräge Höhle oder ein Erosions- oder ein Einsturzschlund, durch welchen die Niederschläge abflossen. War der Zufluß in Folge der Reliefform der Umgebung ein einseitiger, so mußte sich eine förmliche Thalrinne austiefen, welche an dem Schlunde endete. Ein schönes Beispiel dieser Art ist die Thalrinne westlich von den Refahöhlen bei St. Canzian am Karste, welche allgemein für eine langgestreckte Doline gehalten worden war, bis man in Folge ihrer von der Regel sehr abweichenden Form sie als blinde Thalrinne erkannte.<sup>1)</sup>

Außer diesen gibt es aber noch weit längere Depressionen, welche, von der Ferne gesehen, alten Flußrinnen von bedeutender Breite gleichen. Ihr Boden ist aber nicht eben, sondern voll von Gruben, niedrigen Hügeln und Felsgraten, die man erst in der Nähe unterscheiden kann, so daß an eine Fluß- oder Stromrinne nicht gedacht werden darf. Wodurch entstehen also diese unebenen, thalartigen Furchen am Plateaugebirge? Einfach durch das Zusammenwirken oberirdischer mit unterirdischer Erosion, wobei die Existenz von Drainagehöhlen eine Vorbedingung ist. Eine Depression von thalartigem Ansehen ist die große Furche, welche der Eisenbahnviaduct zwischen Nabresina und Duino überseht. Sie setzt sich weithin gegen Nordosten fort und unter ihr liegt jener Flußlauf, der als Timavo mündet, und vielleicht noch einige andere parallele Wasserläufe, die als submarine oder als Strandquellen sich in die Adria ergießen.<sup>2)</sup> Die Meteorwässer werden von den Millionen Klüften und Spalten des Kreidefalles verschlungen, und es ist daher eine oberirdische Erosion nur in der Richtung zu diesen Klüften und Spalten möglich. Das Niederschlagsgebiet jeder Spalte ist ein minimales. Es dehnt sich annähernd kreisförmig aus und wird bald von jenem einer Nachbarflust beschränkt, bald greift es in dasselbe über. Es ist bekannt, daß die Erosion auf den Erhebungen geringere Wirkung ausübt als in den tieferen Partien<sup>3)</sup>, wo die örtlichen Niederschläge durch die von den Höhen abschließenden Zuflüsse vermehrt werden. Demzufolge vergrößern und vertiefen sich die Schlundtrichter zumeist in den tieferen Partien, wenn sie nicht verlegt sind und wenn daher eine Abfuhr der Schwemmproducte nach der Tiefe möglich ist. Ist dies nicht der Fall, so können im Anfange die zufließenden Meteorwässer nur durch einen langsamen Sickerproceß entfernt werden, die Schwemmproducte füllen den Grund der Schlundtrichter nach und nach auf und schließlich wird die Communication vollständig unterbrochen. Wo

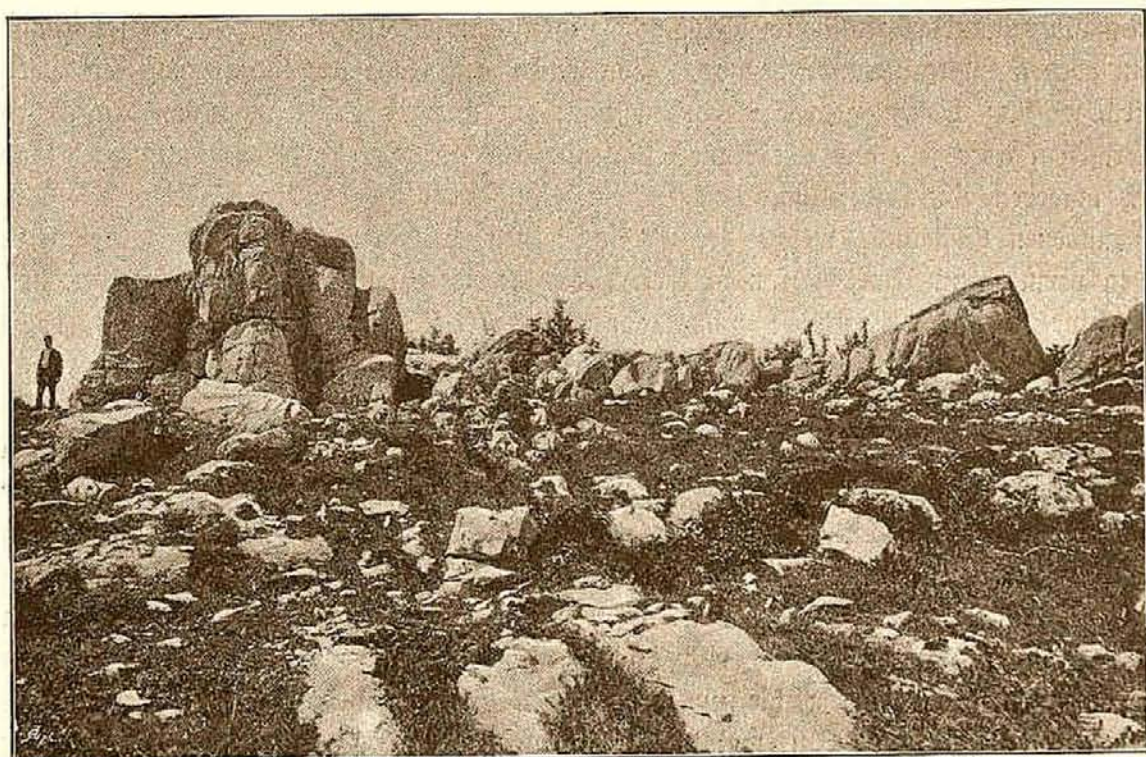
<sup>1)</sup> Martel beschreibt wiederholt solche Thalrinnen, in denen Bäche einer Steilwand zulaufen, in welcher sie verschwinden. Die Wasserschlinger in den Wänden sind in Frankreich selten auf weitere Strecken verfolgbar. Er führt an: Gouffre de Reveillon, in dem der kleine Bach von Salgues verschwindet; Gouffre de Roque de Corn, in den der Bach von Cazelle stürzt; Gouffre du Saut de la Pucelle, mit dem Bache von Rignac; Schwinde der Themines; Schwinde der Theminettes und noch mehrere andere in den Causses von Gramat (Cevennen). Nur die Höhle am Grunde des Abgrundes von Reveillon konnte auf 400 Meter weit verfolgt werden, alle übrigen Fluß- und Bachschwinden erwiesen sich schon weit früher als unzugänglich. Martel nimmt daher an, daß die Verbindung mit den Drainagehöhlen der Gegend nur in engen Spalten bestehe, die in keinem Verhältnisse zu den Dimensionen der vorderen Höhlenräume stehe. Die Erosionsrinne des kleinen Salguesbaches ist ein gutes Beispiel für die mit einer Steilwand abschließenden unfertigen Thalrinnen, in denen die Mündung der Abzugshöhle noch sichtbar ist. Auch anderwärts gibt es viele derartige unfertige Thalrinnen.

<sup>2)</sup> Eine Gesellschaft von Studenten in Triest, welche sich „Hades“ nennt und eifrig in den Höhlen in der Umgebung von Triest Nachforschungen betreibt, hat im Frühling 1894 einen neuen unterirdischen Wasserlauf entdeckt.

<sup>3)</sup> Diese Erscheinung ist jedem Dachdecker bekannt.

keine Drainagehöhlen existiren, kann sich eine solche thalfurthenartige Bildung mit unebenem Boden nicht erzeugen. Die Gewässer müssen von den Gehängen abschließen und so lange, regelrechte Thalfurthen bilden, bis sie (im Karstterrain) von irgend einem Schlunde aufgenommen werden, der entweder in senkrechtem oder in schrägem Abfalle die Zuflüsse der tieferliegenden Drainagehöhle zuführt.

Die Vertheilung der Klüfte und Schlünde oberhalb (senkrechte) und in der Nähe der Drainagehöhlen (schräge) ist eine höchst ungleiche und regellose. Deshalb sind die dazwischen übrig bleibenden Erhebungen und die rippenförmigen Trennungsgrate auch verschieden entwickelt. Auch sind nicht alle Verschwindungsstellen gleich alt. Einzelne davon verstopften sich, während andere sich neu öffneten. Darum sind die Schlundtrichter von so verschiedenen Dimensionen, von so verschiedener Form und von so verschiedener Tiefe. Dazu kommt noch, daß Einsturzschlünde mit Erosions-



Karstlandschaft bei Divacca nach einer Photographie von Sebastianutti & Venque.

schlünden häufig in einer Gruppe beisammen liegen und daß erstere durch ihr Bruchmaterial die Höhle verlegt haben, wodurch das Wasser gezwungen wurde, sich einen Parallelgang auszuwaschen, mit dem wieder neue Klüfte communiciren. Alle diese Fälle sind bei der Furche von Nabresina nachweisbar und daher mögen die scheinbar regellos angeordneten, zahllosen, dolinenförmigen Depressionen dieser Gegend herrühren, deren Existenz ohne der Annahme des Bestehens einer oder mehrerer großer Drainagehöhlen unerklärbar wäre. Zur Erklärung dieses Phänomens kann auch die Abbildung auf Seite 68 dienen, in welcher ein senkrechter Schlund ersichtlich ist, der auf 70 Meter offen ist, und zwei schräge Klüfte, die an den Seiten in die Bechskala-Höhle münden. Die trichterförmigen Mündungen der letzteren müssen am Tage weitab vom Höhlzuge liegen, während der Trichter des senkrechten Schlundes genau über der Höhle selbst zu liegen kommen müßte, wenn der Schlund am Tage offen wäre. Je dichter die zu Schlünden erweiterten Spalten aneinander liegen,



desto mehr müssen die dazwischen liegenden Grate angegriffen werden und verschwinden. Das Terrain oberhalb und in der Nähe der Drainagehöhle wird daher oberirdisch so weit abgetragen, als der Bezirk der mit ihr communicirenden Klüfte gerade reicht. Denkt man sich diese Durchlässigkeit längs des ganzen Verlaufes einer Drainagehöhle fortgesetzt, so kann man sich die merkwürdige Erscheinung dieser abnormen Thalfurchen ohne Zuhilfenahme von kühnen Hypothesen und erkünstelten Theorien auf eine höchst einfache Weise erklären. (Es läßt sich ja auf alle Karstererscheinungen die kurze Definition anwenden<sup>1)</sup>: sie sind die Folge der Plateauforn des Gebirges, an dessen langsamer Zerstörung nicht nur eine oberirdische, sondern auch eine unterirdische Erosion kräftig wirkte.

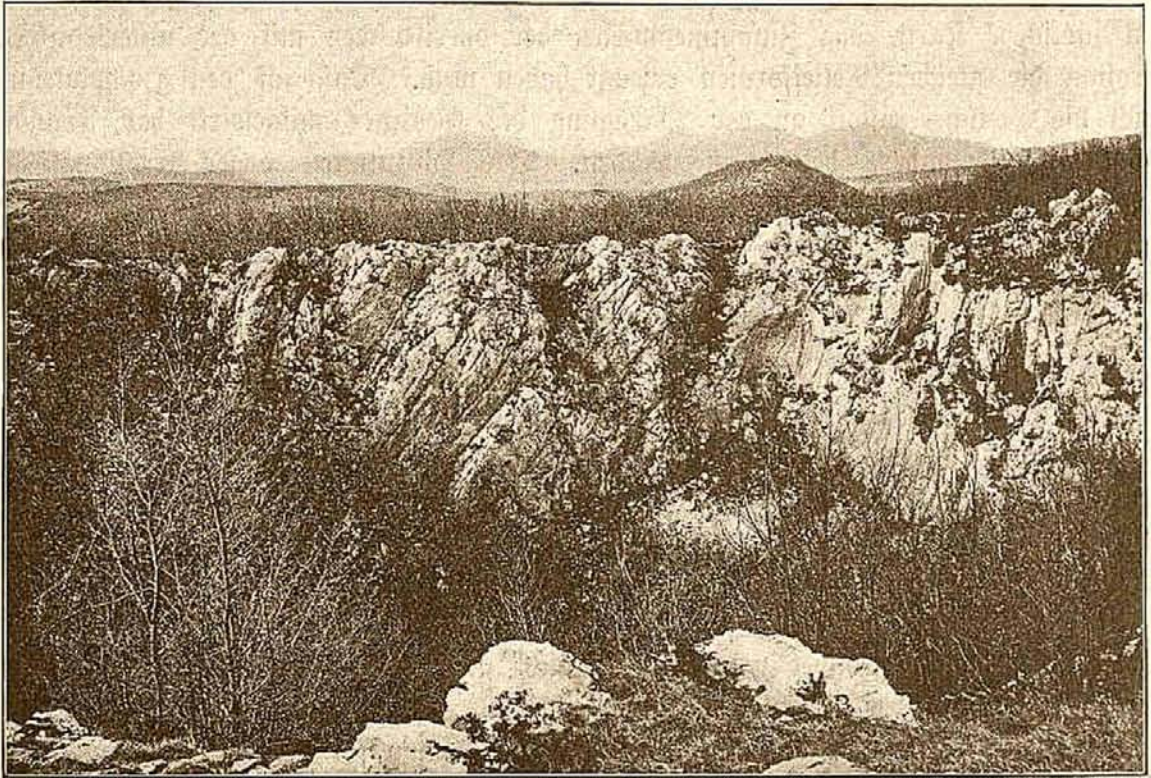
Die Steinwüsten, welche man in den Karstländern so häufig antrifft, sind ausschließlich auf oberirdische meteorologische Einflüsse zurückzuführen. Moränenartig übereinander gethürmte Felsblöcke ragen am Fuße von Hügeln, ja selbst aus dem ebenen Plateaugrunde hervor. Von jenen am Fuße der Hügel mag ein Theil durch Absturz hieher gebracht worden sein, ein anderer Theil mag von Einstürzen herrühren, aber jene auf den ebenen Plateaugründen, die gleich Grabmonumenten aus den mageren Hutweiden herausragen, sind ausschließlich härtere Partien des verschwundenen Gesteines, welche der Erosion einen größeren Widerstand entgegen zu setzen vermochten. Untersucht man diese Monolithe genauer, so wird man finden, daß es keine verstreuten Blöcke sind, sondern daß sie noch mit ihrer Unterlage fest verwachsen sind. Allein die meteorologischen Einflüsse (Regen, Frost, Sturm zc.) nagen fortwährend an ihnen, und Stück um Stück bricht ab, weshalb man mitunter auch lose Trümmer findet, welche von den stehen gebliebenen Felsen abgebrochen sind. Das Abrutschen von Verwitterungsstücken ist am Istrianer Karste durch die Lagerungsverhältnisse der Kalkbänke sehr begünstigt, welche an einzelnen Stellen ziemlich steil einfallen. Horizontale Schichtung, welche die Abschwemmung der oberirdischen Erosionsproducte erschweren würde, kommt dort gar nicht vor. Das Liegenbleiben dieser Abschwemmungsproducte würde übrigens nur an der Basis der freiliegenden Felsen einen Schutz gegen die meteorologischen Extreme bieten, die in den Karstdistricten vorkommen. Im waldlosen Istrianer Karste, wo die Steinwüsten sehr häufig sind, wirken nicht nur Frost, Sturm und Regen, sondern auch der Sonnenbrand<sup>2)</sup>, welcher die Oberfläche an der der Sonne ausgesetzten Seite ausdehnt, und der daher nicht wenig zur Lockerung des Gefüges beiträgt. Im bewaldeten nördlichen Karste kommen die Steinwüsten seltener vor, was davon herrühren mag, daß sie entweder im Walde verborgen und daher nicht so augenfällig sind, oder daß sie durch die reichere Humusdecke überlagert sind. Uebrigens kann man annehmen, daß, je unebener die ehemaligen Plateaugründe geworden sind, diese Erscheinung desto mehr zurücktritt, weil dann andere Reliefformen an ihre Stelle treten müssen, sobald ein

<sup>1)</sup> „Oesterreich-Ungarn in Wort und Bild“, Band Kärnten und Krain, Wien 1891, S. 303 (Karstererscheinungen).

<sup>2)</sup> Vogt hat in seinem „Lehrbuch der Geologie und Petrefactenkunde“, Braunschweig 1846, im Capitel: „Degradation der Erdoberfläche“ bereits andeutungsweise auf diesen Einfluß hingewiesen. In ausführlicherer Weise behandelt dies Thema Professor Dr. Sigmund Günther in seinem „Lehrbuche der physikalischen Geographie“, Stuttgart 1891, im XVI. Capitel: „Die zerstörenden Kräfte an der Erdoberfläche“ (S. 401), woselbst man zugleich auch reiche Hinweise auf die ältere, sowie auf die moderne Literatur finden kann.

genügendes Gefälle vorhanden ist. Die äußeren Einflüsse behalten darum noch immer ihre Wirksamkeit, aber die erzeugten Reliefformen ändern ihre Gestalt, und anstatt der isolirten Felsblöcke oder Nadeln erscheinen glatter gefegte Stellen an den Gehängen, oder Karrenfelder, wenn die Schichtenstellung letztere begünstigt. Diesbezüglich sagt Professor Günther ganz treffend (S. 405): „Da, wo es an Agentien zur raschen Weiterführung des Verwitterungsschuttes fehlt, wird dieser stets noch weiter mechanisch verkleinert und chemisch zersetzt, und geht in jenen erdigen Ueberzug der Oberfläche über, den man in der Agriculturphysik kurzweg als „Boden“ bezeichnet“.

Ausführlich behandelt auch den Einfluß der Temperatur auf die Zerstörung der Gesteine das Werk von Dr. Ferdinand Senft: „Der Steinschutt und Erdboden“ (Berlin 1867), in welchem insbesondere dem raschen Wechsel von hohen und niederen Temperaturen ein großer Antheil an der Umwandlung der festen Gesteine in lockerem



West- und Nordwände der Doline „Stara apnenca“ mit Karrenfeldern auf der Nordseite, nach einer Photographie von Schäber.

Schutt zugeschrieben wird (S. 2—5). Der Einfluß der Wärme steigt (nach Senft) bei dunkleren Gesteinen und bei solchen mit rauher Oberfläche. Besonders sind Gesteine, welche aus Gemengen von verschiedenen Mineralien bestehen, die in der Farbe wesentlich differiren, dem Einflusse der Temperatur mehr unterworfen als gleichgefärbte, weil sich die einzelnen Substanzen ungleich erwärmen.

Es dürfte hier am Platze sein, zu betonen, daß sich der Höhlenbildungsproceß durch Erosion (d. h. durch oberirdische und mit ihr zusammenwirkende, subterrane Erosion) nicht nur in den Karstgebieten, sondern auch auf allen Kalkplateaugebirgen in gleicher Weise vollzieht. Die Karrenfelder, welche nach der Ansicht von Mojsisovics eine Eigenthümlichkeit der Kalkalpen sind (s. S. 26), fehlen durchaus nicht am Karste. Sie sind reine oberirdische Erosionserscheinungen, welche auf geneigten Schichtflächen durch das abschließende Regenwasser erzeugt werden, und haben mit der Höhlenbildung nichts zu thun. Auf bloßliegenden Schichtentöpfen fehlen sie, nicht nur am Karste, sondern auch in den Alpen.

Dagegen stehen die Einsturzhäler im Franken-Jura und in der schwäbischen Alb, sowie die Einsturzschluchten der Cevennen in einem untrennbaren Zusammenhange mit den Höhlen, weil man stets den alten Höhlenzug noch nachzuweisen vermag, welcher den ehemaligen Hauptast bildete, und in den die Seitenäste mündeten, welche heute noch zu beiden Seiten als noch intacte Höhlen in das Thal münden, welches durch den Einbruch der Haupthöhle entstanden ist. In der Tarnschlucht waren die von Martel als Drainagehöhlen bezeichneten Wasserhöhlen einst Seitenäste der Haupthöhle. Durch den Einbruch der letzteren sind aber nun sie zu Haupthöhlen geworden, die in ein offenes Thal münden.

Die sonst unerklärbaren, flach ausgebreiteten Trümmerfelder auf manchen Kalkplateaugebirgen (wie am Dachsteingebirge zc.) können daher ganz gut als Reste geborstener Höhlendecken betrachtet werden, nachdem die sie begleitenden Erscheinungen dafür sprechen, daß hier die Höhlenbildung mitgewirkt hat<sup>1)</sup> und daß gerade so wie am südlichen Karste das Zusammenwirken der oberirdischen mit der unterirdischen Erosion die gleichen Reliefformen erzeugt haben muß. Daß auf den Hochplateau auch die Gletschererosion an der Abtragung des Gebirges mitgewirkt hat, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Das Hinzutreten dieser Erosionsform erschwert aber unleugbar das Erkennen der Ursache einzelner Erscheinungen, und darum ist Vorsicht hier fast noch mehr geboten als am südlichen Karste, wo man bisher keine Spuren von erraticen Erscheinungen mit einiger Sicherheit constatiren konnte.

Einsturzhäler sind in typischem Höhlenterrain (wie im Franken-Jura und in der schwäbischen Alb) nur dann leicht zu erkennen, wenn sie ihre Steilwände noch nicht verloren haben, in denen die Mündungen der Seitenhöhlen liegen, oder in denen in Thorbogen- oder in Nischenformen noch Reste der ehemaligen (nun eingebrochenen) Höhle nachweisbar sind.<sup>2)</sup> Haben derartige Thäler aber bereits ihre Steilwände beiderseits verloren, welche einst die Widerlager der Höhlendecke bildeten, so ist ein Unterschied zwischen dieser Art von Thälern und solchen, die nur durch oberirdische Erosion gebildet worden sind, nicht mehr zu bemerken. Selbst in dem für das Studium der Einsturzererscheinungen so überaus lehrreichen Raibachthale in Krain ist die Entstehungsweise im mittleren Theile schon so sehr verwischt, daß man diese kurze Strecke kaum für einen Einsturz halten würde, wenn nicht die beiderseitige Fortsetzung, die unzweifelhaft jüngeren Datums ist, den Schluß gestatten würde, daß das ganze Thal nur durch in länger auseinander liegenden Zeitabschnitten folgende Einstürze der Raibachhöhle entstanden sein kann.

Nicht nur in Schachthöhlen, sondern auch in horizontalen, vom Wasser längst verlassenen, trockenen Grotten kann man Erosionsspuren finden, welche die Richtung andeuten die einst das Wasser genommen hat. Wo der Höhlenbildungsproceß ohne Complicationen verlaufen ist, bieten diese Spuren ganz sichere Anhaltspunkte. Es muß jedoch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Wassercirculation nicht stets gleichmäßig verlaufen muß, und daß durch Störungen dieselbe in eine ganz andere Richtung gedrängt werden kann. Einige Beispiele wurden bereits in den vorigen Capiteln angeführt, ein besonderer Fall wurde jedoch noch nicht besprochen, und dieser betrifft jene Hohlräume, welche durch Steigquellen erodirt worden

1) Karstererscheinungen am Dachsteinplateau. „Gea“ 1893, S. 325 ff.

2) Eine unbestreitbare Einsturzererscheinung kann man in der sogenannten Riesenburg im Franken-Jura beobachten.

sind. Durch die fortschreitende Eintiefung benachbarter Thäler können Steigquellen Ausbruchsstellen in tieferen Horizonten finden. Dadurch werden die oberen Theile der Räume trocken und die Communication mit der Quelle kann in denselben leicht durch Nachfall verlegt werden.

Während nun früher die Erosions Spuren in der Richtung der früheren Austrittsstelle halbrunde Nischen gebildet haben, die an der der Druckrichtung entgegengesetzten Seite eine bemerkbare Verflächung besitzen, so mußte diese Bildung nach dem Ausbleiben der Quelle aufhören. Dafür aber trat die Infiltration hinzu, welche in ganz verkehrter Richtung ihre Spuren dem Gesteine aufgeprägt hat, so daß man Spuren findet, welche nach entgegengesetzten Richtungen weisen. Mit einigem Scharfblicke wird man wohl die älteren von den neueren Spuren unterscheiden können; es bleibt dies aber immerhin eine schwierige Aufgabe. Derlei Verhältnisse können in der Krausgrotte sehr deutlich beobachtet werden. Ursprünglich war sie das Reservoir einer Steigquelle (nach Hauer<sup>1)</sup>), später wurde ihre obere Mündung zum senkrechten Schlunde und gab ihre Function an einen schrägen Gang ab, der sich nach der Austiefung des Thales bilden konnte. Die nächste Mündung lag schon in mehr horizontaler Richtung, und die letzte, die noch im Inneren der Höhle constatirbar ist, fällt bereits ab. Derzeit bricht die Quelle ungefähr 100 Meter unter dem Niveau der „Haupthalle“ der Grotte aus senkrecht aufgestellten Schichten hervor. Jede der am Tage mündenden oberen Oeffnungen, die einst Wasser spieen, führt heute der Grotte Wasser zu, welches bei stärkeren Niederschlägen, besonders beim sogenannten „alten Eingange“, förmliche Trausen bildet. Auch durch engere Klüfte sickert stellenweise Wasser zu, so daß heute die Richtung der Wassercirculation eine totale Umkehrung erfahren hat.

Die oberen Schlünde sind nicht zugänglich, aber der heutige Eingang zeigt deutlich die Druckwirkung des aufsteigenden Wassers auf die aus Hierlazkalk bestehenden Höhlenwände. Die oberen Partien der Krausgrotte können daher mit Recht als Beispiele für die Möglichkeit der Bildung von Erosionsschlünden durch Steigquellen (die ja nicht immer Thermen zu sein brauchen) betrachtet werden.

Auch eine andere Erscheinung muß hier noch erwähnt werden, die zu mancherlei Controversen schon Anlaß gegeben hat. Es sind dies jene Schlünde, die man zumeist als „bouteillenförmige“ bezeichnet hat, was auch ganz zutreffend ist. Ein solcher Schlund ist die 75 Meter tiefe, von Butić vermessene Kalisnica. Auch Martel beschreibt mehrere ähnliche, bouteillenförmige Schlünde in Frankreich. Die auffallende Form derselben rührt vom Zusammenwirken verschiedener Factoren her. Ob der Schlund ursprünglich durch Einsturz oder durch Erosion entstanden ist, das ist vollkommen nebensächlich. Die Hauptsache ist jedoch, daß die Communication mit der Drainagehöhle, welche die einfließenden Tagwässer abführen soll, durch Aufschüttung von Blockmaterial und darüber gelagerten Schwemmproducten so wesentlich unterbrochen ist, daß die Tagwässer nicht anders als durch einen langsamen Sickerproceß in die Drainagehöhle gelangen können. In Folge dessen tritt eine Aufstauung der zufließenden Wässer ein, die bis zum Niveau des höchsten Wasserstandes corrodirend auf die Wände wirken. Der Schuttkegel in der Mitte entsteht vom natürlichen Nachfall, und von den Steinen, welche Vorübergehende in derlei Schlünde mit Vorliebe zu werfen pflegen. Rings um den Schuttkegel findet man Lehmannsammlungen,

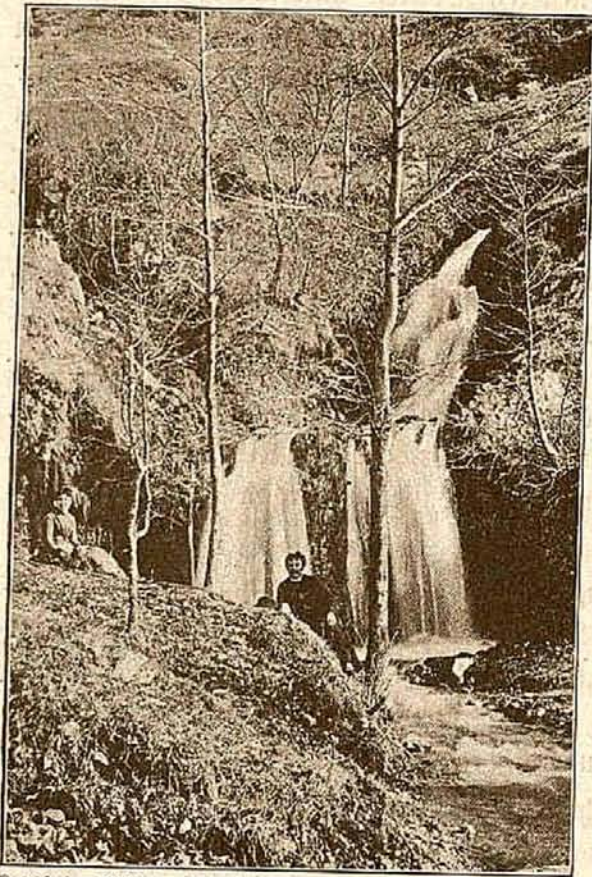
<sup>1)</sup> Siehe das Capitel Corrosionshöhlen.

die vom Niederschlage des Stauwassers herrühren. Je mächtiger diese Lehmanjsammlungen werden, desto langsamer wird der Sickerproceß, und desto höher steigt das Niveau der Stauwässer.

Man darf aber durchaus nicht glauben, daß nur auf diese Art Stauwässer in den Schlünden sich sammeln. Es gibt noch andere Arten, die in der Natur sogar weit häufiger vorkommen als die vorstehende. Jeder Schlund oder jede Doline, die mit einer Drainagehöhle soweit noch in Verbindung steht, daß die Höhlenwässer in den Schlund (oder in die Doline) mit Hilfe durchlässiger Stellen gelangen können, kann Stauwässer aus der Höhle erhalten, die dann nicht von oben her in den Schlund (oder in die Doline) gelangen, sondern von unten aufsteigen. Wo Querschnitts-

Verengungen in Wasserhöhlen bestehen, welche so bedeutend sind, daß sie Hochwässern keinen Durchgang gestatten, müssen in der Höhle Stauungen eintreten, und diese wirken auf alle im gleichen Niveau liegenden Räume, über welche sich das Stauwasser vertheilt, gleichviel, ob es geschlossene (Höhlen) oder offene Räume (Schlünde, Dolinen etc.) sind. Läßt der Wasserdruck nach, so verschwindet das Wasser in den Dolinen wieder, und zwar durch dieselben Zwischenräume, durch welche es gekommen ist.

Cojić betrachtet dieses Wasser als Grundwasser, was aber nicht der Fall ist, wo es sich um Stauwasser benachbarter unterirdischer Flußläufe handelt. Von derartigen Flußläufen können zwei in verschiedenem Niveau nahe aneinander fließen, und durch ihr Steigen Dolinen, mit denen sie in Verbindung stehen, mit Wasser füllen, dessen Niveau von den Abflußverhältnissen der Höhle

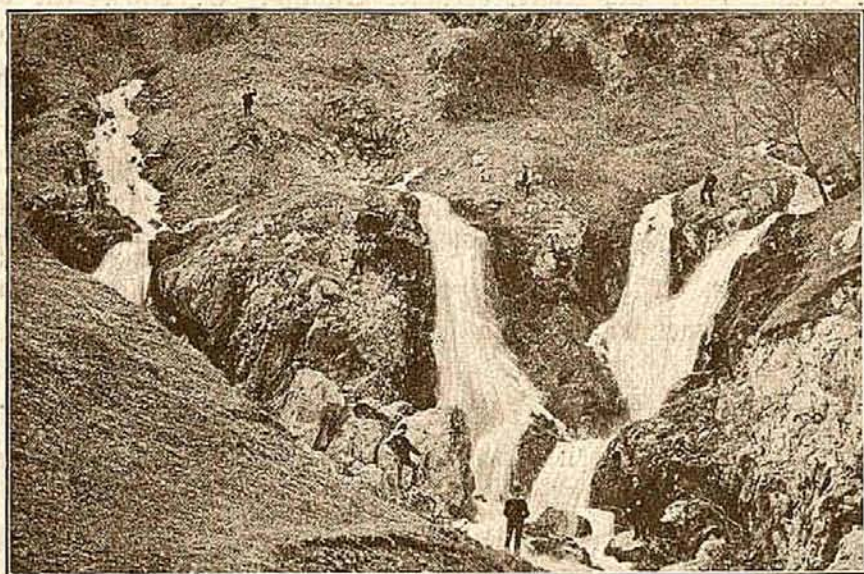


Kovačnica-Fälle bei Mirisch-Feistritz, nach einer Photographie von Schäber.

bestimmt wird, aus welcher das Stauwasser stammt. Daubrée führt zwei Flußläufe an, die sich in verschiedenem Niveau kreuzen, ohne miteinander in Verbindung zu treten. Einer davon ist oberirdisch und der andere unterirdisch. Ihre Schwankungen haben mit jenen des Grundwassers nichts zu thun, dessen Niveau im Felsterrain übrigens kaum zu ermitteln ist, wo es keine muldenförmige Lagerung gibt. Was man allenfalls als Grundwasser am Karste betrachten könnte, ist das zwischen den Trennungsflächen der geneigten Schichten circulirende Wasser, welches auch an mehreren Orten angefahren worden ist. Eigentliches Grundwasser wird man am Karste vergeblich suchen, weil es keine durchtränkbareren Schichten gibt, in denen es sich ansammeln könnte, sondern nur Wasseradern und Höhlenflüsse und daneben bis in große Tiefen wasserleere Schichten. Nur in den Kesselthälern gibt es wirkliches Grundwasser, und auch da nur in jenen Thälern, die durch Einsturz gebildet worden sind. In jenen Kesselthälern, die durch Erosion entstanden sind, wird man vergeblich Brunnen abzuteufen versuchen, denn

dort circulirt das Wasser zumeist in größeren Tiefen im Felsgrunde, und in einem Gerinne, dessen unmittelbare Nachbarschaft schon keinen Tropfen Wasser mehr liefert.

Diesbezüglich sagt Pilar in seiner Abhandlung: „Beiträge zur Lösung der Wassernoth-Frage im croatischen Karst“ (publiciert in dem Werke: „Die Wassernoth im Karste der croatischen Militärgrenze“, Agram 1874), S. 157: „Es wäre jedoch ein gänzlichcs Verkennen der Bodenverhältnisse des Karstlandes, eine Brunnenbohrung an der tiefsten Stelle anzurathen. Denn wer steht gut dafür, daß man gerade eine unterirdische Wasserader trifft. Man kann 10 Klafter von einer solchen, 100 Klafter tief niederfahren, ohne Wasser zu bekommen, während es doch so nahe und vielleicht bloß 10—20 Klafter tief zu finden wäre. So hat beispielsweise die Eisenbahnbau-Gesellschaft der Karlstadt-Fiumaner Bahn zwei Bohrungen vornehmen lassen, um die Stationen leichter mit Wasser zu versorgen. Mehr als 30.000 fl. kostete das Unternehmen, und kein Wasser wurde erreicht. Der Ausspruch eines sonst tüchtigen Geologen, daß sich an jenen Orten das Wasser nicht tiefer, als die nahen Flußrinnen befinden könne, daß überhaupt ein allgemeines Sättigungsniveau im Karste vorhanden sei, verleitete



Suska reber-Wasserfälle bei Mirisch-Feistritz, nach einer Photographie von Schäber.

die Gesellschaft zu diesem Unternehmen. Dieser für geologische (aber nicht für oroplastische) Becken, und wasserdichte, tertiäre Schichten wichtige Satz ist in den Karstländern null und nichtig“. Das in den Dolinen austretende Wasser der Höhlenflüsse darf daher ebensowenig mit dem eigentlichen Grundwasser identificirt werden, als das wirkliche Grundwasser mit jenem, welches bei Hochwässern sich aus oberirdischen Flüssen über die benachbarten Ebenen ergießt. Besonders im Karstterrain muß man mit derlei Bezeichnungen sehr vorsichtig umgehen.

Es sind auch einzelne Fälle bekannt, daß die Stauwässer eine solche Höhe erreichen, daß der Rand einer Doline oder eines Schlundes überschritten wird, und daß sich ein Wasserstrom daraus ergießt, wie dies bei der Grotte de la Vierge (in Frankreich) der Fall war. Seit 50 Jahren hat sich dieses Ereigniß nicht wiederholt. Es scheinen sich daher im Inneren Veränderungen vollzogen zu haben, welche einen genügenden unterirdischen Abfluß geschaffen haben, wodurch die Ueberfallmündung unwirksam gemacht wurde. Die Straßenbrücke nächst der Höhlenmündung zeigt aber noch heute, daß man es nicht mit einer Sage zu thun hat. Ueberfallmündungen

kommen bei Quellen sehr häufig vor. Bei vermehrtem Wasserandrang treten nach und nach die höher gelegenen Mündungen in Action, wie z. B. beim Partnach-Ursprunge (in Bayern) und bei zahlreichen anderen Quellen. Bei vermindertem Drucke bleiben die oberen Ausflüsse aus. Die Mündungen der Quellen von Salles la Source liegen (nach Martel) über einen Kilometer weit auseinander in verschiedenem Niveau. Nur die tiefste führt permanent Wasser, die höher gelegenen speien nur nach stärkeren Niederschlägen Wasser und treten je nach ihrer Höhenlage successive in Action. Ein solcher Fall aber, wie bei der Grotte de la Vierge, dürfte ziemlich selten sein, verdient aber gerade darum das größte Interesse. Die Grotte de la Vierge ist noch nicht vollständig untersucht, es ist aber unzweifelhaft, daß sie eine Verbindung mit einem höher gelegenen Niederschlagsgebiete besitzen muß, was die einstigen Wasserausstritte beweisen.

Ueber die Natur jener Störungen und Veränderungen, die sich in den unzugänglichen Räumen der Wasserhöhlen vollziehen, kann man selbstverständlich nur aus den sie begleitenden Erscheinungen Schlüsse ziehen. Ueber eine merkwürdige Erscheinung, die am 31. August 1838 sich zeigte, berichtet Schmidl (S. 188). An diesem Tage blieb der Wippachfluß, der aus mehreren Riesenquellen entspringt, plötzlich aus und das Wasser des mit schwachem Gefälle fließenden Flusses kehrte zu den Quellen zurück. Das Bett blieb durch eine Stunde trocken. Nach zweieinhalb Stunden hatte der Fluß aber seinen früheren Standpunkt wieder erreicht. Seither hat sich dieses Ereigniß nicht wiederholt. Die Ursache desselben kann nur in einem Deckenbruche bestanden haben, der für kurze Zeit eine Verlegung der Wasserhöhle bewirkt hat.

Die oberirdischen Erscheinungen, welche mit den Höhlen in Verbindung stehen, haben in den verschiedenen Ländern, ja selbst nur in den einzelnen Bezirken, eigenthümliche Benennungen.

Senkrecht Schlände heißen: Schlände, Naturschachte, Erdpfeifen, Aerde pipes (in Belgien), Wetterlöcher in den Alpen und auch in Franken, woselbst man sie auch Riefeln nennt, ferner „Schauerlöcher“ (ebenfalls in Franken), „Brezen“ (in Krain), „Besdno“ oder „Stromor“ (in den südslavischen Ländern), „Jama“ (in Krain), was auch mitunter für Höhle gebraucht wird. In den czechischen Bezirken Böhmens und Mährens kommen die Bezeichnungen „Propast“, „Propadání“<sup>1)</sup> und „Komin“ vor. In Frankreich ist der allgemeine Name „abîme“ (Abgrund). Daneben gibt es aber auch unzählige Localbenennungen, wie: im Departement Var „ragagées“, „gouffres“ und „crevasses“. Im Aveyron: „tindouls“ und „avens“, was auch abenc oder avëns geschrieben wird (nach Daubröe). Im Departement de l'Hérault nennt man sie „évents“ oder „boit tout“, wenn sie als Katabothren functioniren. An anderen Orten kommen die Namen „Igue“, „Eydre“ (Périgord), „goules“, „gouffres“ und „puits naturels“ vor.

Katabothren (Flußschwinden) heißen in Amerika „sinks“, worunter auch Dolinen verstanden werden (Senkungsfelder, Erdfälle). In den südslavischen Ländern nennt man sie „Ponore“. Im Departement Bouches du Rhone heißen sie „embues“, im Departement Fière „scialets“. An anderen Orten kommt wieder der Name „fontis“ vor. In den Pyrenäen heißt eine Flußschwinde „Clot d'Aiguallat“.

Die zahlreichsten Benennungen haben die Dolinen, bei denen man keinen Unterschied zu machen pflegt, ob man es mit Einsturzdolinen, Karsttrichtern oder Schwemmen-

<sup>1)</sup> „Propadání“ heißt nach Professor Trampler „Einsturz“, „propast“ schlechtweg „Abgrund“.

landtrichtern zu thun hat. In Franken nennt man die Dolinen „Rieseln“ oder „Höhlen“, in der schwäbischen Alb versteht man hierunter aber mit Lehm ausge Schlagene, offene Cisternen.<sup>1)</sup> In Oesterreich gebraucht man die Namen: Doline (in Krain), Saugloch (Schwemmlandtrichter), Karsttrichter und Einsturztrichter (worunter Tiefe die eigentlichen oder echten Dolinen versteht). Die Tschechen heißen sie „závrtsky“, die Serben „vrtača“, die Dalmatiner „vrtlina“, die Istrianer „dolac“, die Croaten „duliba“ (nach Čvijić), die Engländer „swallow-holes“, „sink-holes“ oder „cockpit“ (nach Čvijić). Die Italiener nennen sie gleich den Höhlen: „busi“ (Löcher). In Belgien heißen sie (nach Daubrée) „aiguigeois“ (worunter wohl Katabothren verstanden werden dürfen). Die meisten Namen haben sie wieder in Frankreich, wo die allgemeine Bezeichnung entonnoirs (Trichter) ist. Daneben nennt man die dolinenförmigen Depressionen aber in den verschiedenen Departements ganz anders, z. B. im Departement des Vosges (Vogesen) „marnes“ oder „mortes“, im Departement Aube „gouffres“ oder „fosses“, im Auehron „bétoirs“, „embues“. In Südfrankreich nennt man sie „eloups“ oder „anselmoirs“ (nach Daubrée).

Wollte man noch die Benennungen der oberirdischen Erscheinungen in den anderen Sprachen anführen, so könnte man leicht einige Druckbogen damit anfüllen. Diese kleine Lese genügt aber schon, um nachzuweisen, wie vielerlei Namen für eine und dieselbe Erscheinung bestehen, und um zur Vorsicht zu mahnen, daß man nicht Nachrichten Vertrauen schenken darf, ehe man weiß, welche Form unter einer minder bekannten Bezeichnung zu verstehen ist. Die Anwendung der Ausdrücke ist durchaus keine so feststehende, daß man nicht, wie es auch vielfach geschehen ist, Mißgriffe machen kann. Die internationale Commission zur Feststellung der geologischen Nomenclaturen hätte hier eine sehr dankbare Aufgabe.

Neben der Verwirrung in der Nomenclatur mag auch jene viel zu den Controversen beigetragen haben, die über die Auffassung besteht, was eigentlich unter oberirdischer und unter subterranean Erosion zu verstehen sei. Es gibt nämlich Autoren, die behaupten, daß jede Erosion als eine oberirdische zu bezeichnen sei, die vom Regenwasser herkommt, und von den übrigen Einflüssen, welche die Denudation hervorrufen. Nach dieser Auffassung würde es überhaupt keine subterranean Erosion geben, außer einer solchen, die durch Thermalwässer hervorgerufen wird, die ja aber ebenfalls durch Niederschläge alimentirt werden. Um daher dem Leser keinen Zweifel darüber zu lassen, welchen Unterschied wenigstens der Verfasser dieses Buches zwischen oberirdischer und subterranean Erosion macht, so seien in Kürze folgende Sätze angefügt:

Als oberirdische Erosion ist nur jene zu betrachten, bei welcher der Abtrag und die Abschwemmung ausschließlich der Oberfläche entlang erfolgt.

Sobald dies nicht mehr der Fall ist und sich die Tagwässer unter die Erde verlieren (gleichviel, ob in weite Höhlen oder in schmale Klüfte), um dort ihre erodirende Thätigkeit fortzusetzen, wird die Erosion zur subterranean.

In diesem Sinne sind die vorstehenden und alle weiteren Ausführungen aufzufassen.

<sup>1)</sup> Siehe Oberbaurath Dr. von Ohmann: „Die Wasserversorgung der schwäbischen Alb“, Stuttgart 1881, S. 3, wo der Name „Höhle“ oder „Hülbe“ für die offenen Regenwassertränken erwähnt wird.



## VII. Capitel.

# Die Kesselthäler.

In den früheren Capiteln wurden bereits zweierlei Entstehungsarten der Kesselthäler (Poljen, Wannen, vallées sans issue, blinde Thäler, Muldenthäler) erwähnt, u. zw. 1. durch directen Einsturz und 2. durch Erosion (Abtragung durch Spalten und Klüfte) in senkrechter anstatt in horizontaler Richtung. Sie stehen daher mit dem Höhlenbildungsproceß in directem Zusammenhang bezüglich ihrer Entstehung, und auch bezüglich der Art und Weise, wie die Niederschläge aus den Kesselthälern abfließen, was durchwegs auf unterirdischem Wege geschieht. Die Kesselthäler gehören zu den Karsterscheinungen, und es ist nicht nöthig, eine andere Erklärungsart für ihre Bildung, als jene für die kleineren Karstdepressionen anzunehmen, wo die Schichten auf den beiderseitigen Thalgehängen gleichsinnig lagern. Wo eine Störung constatirt ist, wirkt allerdings noch ein weiteres Moment mit, um den Karstproceß hervorzurufen; der Abtrag geschieht aber stets mit Hilfe der Klüfte oder der Höhlen auf dem bereits angedeuteten Wege.

Die Bildung der Kesselthäler erfolgt nicht stets auf einfachem Wege. Schon die Entstehung der verhältnißmäßig weit kleineren Einsturzdolinen ist durch eine Folge von verschiedenen Erscheinungen bedingt, um wie viel mehr muß dies bei den Kesselthälern der Fall sein, die oft eine meilenlange Ausdehnung besitzen. Wo durch die Erweiterung von Klüften in einem Plateaugebirge die Niederschläge eine genügende Abfuhr in tiefere Horizonte finden, muß naturgemäß die Abfuhr der Gewässer und mit ihr jene der Sedimente in horizontaler Richtung aufhören. Verschlingen die Klüfte nicht genug, so erfolgt die Abfuhr sowohl in horizontaler, als auch in senkrechter Richtung. Hören die Klüfte zu functioniren auf, so tritt die oberirdische Wasserabfuhr wieder allein in ihre Rechte. Die früher geschaffene Mulde wird verschlammmt oder sonstwie successive ausgefüllt, wie dies auch bei Seebecken mit rein oberirdischem Zu- und Abflusse der Fall ist.

Der Proceß der Bildung eines Kesselthales beginnt daher stets mit einer Klüftbildung. Wo größere Längspalten ein Plateaugebirge durchsetzen, können diese auch auf die Form des zukünftigen Thales dadurch von Einfluß werden, daß nur nach einer Richtung hin eine große Anzahl von Angriffspunkten für die Erosion und die Abschwemmung gegen die tiefsten Punkte gegeben ist. Es entsteht dadurch ein langgestrecktes Kesselthal, wofür die Poljen in dem dalmatinisch-bosnisch-herzegovinischen Gebiete als typische Beispiele betrachtet werden können. Sobald die Wasserabfuhr eines bestimmten Bezirkes ausschließlich auf unterirdischem Wege erfolgt, so bildet sich für denselben ein eigenes Niederschlagsgebiet, in dem die Abschwemmung gegen den tiefsten Punkt hin erfolgt, und dieser ist die jeweilige Thalsole. Die in die Thalsole hinabgeschlammten Abschwemmungsproducte bleiben dort nicht ausschließlich liegen und werden zum Theile wieder durch die Abflußhöhlen weitergeführt, welche

Erweiterungen ursprünglich enger Spalten sind. Der Querschnitt dieser Höhlen ist fortwährenden Veränderungen unterworfen, und sie genügen einmal und genügen ein anderes Mal nicht für die Abfuhr der Niederschläge des Thalgebietes. Im ersteren Falle bleibt das Thal trocken, im letzteren wird es überfluthet. Je nach den Jahreszeiten und dem Charakter der Jahre wechselt auch die Menge der Niederschläge. Daher genügen oft die Katabothren (Wasserschlinger) in den Sommermonaten und in trockenen Jahren, während sie in den Frühjahrs-, den Herbstmonaten oder in nassen Jahren nicht genügen. Aus dieser Ursache entstehen die periodischen Seen der Karstländer, unter denen der Zirknitzer-See der bekannteste, aber nicht der einzige ist, denn in den meisten der zahlreichen Kesselthäler, von der Save an bis zu den Inseln von Griechenland hinab, gibt es periodische Ueberschwemmungen, wo nicht Abzugshöhlen zu Gebote stehen, deren Querschnitt bedeutend genug ist, um auch die bedeutendsten Niederschlagsmengen ebenso rasch abzuführen zu können, als sie zuströmen.

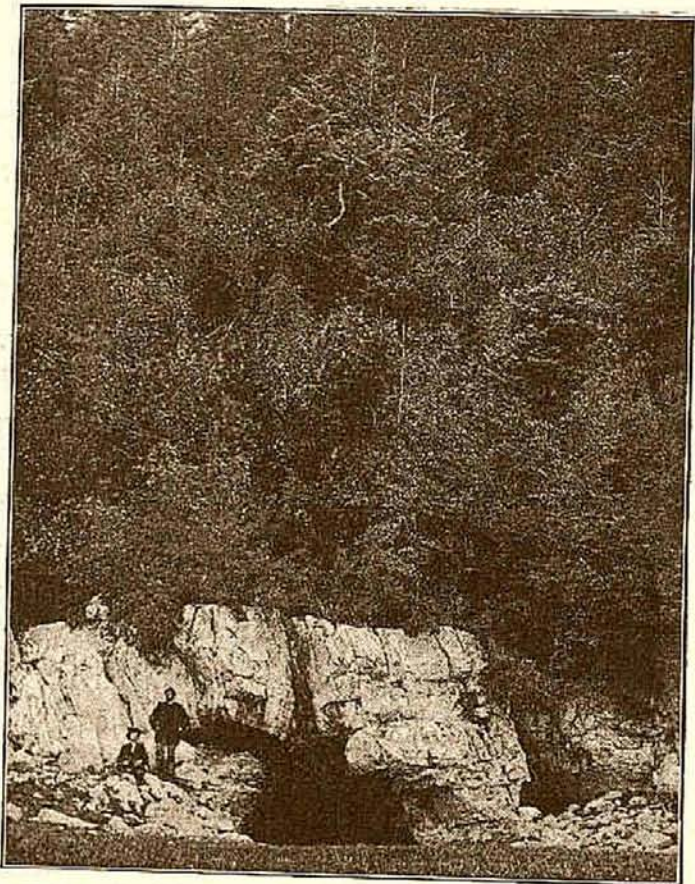
Diese Verhältnisse bleiben sich selbstverständlich gleich, unbeschadet der Entstehungsweise des Kesselthales. Es wurde im Capitel der Erosionserscheinungen bereits darauf hingewiesen, daß sich dolinenförmige Depressionen sowohl durch Einsturz als auch durch Erosion, letztere sogar wieder in zweierlei Formen in anstehendem Gesteine und in Schwemmland bilden können. Die Kesselthäler entstehen auf dieselbe Weise, wie die kleineren Depressionen, d. h. sowohl durch Einsturz als durch Erosion. Letztere Art dürfte in manchen Gegenden, wo große Längsbrüche existiren, häufiger vorkommen; die erstere dagegen in solchen Gegenden, wo weithin verfolgbare Brüche fehlen. Einzelne Kesselthäler sind sicher ursprünglich durch Einstürze entstanden, und sind durch spätere Nachbrüche, sowie durch atmosphärische Einflüsse erweitert worden. Wo eine blanke, felsige Sohle aus anstehendem Gesteine existirt, die nur von geringen Mengen von Sedimenten überdeckt ist, dort kann man die Thalbildung ruhig der Erosion zuschreiben; wo hingegen die Sohle hochauf mit Blockmaterial und darüber gebreiteten Sedimenten ausgefüllt erscheint, kann man mit ebensolcher Sicherheit dem Einbruche die Thalbildung zuschreiben. Im ersteren Falle pflegen die mit den Katabothren in Verbindung stehenden Abzugshöhlen im Niveau der Thalsohle oder auch in verschiedenem Niveau, u. zw. selbst weit höher als die Thalsohle zu liegen<sup>1)</sup>, wo sie nicht in senkrechten Schründen bestehen. Bei Einsturzhälern liegen sie weit tiefer, u. zw. um den Betrag der Mächtigkeit des Bruchmaterials und der nachträglich darüber gelagerten Schwemmproucte. Letzteres ist auch die Ursache, daß in vielen Kesselthälern die Mündungen der Katabothren tief vergraben liegen, und daß zur Wasserabfuhr nur die Zwischenräume genügen müssen, welche zwischen dem Blockmaterial übrig bleiben. Ueber den Mündungen dieser Zwischenräume werden die Sedimente fortwährend in die Tiefe geschwemmt, und es entstehen die dolinenförmigen Trichter, welche im vorigen Capitel als Schwemmlandtrichter bezeichnet wurden, um das Wort Doline zu umgehen, welches man nur für eine einzige Sorte (die Einsturzdolinen) anwenden sollte, weil dies bisher zu allerlei Mißverständnissen Anlaß gegeben hat.

Ob ein Kesselthal constante oder periodische Wasseransammlungen enthalte oder ob es trocken sei, hängt nur von dem Zustande der Abflußhöhlen ab. Nachdem dieser Zustand sich häufig verändert, so kann ein Thal durch geraume Zeit mit Wasser gefüllt sein, um später wieder dauernd trocken zu werden, und umgekehrt kann es

<sup>1)</sup> Das sind dann zumeist alte außer Function getretene Wasserhöhlen, oder solche die nur dann noch functioniren, wenn die tiefer liegenden für die Wasserabfuhr nicht mehr genügen.

durch Jahrhunderte trocken gewesen sein und sich in Folge von Verschlechterung der Abflußverhältnisse in ein Seebecken verwandeln.

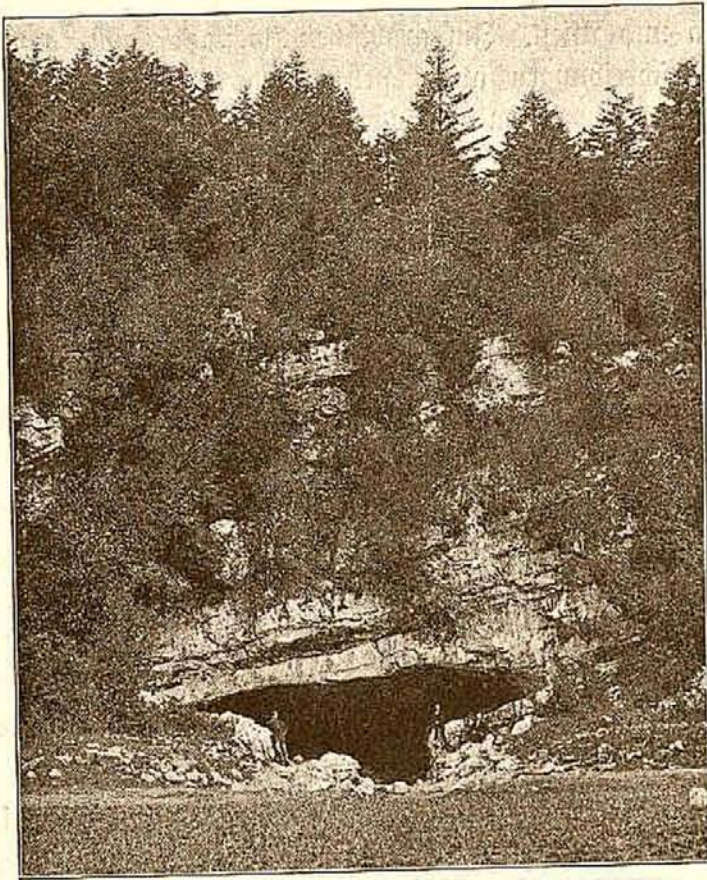
Auf einen Umstand darf aber niemals vergessen werden. Die Kesselthäler bilden sich ausschließlich in Plateaugebirgen, wie alle übrigen Karsterscheinungen, zu denen auch die Kesselthalbildung zu zählen ist. Die Plateaugebirge besaßen ursprünglich eine sanft gewellte, annähernd horizontale Oberfläche, welche durch die oberirdische Erosion eine Modellirung erfahren haben kann, ehe noch der Karstproceß begann. Sobald aber durch Klüfte oder Brüche den Niederschlägen ein Ausweg in die Tiefe auf verschiedenen Punkten des Plateau's gestattet war, mußte der regelmäßige Thalbildungsproceß aufhören und es mußten sich ebensoviele Niederschlagsgebiete bilden, als Abflußstellen sich öffneten. Was durch die Höhlen hinausgeschwemmt worden ist,



Keine Karlovca bei Birknitz nach einer Photographie von Schäber.

gehört einem enger begrenzten Gebiete an, und es ist ganz gleichgiltig, ob zwei oder mehrere Kesselthäler einem und demselben unterirdischen Flußgebiete angehören oder nicht; denn in jedem wirkt die Erosion selbstständig und excentrisch an der Erweiterung des eigenen Niederschlagsgebietes. Erst dann, wenn durch Einbruch der gemeinsamen Drainagehöhle eine directe Verbindung hergestellt ist, wird das Niederschlagsgebiet auch factisch ein gemeinsames. Manche Kesselthäler (wie z. B. jene von Reifnitz und von Gottschee) stehen nicht mehr weit von ihrer Vereinigung, andere trennen noch 10 Kilometer breite Berggrücken, trotzdem sie nachweisbar zum selben Flußgebiete gehören. Die muldenförmigen Kesselthäler sind daher als durch das Zusammenwirken der oberirdischen mit der unterirdischen Erosion entstandene Depressionen in der vordem annähernd ebenen Oberfläche eines Plateaugebirges zu betrachten. Welcher Antheil dem Einsturze hierbei

zukomme, wurde bereits erwähnt, es kann aber nicht oft genug davor gewarnt werden, ohne vorhergegangener genauer Untersuchung die Bildung eines Kesselthales einer oder der anderen Kraft zuschreiben zu wollen, welche daran betheilt war. Die Spuren können so sehr verwischt sein, daß sie trügerisch selbst für das erfahrenste Auge werden können; denn in ein und demselben Thale können auch Einsturz- und Erosionsanzeichen vereint vorkommen, was die Beurtheilung ungemein erschwert. Ein solches Kesselthal ist jenes von Zirknitz, welches in der Dolomitzone durch rein oberirdische Einflüsse und in der Kreidezone durch das Zusammenwirken der oberirdischen mit der unterirdischen Erosion gebildet worden ist. Auch das Thal von Loitsch hat regelrechte Thalbildung in der Dolomitzone, während die Karsterscheinungen dort beginnen, wo sie aufhört. Der das ganze Thal durchfließende Bach entsteht



Große Karlovca bei Zirknitz nach einer Photographie von Schäber.

aus zahlreichen Quellen im Dolomitgebiete und verschwindet in einem großartigen Saugtrichter, sobald er die Kreidezone berührt. Die Katabothren des Zirknitzer Thales liegen sämtlich außerhalb der Dolomitzone (s. Abbildung S. 142 und 143).

Durch Erosion entstandene Kesselthäler besitzen nur selten oberirdische Wasserläufe, u. zw. aus dem einfachen Grunde, weil das Wasser in tieferen Horizonten circulirt, bis in welche die Austiefung des Thales noch nicht vorgeschritten ist. Zahlreiche Schlünde führen die Niederschläge dem Horizonte zu, in dem die Wassercirculation stattfindet. Genügen die Abzugsschlünde nicht, so kann auch in einem solchen Thale sich ebenfogut Wasser aufstauen<sup>1)</sup>, wie in einem durch Einbruch von

<sup>1)</sup> Es befinden sich dann zwei Wasserhorizonte übereinander, u. zw. ein unterirdischer, tieferer, vom fließenden Wasser und ein oberirdischer, höherer, vom stagnirenden.

Höhlendecken entstandenen. Der Mangel von oberirdisch fließendem Wasser und die senkrechte Verschlundung der Niederschläge können also für Anzeichen einer Thalbildung durch Erosion betrachtet werden. Für jene durch Einsturz hat man an stehen gebliebenen Pfeilern etwas bessere Anhaltspunkte. Solche Pfeiler sind z. B. der Hügel von Kopajn im Ratschnathale (Krain) und der Hügel von Jakobowitz im Planinathale (Krain)<sup>1)</sup>. Das beste Anzeichen ist aber stets die Sondirung der Thalsohle oder die Beobachtung der etwa vorhandenen Aufschlüsse in derselben an den Rändern der Flußläufe oder an den Saugtrichtern. Es muß jedoch bemerkt werden, daß nicht alle Einsturzhäler oberirdische Wasserläufe enthalten. Das Thal von Police ist z. B. ein unleugbarer Einbruch, der keinen Wasserlauf besitzt. Unter dem Trümmerwerk fließt jedoch bekanntermaßen der Šičafluß (spr. Schizkafluß) durch.

Kesselhäler gibt es nicht nur in den Karstländern Südeuropa's, sondern auch in Amerika, Afrika und Asien. Im arabischen Hochlande gibt es zahlreiche Wādij's, welche nach den Beschreibungen als Kesselhäler erkannt werden müssen. Freiherr von Maklan erwähnt in seinen Erläuterungen zu dem von ihm herausgegebenen Werke: „Reisen in Arabien“ (2. Band, Braunschweig 1873, Adolph von Wrede's Reise in Hadramaut enthaltend), S. 281, bezüglich der Localität Choraybe: „Dieser häufig vorkommende Name könnte als Verkleinerungswort von Charib (die Wüste) angesehen werden. Wahrscheinlich ist er jedoch Verkleinerungswort von Chorbe. Wir finden nämlich im Wādij Do 'an dicht nebeneinander zwei Städte, Chorbe und Choraybe, d. h. „Chorbe“ und das „kleine Chorbe“. Die Bedeutung von Chorbe, welches ein „Loch im Boden“, d. h. ein „Kesseltal“ heißt, entspricht auch ungleich besser der Localität als die Bedeutung „Wüste““.

In Ritter's Geographie wird auch erwähnt, daß der Zendehrud-Fluß, welcher vor Ispahan vorüberfließt, sich im Districte Rhuné in einem Gipsthale in der Erde verliere. Das Vorkommen von Gips scheint überhaupt Karsterscheinungen zu begünstigen, wie dies aus den Untersuchungen von Dr. Tieze in Galizien hervorgeht. (Diesbezüglich siehe: Dr. E. Tieze, „Beiträge zur Geologie von Galizien“, 3. Folge, im „Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1886, S. 681 ff., und 5. Folge, ebenda, Wien 1891, S. 62).

Tieze erwähnt ferner Kesselhäler und abflußlose Seen in seinem Aufsatz: „Beiträge zur Geologie von Syrien“ („Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt“, Wien 1885), die auch auf der beigegebenen Karte eingezeichnet erscheinen. Die Kesselhäler heißen dort Jaila's und die Katabothren, welche das Wasser abführen, werden Duden genannt.

Große Kesselhäler besitzt auch Nordafrika, im Gebiete der Natronseen. Das Vorhandensein von zahlreichen Höhlen im Saharagebiete läßt darauf schließen, daß auch die benachbarten Depressionen der subterranean Erosion ihr Dasein verdanken. Das Zurückbleiben von salzigen Wässern deutet darauf hin, daß diese Senkungsfelder durch die Auslaugung von alten Salzlagerstätten entstanden seien. Aus diesen mögen die zahlreichen salzigen Quellen Nordafrika's entstanden sein, von denen Daubrée eine Reihe anführt, welcher der Auslaugung salzführender Schichten die Entstehung der Depressionen zuschreibt.

<sup>1)</sup> Einen ähnlichen Felspfeiler erwähnt auch Martel im Felscircus des Thales nächst den Quellen von Benikovi in Griechenland.

Bezüglich Nordamerika's erwähnt Deckert („Globus“ 1888, S. 218), daß besonders Florida reich an Seen sei, die keinen oberirdischen, sondern einen unterirdischen Abfluß besitzen. Deckert ist einer der Vertreter der Einsturztheorie, die er mit der geringen Festigkeit des durch subterrane Erosion angegriffenen Gesteins in Amerika begründet. Dieser Ansicht kann nur beigezogen werden, denn die Einsturzercheinungen stehen mit der Consistenz der Gesteine in untrennbarem Zusammenhange. Dadurch erklärt es sich auch, warum sie in den Ebenen nicht so großartig entwickelt sind, als anderswo, wo brüchigere Kalke vorkommen. Uebrigens fehlen Einsturzercheinungen auch dort nicht ganz, zu einer ausgesprochenen Kesselthalbildung ist es jedoch nicht gekommen. Nach Daubrée kommen aber typische Kesselthäler in Frankreich weiter östlich vor. Er führt an: im Departement Bouches du Rhone das Thal von Gémenos, von Antignosc, von Saint Julien le Montagnier, welche ihre Wässer durch Katabothren abführen, die dort „Embues“ genannt werden. Daubrée bringt hiermit die submarinen Quellen in Verbindung, die längs der benachbarten Küste bekannt sind. In den Departements Var und Alpes maritimes erwähnt er die Bassins von Euges und zahlreiche submarine Quellen, die er mit dem Plateau von Roquefort in Verbindung bringt, wo die Tagwässer von Schlünden aufgenommen werden, die man dort „Ragagés“, „Gouffres“ oder „Crevasses“ nennt. Dufour citirt in den Pyrenäen das Vallon d'Artigues de Lin, welches er als ein Kesselthal mit einer bedeutenden Katabothre beschreibt.

Am zahlreichsten sind jedoch die Kesselthäler in den österreichischen Karstgebieten, die ihre Fortsetzung bis an die Südspitze von Griechenland haben, und selbst auf den griechischen Inseln gibt es noch vielfach Karsterscheinungen, über welche die erwähnte Zusammenstellung von Övijić zahlreiche Literaturnachweise, besonders über den slavischen Theil der Balkanhalbinsel enthält.<sup>1)</sup> Ueber mehrere österreichische Kesselthäler liegen Detailaufnahmen zu meliorationstechnischen Zwecken vor, welche die Zu- und Abflußverhältnisse enthalten. Von den Abflußhöhlen wurden zu diesem Zwecke auch viele untersucht, vermessen und kartographirt. Die Resultate der Aufnahme des Ingenieurs Putić befinden sich im Besitze des österreichischen Ackerbaumministeriums, sind aber leider niemals vollständig publicirt worden, was als entschiedener Verlust für die Wissenschaft bezeichnet werden muß. Auch im Archive des Landesauschusses von Krain erliegen höchst werthvolle Aufnahmen über die unterirdischen Zuflüsse des Gurkflusses, namentlich über die Kesselthäler, aus denen diese Zuflüsse stammen. An den Erhebungen waren die Landesingenieure Hrašky und Alinar theilhaft, unter deren Leitung auch die Entwässerungsarbeiten im Račnathale mit bestem Erfolge durchgeführt worden sind.

Daß auch die Plateaugebirge der Nordalpen ausgesprochene Kesselthäler besitzen, dürfte minder bekannt sein. Övijić führt als Beispiel den „schwarzen See“ nächst dem Schafberge in Oberösterreich an. Dies beruht jedoch auf einer Verwechslung mit dem Haleswiessee im selben Gebirgsstocke, der ein Katabothrensee ist, während der schwarze See einen oberirdischen Abfluß hat (den Schwarzbach). Der Rußbach

<sup>1)</sup> Ueber die griechischen Katabothrenseen siehe: „Sumpf- und Seebildungen in Griechenland“ von Franz Kraus in den „Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft“, Wien 1892, Heft 7 und 8. — „Les Katabothres du Peloponèse“ von E. M. Martel in der „Revue de géographie“, Paris 1892. — „Die Deichbauten der alten Mynier“, von E. Curtius in den „Sitzungsberichten der k. preussischen Akademie der Wissenschaften“, Berlin 1892, Sitzungs-Bericht vom 22. December. — In allen diesen Publicationen findet man zahlreiche Hinweise auf die antike und die moderne Literatur.

gilt als der Abfluß des Haleswiessees, von dem ein Rest sich das ganze Jahr über erhält. Dieser See ist auch in botanischen Kreisen bekannt, weil er der höchste Standort einer *Nymphaea*-Art ist. Nach einer anderen Annahme soll die Rothaubachquelle aus dem Haleswiessee ihr Wasser beziehen. Beide Versionen beruhen nur auf Schätzungen, denn eingehende Untersuchungen sind nicht vorgenommen worden. Der Haleswiessee besitzt nur eine große Katabothre, die ungefähr in der Mitte der großen Depression liegt. Diese Katabothre ist bisher ununtersucht, obwohl ihre Mündung nicht unbedeutend ist.

In der schwäbischen Alb beschreibt Professor Quenstedt in seinem höchst interessant geschriebenen Buche: „Geologische Ausflüge in Schwaben“, Tübingen (ohne Jahreszahl), 2. Auflage, mehrere kesselförmige trockene Thäler, in denen Schlände das Wasser tieferen Horizonten zuführen. Die oberirdischen Wasserläufe verschwinden bald wieder, ganz so wie in den übrigen südeuropäischen Karstdistrikten.“ Seite 83 sagt Quenstedt: „Von Weilheim über Hepsisau heraufkommend, tritt man in ein kraterförmiges Kesselthal, rings von Dolomiten, schneeweißem Marmor und Basalttuffen umgeben“. Im Harz<sup>1)</sup> ist der sogenannte Hungersee ein Seitenstück zum berühmten Zirknitzersee, nur füllt er sich nicht so häufig wie dieser, weshalb Behrens (*Hercynia curiosa*) schweren Herzens zugeben muß, daß der Zirknitzersee der interessantere sei. Die Ueberschwemmungen ereigneten sich zur Zeit von Behrens (1720) nur alle sechs bis acht Jahre. Das Wasser drang ausschließlich aus dem Boden hervor durch mehrere Schlände, die es später wieder verschlangen. Selbst bei trockener Witterung sollen Ueberschwemmungen entstanden sein, woraus Behrens schließt, daß die Ursache der Wasseraustritte in Querschnittsveränderungen der Abflußhöhlen liegen müsse, die sich unter der Thalsohle befinden. Das Thal von Augsdorf wäre also als ein durch Erosion entstandenes Kesselthal zu betrachten, für welche das Thal von Leitsch in Krain ein Analogon wäre, weil dort genau dieselben Verhältnisse herrschen. In Leitsch kennt man übrigens die Tiefenlage der Wasserhöhle genau, seitdem sie durch einen künstlichen Schacht aufgeschlossen worden ist (siehe die Abbildung S. 152).

Mit den Kesselthälern nicht zu verwechseln sind die Senkungsfelder in vulkanischen Gebieten. Dagegen stehen den Kesselthälern jene Depressionen weit näher, die sich durch Auflösung von Salzlagern oder anderen leicht löslichen Substanzen gebildet haben, obwohl diese Form als ein eigener Typus von Depressionen von mehreren Gelehrten betrachtet zu werden pflegt. Ein principieller Unterschied besteht nur darin, daß hierbei die mechanische Erosion gegenüber der chemischen zurücktritt; die erzeugte Form ist aber nicht so sehr verschieden, als daß die Aufstellung einer eigenen Classe nöthig wäre. Damit es zur Thalbildung durch Senkung kommen kann, ist ja die Entfernung der gelösten Substanzen ebenfalls eine Vorbedingung. Wo undurchlässige Schichten dies verhindern, dort kann es nur zu einer Durchtränkung der aufgelagerten, losen Materialien kommen, wodurch allerdings auch eine Senkung, jedoch nicht so bedeutenden Grades, erfolgen kann.

In Vorstehendem wird die Entstehung der Kesselthäler ohne Zuhilfenahme von tectonischen Störungen zu erklären versucht. Der Einfluß derselben auf die Bildung von Brüchen, Aufstauungen u. dgl. soll darum nicht geläugnet werden. Insbesondere mögen es die jüngeren Eruptivgesteine gewesen sein, welche auf die benachbarten Plateaugebirge zermalmend gewirkt und jene großen Brüche hervorgerufen haben,

<sup>1)</sup> Ueber die kleinen Dolinenseen des Harzgebirges wurde schon im Capitel der oberirdischen Erscheinungen berichtet.

welche das Karstphänomen zur weiteren Folge hatten. Quenstedt sieht in den Basalten und Basalttuffen<sup>1)</sup> die Ursachen der Zerklüftung benachbarter Gebirgstheile. Auch im croatischen Karste und in Serbien kennt man jüngere Eruptivgesteine in der Nähe großartiger Karstterrains. Ohne daran eine Theorie knüpfen zu wollen, sei diese Thatsache constatirt, für welche auch analoge Fälle aus anderen Ländern herangezogen werden könnten. Daß auf diese Weise Bruchspalten entstehen können, läßt sich übrigens nicht läugnen.

Kesselthäler, welche durch Einsturz entstanden sind, haben nicht nur mit den echten Dolinen, sondern auch mit gewissen klammartigen Thälern eine Verwandtschaft. Einsturzdolinen müssen ja nicht immer durch einen einmaligen plötzlichen Einbruch entstehen. Sie können auch durch einen länger andauernden Abbröckelungsproceß gebildet werden, wobei die Erdbeben gewiß eine der Hauptursachen wenigstens in den südeuropäischen Karstbezirken sein mögen, daß sich große Deckenstücke loslösen. Das Gleiche ist bei den klammartigen Thälern der Fall, die aus eingebrochenen Höhlen entstanden sind. Das Raibachthal ist ein solches Thal, welches stellenweise seinen klammartigen Charakter noch besitzt, in seinen älteren Theilen (den mittleren) diesen Charakter aber bereits total verloren hat und heute dort einem Kesselthale gleicht. Ebenso können auch aus Höhlen länger gestreckte Thäler entstehen, die zwischen Steilwänden eingeschlossen sind und bei denen nur der Untergrund die Entstehungsweise einigermaßen zu verrathen vermag, wenn er aus demselben Blockmateriale besteht, welches das Hauptkennungszeichen der durch Einbruch entstandenen Kesselthäler ist. Darum muß aber gerade nicht jedes Thal mit Steilwänden durch Einsturz entstanden sein.

Im Haushalte der Natur erfüllen die Kesselthäler mit Wasseransammlungen die Aufgabe von Stau- und Sammelbassins für die Niederschläge, welche sie je nach dem Querschnitte der zur Verfügung stehenden Abflußhöhlen langsamer oder schneller an tiefer gelegene Horizonte abgeben. Dies gilt sowohl von den permanenten Wasseransammlungen, als auch von den periodischen. In der wissenschaftlichen Literatur hat sich der Ausdruck Katabothrenseen für alle Wasseransammlungen mit unterirdischem Abflusse eingebürgert, und darum soll dieser auch hier beibehalten werden; denn es ist nicht gut, bereits allgemein bekannte Bezeichnungen ohne zwingenden Grund durch neue ersetzen zu wollen, weil dies nur zu Verwirrungen Anlaß gibt. Das Erfinden von Ausdrücken ist keine Kunst. In der modernen wissenschaftlichen Literatur wird das Erfinden von neuen Bezeichnungen stark von jüngeren Gelehrten betrieben, und dagegen kann nicht eindringlich genug protestirt werden.

Die Katabothrenseen bieten mitunter eigenthümliche Erscheinungen. Die Sage, daß man im Zirkuisersee alljährlich zu bestimmten Zeiten fischen, jagen und ernten könne, findet sich in den meisten älteren Lehrbüchern der Geographie. Diese Irrthümer müssen einmal gründlich aus der Welt geschafft werden. Eine regelmäßige Periodicität besitzt kein Katabothrensee, und darum dürften die nachfolgenden Ausführungen über das Verhalten der Katabothrenseen bei Hochwässern nicht überflüssig sein.

<sup>1)</sup> Geologische Auflage S. 88 werden dieselben erwähnt.



## Die Hochwässer in den Katabothrenseen.

Daß man die Katabothrenseen zu den abflußlosen Seen zumeist zu rechnen pflegt, ist nicht ganz richtig; denn sie sind nicht absolut abflußlos, sondern ihr Abfluß geschieht auf unterirdischem Wege, der mit wenigen Ausnahmen einen unbekanntem Verlauf hat. Sie sind also nur scheinbar abflußlos, und das Steigen und Fallen ihrer Wässer hängt hauptsächlich vom jeweiligen Querschnitte der Abflußcanäle ab, der fortwährenden Veränderungen unterworfen ist, und zwar einmal zu Gunsten, und ein andermal zu Ungunsten der Wasserabfuhr. Diese Querschnittsveränderungen hängen von so zahlreichen Ursachen ab, daß es schwer wird, sie alle anzuführen. Man sollte meinen, daß die fortwährend wirkende Erosion stetig die Canäle erweitern sollte; allein ihr wirken andere Umstände entgegen, die mitunter Jahrhunderte alte Communicationen total unterbrechen oder ihre Querschnitte arg reduciren können. Es liegt sogar, wie bereits erwähnt, die Möglichkeit vor, daß durch Verstopfung der unterirdischen Abflußwege aus einem Katabothrensee ein solcher mit oberirdischem Abfluß werden könne.

Die Sage berichtet, daß einst das Kaspische Meer einen unterirdischen Abfluß besessen habe, und daß aus jener Zeit die Reste jener Baulichkeiten stammen, die bei niedrigem Wasserstande am Seegrunde bemerkt werden können. Daß einst das Kaspische Meer einen viel niedrigeren Stand besessen haben muß, der seit Menschengedenken nicht wiedergekehrt ist, geht aus diesen Gebäuderesten hervor; allein die zur Erklärung herangezogene Sage des Einbruches der Abzugshöhle ist doch zu wenig beglaubigt, als daß man berechtigt wäre, die dauernde Veränderung des Meeresniveaus einer Verstopfung der sagenhaften Abzugshöhle zuzuschreiben. Eine ähnliche Sage wird vom großen Salzsee von Utah in Nordamerika erzählt. Amerikanische Schiffernachrichten sind aber schon von vornherein dubioser Natur.

Wir besitzen jedoch eine verlässlichere Ueberlieferung dafür, daß aus einem Katabothrensee ein See mit oberirdischem Abflusse werden könne.

Es ist dies der Čepičsee in Istrien. Sein Abfluß geschah durch eine Katabothre am Südrande desselben, und das dort hineinstürzende Wasser trieb eine Mühle, deren Quadermauer heute noch zum Theile erhalten ist. Ueber die Zeit, wann die Verstopfung der Katabothre erfolgt ist, widersprechen sich die Angaben. Thatsache ist, daß Valvasor die Mühle noch in Betrieb sah und sie in seinem großen Werke: „Die Ehre des Herzogthums Krain“ (Raibach 1689) beschrieben hat<sup>1)</sup>. Nach einer Version soll einer der Pfleger der Herrschaft die Verstopfung wegen der Kalfischerei im See angeordnet haben, weil der See zeitweise ganz abfloß und dadurch die Fischerei Schaden litt. Das Seewasser soll seinen Weg ehemals durch den niederen Hügelrücken in das jenseitige Thäl von Fianona genommen haben, wo es in einer starken Quelle zu Tage trat, die einen Bach bildete, der zwei Mühlen trieb, und der sich nach kurzem Laufe in die Bucht von Fianona ergoß. Die beiden Gebäude stehen noch, auch das

<sup>1)</sup> 2. Buch, 80. Capitel, S. 294: „Es ist auch bei diesem See eine sehr artlich gebaute Mühle; sintemal sie gleichsam unter dem See und ganz in der Erden gebauet worden.“ Im 4. Buche, 41. Capitel, S. 609, wird diese „Natur-Parität“ ausführlicher beschrieben. Aus der etwas verworrenen Beschreibung läßt sich entnehmen, daß ein Ueberfall gegen das Krathäl schon vorher bestanden haben muß, daß aber der unterirdische Abfluß damals genügte. Wahrscheinlich hat schon der Einbau des Mühlenwerkes zur Hebung des Seeniveaus beigetragen. Seit der vollständigen Verstopfung der Katabothre ist der Abfluß ausschließlich ein oberirdischer geworden.



gereicht hatten. Die Angaben lauteten jedoch so widersprechend, daß sie als unverläßlich nicht berücksichtigungswürdig waren. Das Gleiche gilt von Račna, Guttenfeld, Treffen, Gottschee, Reifnitz und allen übrigen durch periodische Ueberschwemmungen heimgesuchten Kesselthälern. Nur in Planina gelang es dem mit den Erhebungen betrauten Staatstechniker Herrn Wilhelm Putick, eine solche Aufschreibung im Hause des damaligen Bürgermeisters Anton Kovsza aufzutreiben, die vom Jahre 1801 an alle wichtigen Ereignisse in Chronikform enthielt, und in welcher auch die meteorologischen Verhältnisse bis zum Jahre 1888 ziemlich ausführlich erwähnt sind. Nachdem die Thäler von Zirknitz und von Planina untereinander mehrfache Communicationen besitzen, deren Existenz man erst seit Kurzem kennt, so ist mit Recht anzunehmen, daß die Hochwässer des höher gelegenen Zirknitzerthales jene des benachbarten, tiefer gelegenen Planinathales beeinflussen müssen. Die Wässer von Zirknitz gelangen auf dreierlei Wegen nach Planina, u. zw. 1. durch die Mühlthalquellen, 2. durch die Kleinhäuslergrotte und 3. durch die Skratouka. Weitere Communicationen sind möglich, aber bisher noch nicht nachgewiesen. Der See von Planina entleert sich aber nicht gleichzeitig mit jenem von Zirknitz, was von der Art wie die Sauglöcher in den beiden Thälern disponirt sind, und von ihrer jeweiligen Wirksamkeit abhängt. Im Planinathale wurden schon wiederholt die Sauglöcher gereinigt, erweitert oder mit Schutzgittern versehen. In Zirknitz geschah Derartiges noch nie, trotzdem die großen Randhöhlen dort wahre Sicherheitsventile gegen die Hochwässer bilden könnten, wenn sie nicht mit Baumstämmen, Schilf, Astwerk, Sägespänen und anderen Einschwemmungen fast hermetisch verschlossen wären. Dies gilt insbesondere von der Randhöhle, welche „die große Karlovca“ (spr. Karluza) benannt wird. Diese geräumige Höhle ist vom Thalrande aus auf etwa 600 Meter weit durchforscht, ein weiteres Vordringen war wegen des oberwähnten Hindernisses nicht möglich. Man kennt aber ihre in das Nachbalthal mündende Fortsetzung bis auf eine kleine, dazwischen liegende Strecke. Ganz durchgedrungen ist noch Niemand, obwohl es Leute geben soll, die sich dessen rühmen (siehe Abbildung S. 143).

Diese, sowie mehrere andere Randhöhlen treten erst dann in Action, wenn der Thalboden schon einen Meter hoch vom Wasser bedeckt ist. Bis dahin functioniren nur die trichterförmigen Sauglöcher, die gruppenweise im Seegebiete vertheilt liegen. Einige der südlichen haben sogar eine doppelte Function, denn sie wirken zuerst als Speilöcher, und später, wenn der Hochdruck in den communicirenden Spalten nachläßt, als Sauglöcher. Je mehr das Niveau des Zirknitzersees steigt, desto mehr Sauglöcher treten in Action. In Planina ist das Gleiche der Fall. Dagegen hat das Adelsbergerthal an seinen beiden großen Katabothren genug, um auch die größten Niederschläge abzuleiten. Es sind dies die Poikschwinde bei Adelsberg und die Schwarzbachschwinde bei Groß-Ottok. Letztere ist nur wenig bekannt, aber sehr absorptionsfähig. Deshalb werden in Adelsberg nur einige tief gelegene Wiesen am Poikufer und am Schwarzbachufer für kurze Zeit überschwemmt, was aber selten länger als 24 Stunden dauert. Im Jahre 1886 scheint sich im Inneren des unzugänglichen Theiles der Poikschwinde eine Umwälzung vollzogen zu haben, weil sich seither keine so bedeutende Stauung wie früher mehr zeigt.

Im Jahre 1885 wurden unter der Leitung des Verfassers die ersten Versuchsarbeiten in der Strecke zwischen Adelsberg und Planina gemacht, um den unterirdischen Lauf der Poik verfolgbar zu machen. Es zeigten sich bedeutende, von Einsturz herührende Widerstände, deren Bewältigung nur auf eine kurze Strecke gelang, was

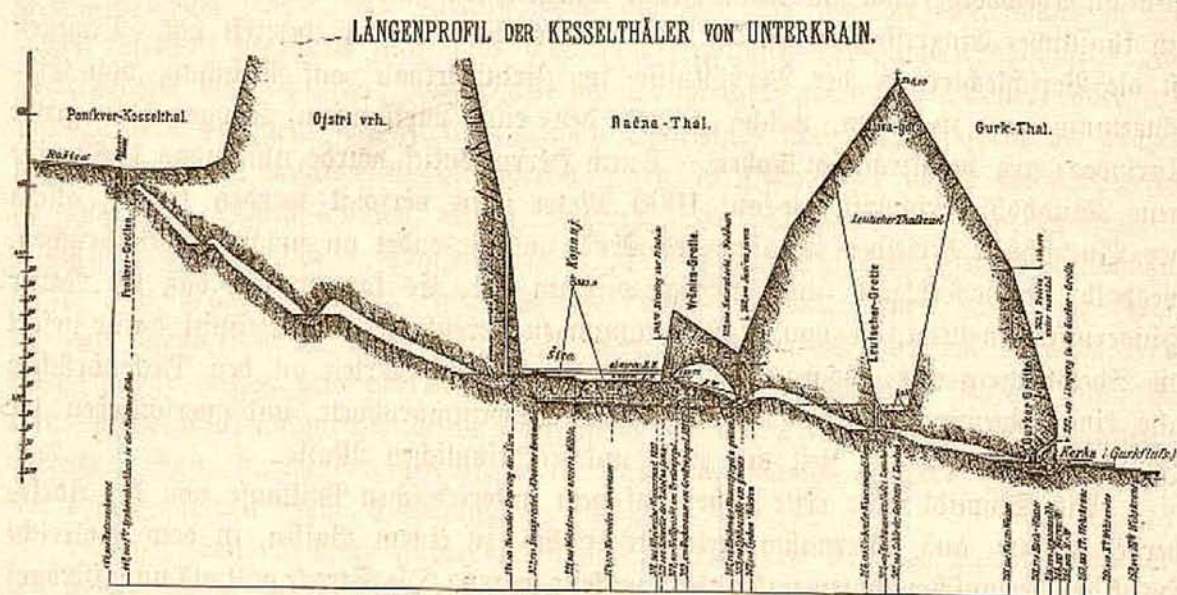
ganz erklärlich ist, weil analoge Arbeiten vorher noch nicht gemacht worden waren, und der Zweck der Arbeiten hauptsächlich darin bestand, die beste Methode des Vorgehens herauszufinden und zu erproben. Der theoretische Theil der Aufgabe wurde gelöst, das praktische Resultat war aber zu unbedeutend, um die nach einem Jahre erfolgte Veränderung in der Wasserabfuhr des Adelsbergerthales damit erklären zu können. Es muß sich also der Poikfluß selbstthätig seine Bahn erweitert haben.

— Im Jahre 1886 begannen die Versuchsarbeiten auf Staatskosten im Planinathale unter der Leitung des vorerwähnten Staatstechnikers Putić, der 1887 zwei verschüttete Schlundhöhlen aufdeckte, die 20 Meter unter der Thalsohle in horizontale Höhlen übergingen, und die beim nächsten Hochwasser schon bedeutende Wasserquantitäten verschlangen. Diese Vermehrung der Wasserabfuhr genügte jedoch noch immer nicht, um das Thal von Planina vor Ueberschwemmungen zu schützen, allein es scheint doch, daß ihre Dauer seither restringirt ist, wie aus der 1888er Ueberschwemmung hervorgeht, die ihr Ende am 25. November erreichte, während ähnliche bedeutende Herbstüberschwemmungen Monate zum Abfließen brauchten. Während also im Adelsbergerthale die Natur selbst nachgeholfen hat, so ist es im Planinathale ein künstlicher Eingriff gewesen, der eine raschere Wasserabfuhr bewirkt hat. Dagegen ist die Verschlechterung der Verhältnisse im Zirknitzerthale auf Rechnung von Einschwemmungen zu setzen, welche gerade den einst wirksamsten Sauger (die große Karlovca) arg beeinträchtigt haben. Durch Herrn Putić wurde allerdings 1888 eine neue Randhöhle erschürft, die auf 1000 Meter weit verfolgt werden konnte, allein der Querschnitt derselben ist nicht bedeutend, und sie endet an mächtigen Verbrüchen, weshalb sie vorderhand noch wenig wirksam ist. Es kommt vor, daß die Natur Hindernisse bewältigt, die von Einschwemmungen herrühren. Ein Beispiel dafür liefert die Adelsbergergrotte; dagegen stauen sich an anderen Orten an den Deckenbrüchen alle eingeschwemmten, leicht transportablen Schwemmproducte und verschließen die Zwischenräume mit der Zeit mit einer undurchdringlichen Masse.

Als Schmidl seine erste Fahrt auf dem unterirdischen Poiklaufe von der Adelsberger Grotte aus unternahm, gelangte er bis zu einem Bassin, in dem zahlreiche Holzflöße herumschwammen und andere verkeilt waren. Die Strecke galt als unpassirbar; trotzdem wurde beinahe 40 Jahre später der Versuch wiederholt, und es zeigte sich, daß die Schmidl'sche Beschreibung zwar richtig, daß aber von der Holzbarre keine Spur mehr vorhanden sei. Die Höhle blieb bis in die Nähe der Ottoker Grotte von bedeutender Höhe, und die Durchfahrt gelang wider Erwarten gut. Derart verkeilte Hölzer conserviren sich durch viele Jahre in den Wasserhöhlen, wovon man sich in der mehrerwähnten Karlovca, in der Rackbachschwinde, in der Raschizaschwinde und noch in vielen anderen Wasserhöhlen überzeugen kann.

Die Raschiza war zum Zwecke der Untersuchung ihrer Schlundhöhle im Jahre 1889 in einen entfernteren Schlund abgeleitet worden, und die Hauptschwinde nächst der Mühle zeigte sich am Grunde so sehr mit Holzwerk verlegt, daß ein Vorwärtskommen unmöglich war. Die Zwischenräume genühten aber für die Aufnahme selbst größerer Hochwässer. Der Ingenieur, Herr Hrašky, ließ später das Holz entfernen, um eine neuerliche Untersuchung vornehmen zu können, und das seit Jahrzehnten in dem Schlunde angehäuften Holz erwies sich größtentheils als noch brauchbar. Ein wesentlicher Theil der Schwankungen der Abflußverhältnisse der Katabothrenseen dürfte auf Rechnung derartiger, durch Einschwemmung entstandener Querschnittsvermindernngen der Abzugshöhlen zu setzen sein.

Im Račnathale welches alljährlich viermal, und noch öfter, von furchtbaren Ueberschwemmungen heimgesucht worden ist, gibt es keine nennenswerthen Ueberschwemmungen mehr. Gelegentlich der Entwässerungsarbeiten wurde auch die Ursache entdeckt, warum die Wasserhältnisse so ungünstig werden mußten, trotzdem zahlreiche Sauglöcher zur Verfügung standen. Eines der Hauptsauglöcher erwies sich als arg verschlammmt, das zweite keilte sich im Felsen aus, und wurde so schmal, daß es nur geringe Quantitäten zu absorbiren vermochte, und die übrigen waren trichterförmige Oeffnungen im Thalboden (Schwemmlandtrichter oder Sauglöcher), die ebenfalls nur geringe Leistungsfähigkeit besaßen. Theoretisch war anzunehmen, daß einst die Wasserabfuhr durch größere Wasserhöhlen stattgefunden habe, deren Mündungen jedoch unauffindbar schienen. Die Verfolgung eines Randsaugers führte zur Ausräumung einer hohen, aber schmalen Kluft, die 400 Meter weit verfolgt und gereinigt werden konnte, und dadurch bedeutend wirksamer wurde. Der größte Erfolg wurde jedoch dadurch erzielt, daß man in einer Höhle, die am Gehänge nahe vom Thalrande lag, Wasser rauschen hörte. Der Ingenieur, Herr Hrašky, ließ am verschütteten Ende



Nach einer Originalzeichnung von J. B. Hrašky.

dieser Höhle Nachgrabungen machen, und gelangte in eine Wasserhöhle von bedeutendem Querschnitte, und von beinahe 1000 Meter Länge, in welcher er den Wasserlauf stromaufwärts verfolgte. Nach Durchgrabung eines weiteren Schuttkegels, der die Fortsetzung des ersteren bildete, wurden weitere offene Räume in der Länge von ungefähr 250 Meter erschlossen, die nach der angestellten Berechnung nur 5 Meter vom Thalrande an einer Verbruchsstelle endeten. Es war ein Leichtes diese kurze Strecke vom Tage aus zu durchfahren, und es zeigte sich, daß die Unterbrechung vom Gehängeschutte bewirkt worden sei, der aus Blöcken, Grus und Erde bestand. Die künstlich gemachte Oeffnung wurde genügend erweitert, durch solides Mauerwerk versichert, und genügt derzeit zur Aufnahme der größten Niederschlagsmengen.

Im Reifnitzthale beabsichtigt man den Feistritzfluß in eine Verbindung mit der Tondera (einer höher gelegenen, sehr absorptionsfähigen Katabothre) zu bringen, wodurch die Hochwässer abgeleitet werden können, und den eigentlichen Thalgrund nicht mehr zu erreichen brauchen. Die anderen Katabothren des Reifnitzthales liegen zumeist mitten in der Thalebene, und befinden sich in einem elenden Zustande. Nachbrüche und massenhafte Einschwemmungen beeinträchtigen ihre Wirksamkeit. Jeder

der drei Flußläufe im Thale hat sein eigenes Katabothrensystem, von denen keines besonders gut ist. Am Südrande des Thales haben sich einige neue Schlünde geöffnet, die aber von den Einwohnern sofort mit Baumstämmen und Wurzeln wieder verschlossen worden sind, um das Hineinfallen des Weideviehes zu verhüten.

Abfichtliche Verschließungen von Sauglöchern in Kesselthälern sind schon vielfach nachgewiesen worden. Zumeist verschütten jene Müller, welche das Gefälle des fließenden Wassers benützen, das in eine Katabothre hinabstürzt, die benachbarten Katabothren die ihnen das Wasser absorbiren. In dem Archive der krainischen Landesregierung befindet sich ein Act, in welchem ein solcher Fall aus Laase bei Planina amtlich constatirt ist. Ein zweiter Fall ist aus dem Jezero Blato in Bosnien bekannt geworden. Das ausgedehnte Thal, welches von einem See ausgefüllt wird, hatte früher durch Katabothren einen genügenden Abfluß für die ihm hauptsächlich durch den Torrente Suvaya zufließenden Hochwässer. Inmitten des Thales lag einst ein Kloster, dessen Ruinen noch heute bestehen. Die häufigen Ueberfälle der türkischen Räuber, bewogen die Mönche die Katabothren zu verstopfen, und durch Umwandlung des Thales in einen See den Zugang zum Kloster zu erschweren. Man hat sich seither viele Mühe gegeben, diese dort Ponors genannten Katabothren wieder aufzufinden, und es sind in der That zwei derselben aufgeschlossen worden, wodurch die Höhe der Hochwässerstände erheblich restringirt worden sein soll. Im Jahre 1883 entstand ein neuer Ponor im Ujubuškipolje (Herzegowina), der aber nach Ablauf der Hochwässer wieder (1884) verschlossen wurde, um den weiterhin liegenden Bewässerungscanälen das Wasser wieder zuzuführen.

Greifen wir weiter in der Karstzone nach Süden, so begegnen wir ebenfalls bedeutenden menschlichen Eingriffen zum Zwecke der Veränderung der Wasserabfuhr in den Kesselthälern. Die großartige Arbeit am Kopaissee ist in ihrem wesentlichsten Theile seit der Fertigstellung des Emissars als vollendet zu betrachten. Aber auch von früher her weiß man, daß wiederholt Eingriffe nothwendig wurden, wenn sich die hydrologischen Verhältnisse zu sehr verschlechtert hatten. Uebrigens hat uns auch die Geschichte Nachrichten aufbewahrt,<sup>1)</sup> daß der Zustand der Katabothren fortwährenden Schwankungen unterworfen war. Sie functionirten einmal schlechter, dann wieder besser, einzelne Katabothren wurden unwirksam, und neue bildeten sich. Die nachweisbaren bedeutenderen Hochwasserstände, sowohl im Kopaissee als auch im Pheneossee und in allen übrigen periodischen Katabothrenseen von Griechenland laufen so wenig parallel miteinander, daß augenscheinlich nur locale Ursachen den außerordentlichen Aufstau verursacht haben können. Nur der Bobeissee, der kein Katabothrensee ist, sondern zu den unvollkommenen Seen gehört, füllt sich durch die Ueberfallwässer des Peneios und gibt die angesammelten Mengen bei Niederstand des Peneios wieder an diesen zurück. Leider besitzt man nur wenig Nachrichten über die Wasserstände dieses Sees und vereinzelte Daten wie: daß er im Jahre 1886 fast ganz ausgetrocknet war, sind vom geringem Werthe.

Die Entwässerungsarbeiten am Fuciner See, welche vom römischen Kaiser Claudius begonnen, von Trajan und Hadrian fortgesetzt und 1862 vom Fürsten Torlonia vollendet worden sind, haben das Seebecken in ein trockenes Thal ver-

<sup>1)</sup> Siehe Sumpf- und Seebildungen in Griechenland von Franz Kraus in den Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft, Wien 1892, Heft 7 und 8, wo die dießbezügliche Literatur angeführt ist.

wandelt, aus dem die Niederschläge durch ein künstliches Emissar von 6300 Meter Länge unterirdisch abgeführt werden.

Der umgekehrte Fall, daß aus einem vollkommenen See (mit regelmäßigem Zu- und Abflusse durch Bäche) ein Katabothrensee geworden ist, hat sich kürzlich erst im salzigen See (einem der Mannsfelder Seen) bei Halle a. d. Saale ereignet. Dort fand das Wasser einen unterirdischen Abfluß in die Gruben bei Eisleben, dessen Verlauf durch Bodensenkungen und Erdrisse auch oberirdisch ziemlich deutlich erkennbar ist. In Folge dieses Ereignisses hat der frühere oberirdische Abfluß ganz aufgehört, weil der Spiegel des Sees um ein Bedeutendes gesunken ist.<sup>1)</sup> Es ist aber auch der Grundwasserstand in der Umgebung des Sees gesunken, und der See hat einen Theil seines Salzgehaltes verloren, der ihm früher durch sublacustre Quellen zugeführt worden ist. Der Grundwasserstand der Umgebung von Seen ist aber stets von großer Wichtigkeit, was leider bisher nicht nach Gebühr gewürdigt worden ist. Dieses Grundwasser spielt eine sehr bedeutende Rolle. Es kann nämlich functioniren als Reservoir für die Alimentirung des Sees, oder je nach der Lage als Infiltrationsterrain für das im See aufgespeicherte Wasser. In letzterem Falle kann der Grundwasserbezirk als eine Vergrößerung des Seegebietes betrachtet werden, und es ist sogar die Möglichkeit vorhanden, daß ein Theil der Sickerwässer, welche der See an das benachbarte Schottergebiet abgibt, weithin nach anderen Flußgebieten abgeleitet werden könne. In vulkanischen Gebieten kann dieses indirecte, dem See entnommene Wasserquantum anderswo durch heiße Quellen emporgetrieben, oder in Dampfform verwandelt werden, und es wäre bei gewissen Seen sicherlich angezeigt nachzuforschen, ob derartige vulcanische Erscheinungen (Schlammvulcane u. dgl.) nicht etwa einen Theil des dem See als Grundwasser entzogenen Quantum abgeben oder verbrauchen.

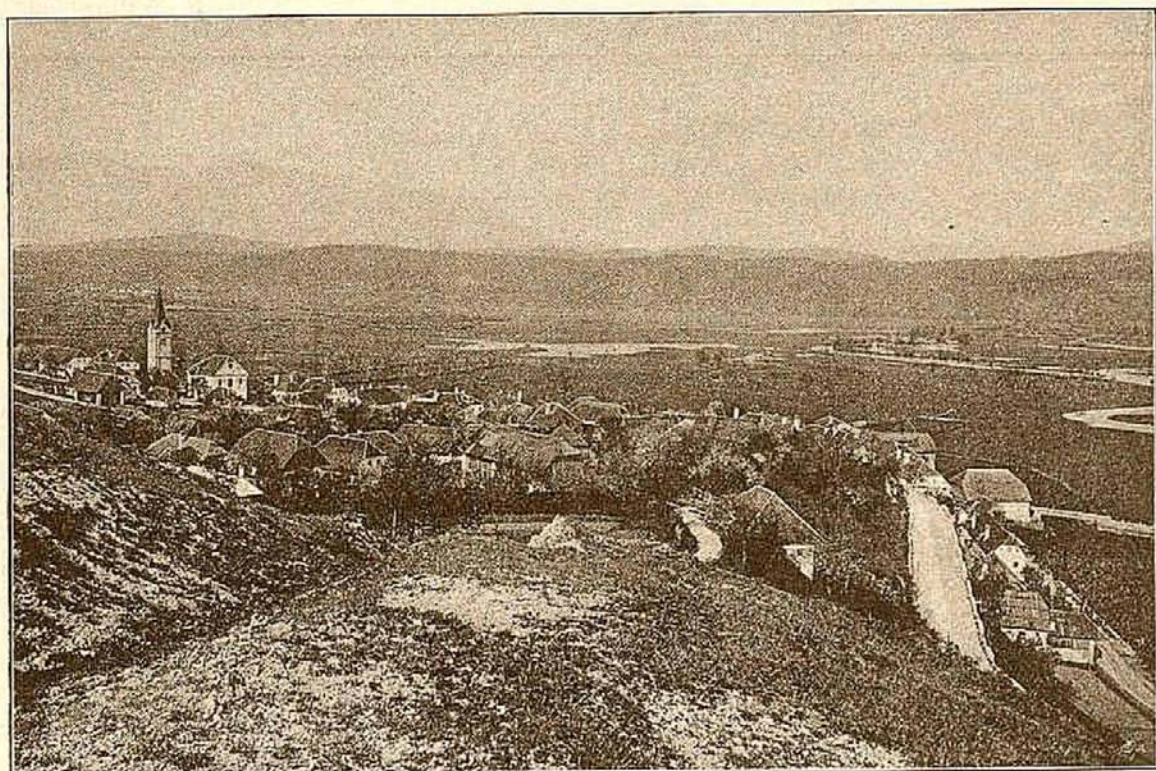
Auch mechanisch können Veränderungen in der Wasser-Zu- und Abfuhr durch Bohrungen auf Petroleum oder Thermalwässer bewirkt werden, die auf den Grundwasserstand nicht ohne Einfluß bleiben, und mit der Zeit auch auf den Stand eines benachbarten oder selbst eines entlegenen Sees eine Rückwirkung ausüben können.

Nachdem nicht nur bei Katabothrenseen, sondern auch bei anderen Seen uncontrolirbare Zu- und Abflüsse bestehen können, so ist es nicht genügend, nur die controlirbaren in Rechnung zu ziehen, sondern es sollte auch in jedem einzelnen Falle und bei jedem See eine eingehende Untersuchung angestellt werden, um zu erforschen, ob nicht auch auf uncontrolirbaren Wegen Zu- oder Abflüsse bestehen, die denselben Gesetzen unterworfen sein müssen wie jene der Katabothrenseen, weil auch sie häufigen Querschnittsveränderungen ausgesetzt sind, die ganz unerklärbare Schwankungen hervorrufen können. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die meisten Katabothrenseen außer durch die sichtbar functionirenden Katabothren noch Wasserverluste erleiden. Dies kann nur durch solche Katabothren geschehen, die vermöge ihrer versteckten Lage nicht leicht bemerkbar sind. Sowohl die sichtbaren, als wie die nicht sichtbaren Katabothren müssen aber mit Drainagehöhlen in Verbindung stehen, durch welche das Wasser abgeleitet werden kann. Der Querschnitt derselben kann ganz unbedeutend sein, es schadet aber dem Principe keineswegs, ob die enge Kluft den Namen Höhle verdient oder nicht; sie wirkt ja wie diese als Drainagehöhle.

<sup>1)</sup> Im Mai 1893 bereits um 3 $\frac{1}{2}$  Meter.

## Statistik der Ueberschwemmungen im Planinathale.

Die im vorigen Abschnitte angeführten Daten über die mannigfaltigen Veränderungen der Abflußverhältnisse, denen die Katabothrenseen unterworfen sind, dürften genügen, um darzuthun, daß ihre Hochstände durch die verschiedenartigsten Ursachen hervorgerufen werden können. Aber nicht nur der Abfluß, sondern auch der Zufluß ist nicht in directem Zusammenhange mit der Stauhöhe, denn es hängt dieselbe nicht von der Menge der Niederschläge allein ab, weil auch die Form und die Vertheilung derselben maßgebend dafür ist, ob ein Hochwasser eintritt oder nicht. Im Krainer Karste fürchtet die Bevölkerung nicht so sehr eine plötzliche Schneeschmelze durch Sirocco, als eine solche, die in Folge warmen Regens eintritt. Die Frühjahrsüberschwemmungen sind eben wegen des Schadens, den sie der Landwirthschaft zufügen, die gefürchtetsten, die Herbstüberschwemmungen schaden weniger, wenn sie ein-



Planinathal, nach einer Photographie von Schäber.

treten, nachdem die Heuernte eingebracht ist. Die Sommerüberschwemmungen sind selten und sind auch nicht von langer Dauer. Es kommen z. B. in Planina unter 27 Ueberschwemmungen nur 4 Sommerüberschwemmungen vor, dagegen 10 Frühjahrs- und 13 Herbstüberschwemmungen. Die Ueberschwemmungsjahre dieses Jahrhunderts vertheilen sich auf eine Periode von 91 Jahren. Vierundzwanzig davon sind Ueberschwemmungsjahre. Das Plus von drei Ueberschwemmungen entsteht dadurch, daß in einem Jahre wiederholt Ueberschwemmungen eingetreten sind; die Herbstüberschwemmungen, die bis zum nächsten Frühjahre angedauert haben, sind hierbei nicht doppelt gezählt und die unbedeutenderen sind gar nicht berücksichtigt.

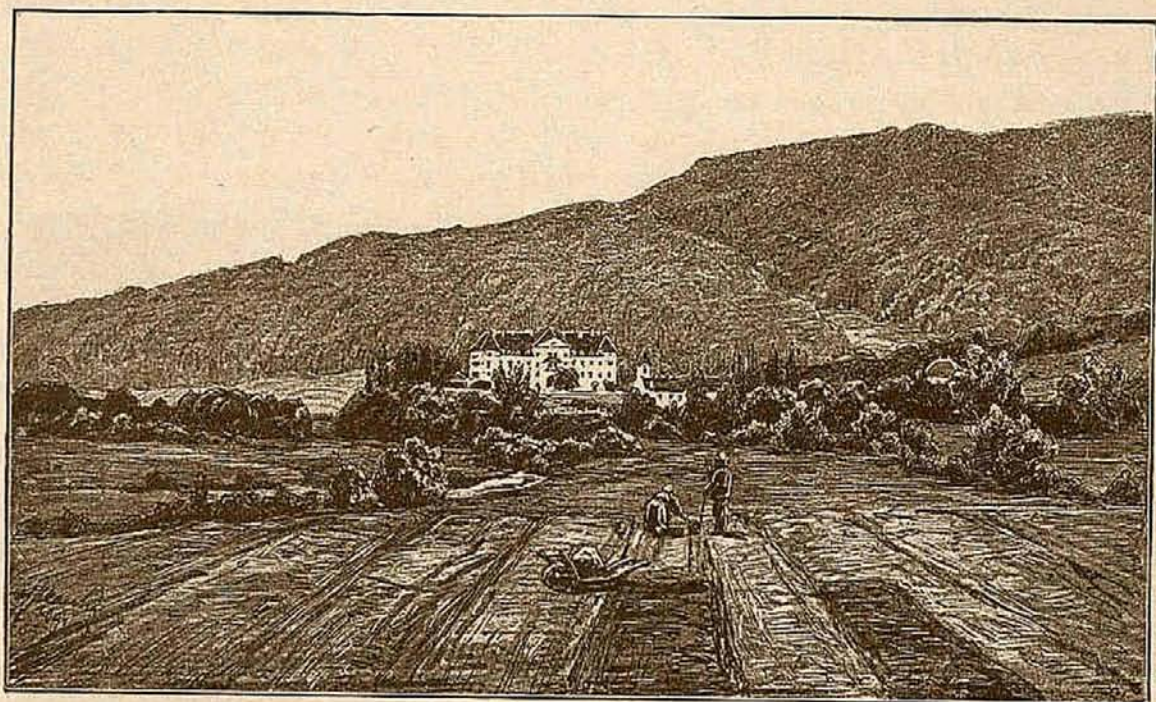
Es gibt nasse (regenreiche) Jahre, in denen keinerlei Ueberschwemmung eintritt, weil sich die Niederschläge gut vertheilen, dagegen gibt es Jahre, in denen in Folge anhaltender Dürre Mißwachs entstand, die trotzdem zu den Ueberschwemmungsjahren gezählt werden müssen, weil die Niederschläge sich auf eine kurze Periode zusammen-



gedrängt hatten. Ueber alle diese Verhältnisse geben die Kovsja'schen Aufschreibungen Auskunft, und es liegt im Interesse der Wissenschaft, daß diese Datenreihe, mit Hinweglassung der den Gegenstand nicht direct berührenden localen und privaten Angelegenheiten publicirt werde.

**1801.** Im heurigen Jahre war die Ueberschwemmung so groß, daß das Wasser bis zur Kapelle der heutigen Straße reichte. . . . Im Mühlthale (einem Seitenaste des Planinathales) wurde großer Schaden angerichtet, da dieses Hochwasser den ganzen Winter über stehen blieb, und so fest gefror, daß man nach Laase über das Eis mit Pferden fahren konnte. In Folge dieser Ueberschwemmung wurde 1802 eine Nothstraße von Laase über Maunitz, und von da auf die Commercialstraße beim Räubercommando erbaut.

**1802** war wieder eine Ueberschwemmung, aber nur halb so bedeutend wie 1801. In Folge der wiederholten Ueberschwemmungen wurde die Erbauung der neuen Straße



Planinathal nach einer Photographie von Schäber.

über Loitsch, Gartscharieu, Ober-Planina und über den Maëcouzberg (Raxenberg) nach Adelsberg beschloffen. NB. Der Bau dauerte drei Jahre.

**1816.** Das Jahr war sehr feucht, die Ernte war schlecht. Man befürchtet eine Hungersnoth für das nächste Jahr, weil die Ernte unzureichend war.

**1817.** Die schon im vorigen Jahre befürchtete Hungersnoth ist eingetroffen. In Friaul starben Menschen vor Hunger. . . . Der Winter war so milde, daß sich einige Schüler zu Pauli (25. Jänner 1817) im Freien badeten. . . . Weizen kostet fl. 7.— bis 8.—.

**1818** war ein gesegnetes, fruchtbares Jahr. Der Weizen kostet fl. 2.—.

**1820—1826** waren gute Erntejahre. Alles war wohlfeil.

**1829—1830.** Der Winter war ungemein schneereich und kalt. Der Schnee ging aber gut und zur rechten Zeit weg, und das Jahr war ein gesegnetes. (Das dürfte vom Jahre 1830 allein gelten.)

**1832.** Das Jahr war ein gutes zu nennen, obwohl noch zu Georgi (24. April) Ueberschwemmung auf den Oberplaninaer Krautäckern stand.

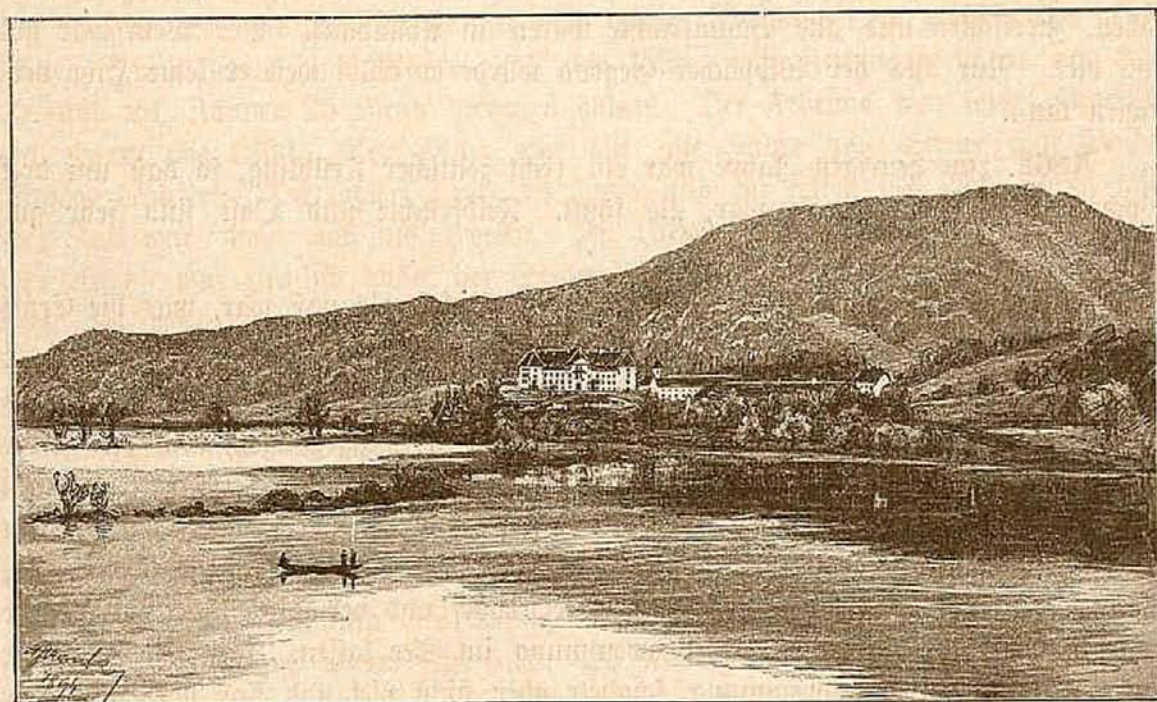
**1834.** Das Jahr war ein sehr trockenes. Der Wein war überall gut und sehr viel. Wegen Futtermangel mußte Vieh billig verkauft werden. Getreidesorten waren gut.

**1838.** Das heurige Jahr ist ein ziemlich trockenes. Der Wurmfraß ist wegen der Dürre umso heftiger. Der Wein ist nicht nur gut, sondern auch ziemlich viel. Es herrscht keine Theuerung.

**1840.** Der Frühling ist sehr trocken. Der Wurmfraß dauert fort. Den Beschädigten wird an Steuern etwas nachgelassen.

**1841.** Das Jahr ist nicht schlecht, nur der Wurmfraß verwüftet die Wiesen. Wein, Getreide und Erdäpfel sind gut gerathen.

**1842.** Dieses Jahr ist besser als das vorige, weil im Herbst eine Ueberschwemmung war.



Planinathal bei Hochwasser, nach einer Photographie von Schäber.

**1844.** In diesem Jahre ist Alles gut gerathen.

**1845** war Ueberschwemmung bis zum 24. Juni 1845. Die Maikäfer gingen alle zu Grunde. Man hatte schon gefürchtet, das Thal werde zu einem See, wegen der langen Dauer der Ueberschwemmung.

**1847.** Das Jahr ist für Feldfrüchte, insbesondere aber für Obst, ein sehr gutes. Erdäpfel sind faulig. Der Wein ist gut und auch nicht zu wenig.

**1851.** .....es regnete von Michaeli bis Allerheiligen (29. September bis 1. November) so stark, daß eine Ueberschwemmung entstand, wie seit 1801 nicht mehr. Das Wasser stand bis zur St. Rochuskirche eine Spanne von der Friedhof-Escarpe. Dann kam eine grimmige Kälte, welche dickes Eis erzeugte, so daß die Leute von Laase Sonntags über das Eis zur Messe nach Planina gingen. Die Niveaulinie des Eises konnte man noch lange Zeit an den Bäumen erkennen, weil überall die Äste abgebrochen waren, wo es angefroren war.

**1858.** Das war ein fruchtbares Jahr. Am 25. März war großer Schnee. Sechs Tage vor Allerheiligen (26. October) fiel wieder großer Schnee mit Bora. Zur Adventzeit (Ende November) wurde wieder das Vieh zur Weide getrieben, und der ganze Winter war sehr milde.

**1859** war ein ausgezeichnetes Jahr. Es war mehr trocken als naß. Die Hitze war sehr stark. Wegen der Dürre ist kein Grummet im Herbst gewachsen.

**1860.** Dieses Jahr war sehr verschieden vom vorigen. Das Frühjahr kam spät, und im Allgemeinen war das Jahr mehr naß als trocken. Die Feldfrüchte waren weder gut, noch viel.

**1861.** Im Allgemeinen war das Jahr gut, und besonders im Frühling schön, doch den 7. Mai kam ein Schneefall, so daß die Postverbindung von Raasdorf über Zirknitz nach Stadt Laas (im Thale von Altenmarkt) unterbrochen war. Der Schnee schmolz innerhalb drei Tagen, und wir haben ein sehr gutes, fruchtbares Jahr gehabt. Haselnüsse waren so viel, daß kein Mensch sich erinnern konnte, je so viel gesehen zu haben. Zwetschken und alle Baumfrüchte waren in Abundanz. Der Wein war gut und viel. Nur aus der Wippacher Gegend wurde er trüb, weil er keine Hitze vertragen kann.

**1862.** Im heurigen Jahre war ein recht zeitlicher Frühling, so daß um drei Wochen Alles früher grün war, als sonst. Feldfrüchte und Obst sind sehr gut gerathen.

**1863.** Im heurigen Jahre, welches mehr trocken als naß war, war die Ernte nicht schlecht. Der Winter war auch nicht streng bis Ende December.

**1864.** Am Neujahrstage kam ein Ungewitter mit Bora und Schnee. Das dauerte drei Wochen. Der Schnee war ohne Regen weggegangen, und die Felder konnten früher als andere Jahre bestellt werden. Am 24. März (Assentirungstag) war der Schnee drei Fuß hoch. Im Juli kam großer Schauer (Hagel) und Sturm bei der Nacht über Adelsberg, Altendorf, über den Zavorinig auf Niederndorf (bei Zirknitz) und über den Zirknitzersee nach Oberseedorf und verwüstete dort Alles. Die Leute mußten ihr Heu wegen Ueberschwemmung im See lassen. Am 13. Juli war auch in Planina Ueberschwemmung, schadete aber nicht viel und floß bald ab. Der Wein war in Croatien, Unterfrain und Steiermark wegen frühzeitigem Reif unreif geerntet worden, und war sehr sauer. Der Wippacher aber war gut. Das Jahr war mehr naß als trocken.

**1865.** Heuer war ein strenger Winter mit viel Schnee, der ohne Regen abschmolz. Der Frühling war schön, der Sommer aber sehr heiß. Die Feldfrüchte sind unter dem zu lange gelegenen Schnee verfault. Im Herbst kam ein Reif und fengte den Buchweizen. Das Obst war bei uns schlecht gerathen. Der Wein war in Wippach sehr gut. Heu war wenig wegen zu großer Dürre. In Unterfrain war die Dürre außerordentlich, der Wein war dort gut, aber sehr wenig. Der Herbst 1865 war ohne Schnee, und das Vieh hat bis zur Adventzeit geweidet.

**1866.** Der Frühling war heuer sehr zeitlich. Im Herbst war ein kleines Erdbeben. Am 13. Februar hat es stark gedonnerl, geblitzt und auch geschneit. Der Monat März zeichnete sich durch Regen aus, während zur selben Zeit im Jahre 1865 drei Schuh hoch Schnee lag. Am 21., 22. und 24. Mai war großer Reif, trotzdem war die Ernte im Allgemeinen gut. In Steiermark, Unterfrain und Croatien gab

es zwei Drittel mehr Wein als 1865. Am letzten December kam Schneegestöber mit großer Kälte.

**1867.** Der Jänner war bis 8. trocken und heiter, dann fing es an zu regnen und zu schneien bis zum 21. — Ende Jänner war unsere Ebene überschwemmt. Die Ueberschwemmung dauerte zwei Monate, was den Wiesen nützlich war. Am 25. Mai war großer Reif, der aber dem Obste nichts schadete. Am 28. Juli kam von Norden Hagel, nicht sehr dicht, aber so groß, daß fünf Körner ein Pfund wogen. Trotz alledem ist heuer ein gutes Jahr gewesen.

**1868.** Die erste Hälfte des Winters war schneereich und regnerisch, die zweite Hälfte aber war mild. Der Monat Februar war ohne Regen und Schnee. Im Mai war ziemliche Trockenheit, Juni und Juli waren mehr regnerisch. Der Winter war bei uns schneelos, während in Böhmen am 10. November der Postzug im Schnee stecken blieb. Der folgende Zug fuhr in den ersteren, wodurch 22 Mann Urlauber getödtet und 60 Mann verwundet wurden.

**1869.** Bei uns liegt im Jänner noch immer kein Schnee, es herrscht aber große Kälte. In Böhmen und Mähren soll die Kälte nach Zeitungsberichten am 22., 25. und 26. Jänner 25 Grad betragen haben. Der Februar war schön, schneelos und warm wie 1868. Der März war wie alle Jahre von Schnee und Wasser (Regen) begleitet. Die letzten Tage des April und die ersten des Mai waren kalt. Der Juli war mehr naß als trocken. Zu Jakobi (25. Juli) war es sehr warm. Der August war ziemlich schön, der September schön und warm. Auch der October blieb bis zum 17. schön. Am 17. und 18. October fiel 1 Schuh hoher Schnee. Am 27. wieder 1½ Schuh. Am 11. November und am 3. December gab es wieder Schneefälle. In Steiermark mußte der Wein aus dem Schnee geerntet werden, hat aber trotzdem nicht viel verloren. Wippach hatte aber nur ein Drittel Ernte. Am 14. und 15. November war großer Sturmwind. Wegen des frühen Schneefalles konnte keine Streu eingebracht werden. (In Planina bedient man sich der Waldstreu. Röhricht wie in Zirnitz gibt es in Planina nicht.)

**1870.** Der Mai und der Anfang des Juni waren sehr trocken. Ende Juli und der ganze August waren sehr naß. Es verdarb viel Getreide auf den Feldern. Der September war sehr schön. Die Wippacher Weine sind sehr gut und viel, Heidenenschaft hat jedoch unter Hagel gelitten. Im October war durch acht Tage Ueberschwemmung. Am 21. October begann Regen. Der 2. November war stürmisch. Die Bora hat viel Schaden gemacht.

**1871.** Am 12. Februar entstand eine fürchterliche Kälte. Sie betrug hier 11½ Grad, in Wien 15, in Prag 23, in München 26, in Rußland über 30 Grad, und dauerte bei uns vier Tage. Das heurige Jahr ist ein spätes und ein Mißjahr. Die Maulbeerbäume sind erst Anfangs Juni grün geworden. Am 30. Juli war so bedeutender Hagel über Maunitz hin wie 1837. Im Spätherbst war große Ueberschwemmung, die bis zur Fastenzeit gedauert hat. Das Wasser kam bis zur Harpfe<sup>1)</sup> vom Hause Nr. 90. Wegen des Mißjahres wurden von der Landesregierung Gerste und Bohnen an die Armen vertheilt.

**1872.** Das Thal wurde heuer dreimal überschwemmt. Das Jahr ist sehr naß. Im September kam dazu noch ein Schneefall. Später war gutes Wetter. Die Herbstüberschwemmung von 1871 dauerte bis zum nächsten Frühjahr.

<sup>1)</sup> Holzgestelle zum Trocknen der Garben.

**1873.** Der Winter war sehr gelinde. Die Bachstelzen sind noch im December hier gewesen. Es war wenig Schnee. Eine kleine Herbstüberschwemmung war nicht bedeutend. Die Ernte war schlecht, nur Obst war viel.

**1874.** Der heurige Winter war wieder gelinde. Die Ernte war spät und gering. Martini (11. November), der Kosungstag, war recht schön. Am 12. November hat es stark geschneit. Der Schnee blieb bis Weihnachten, dann kam Thauwetter, das den Schnee schmolz, und darauf so große Kälte, daß die Erde zwei Schuh tief gefroren war.

**1875.** Die Kälte hielt an bis Ende März. Im Frühling waren mehrmals kleine Ueberschwemmungen. Durch das späte Frühjahr war Futtermangel und das Hornvieh sank im Preise. Die Ernte an Feldfrüchten war reich, insbesondere die Zwetschken geriethen so gut, daß der Centner gedörret nur fl. 3·50 kostete. Wein ist überall gut gerathen.

**1876.** Der Jänner war trocken, der Wasserstand sehr klein. Am 5. Februar schneite es stark, zu Mittag donnerte es sogar. Es blieb kalt und schneite bis 11. Februar. Im Birnbaumerwald liegt der Schnee 15 Schuh hoch. Am 14. trat Thauwetter ein. Der Schnee schmolz binnen acht Tagen ohne Regen. Am 19. März fiel wieder Schnee. Am 21. mußte die Straße geschaufelt werden und am 22. froren die Fensterscheiben. Am 25. März kam Hochwasser. Erst am 11. April konnte man wieder nach Haasberg auf der Straße gehen. Am 14. April fiel wieder zwei Schuh hoher Schnee. Vom 16. an regnete es und das Hochwasser stieg wieder. Die Haasberger Straße ist wieder gesperrt. Am 28. April war Reif. Der Mai war kalt, regnerisch und hatte kaum fünf schöne, warme Tage. Am 22. Juni wurde die Haasberger Straße wieder frei. In Zirknitz fiel das Wasser früher als in Planina (um vier Tage), was sonst nicht der Fall ist. Am 23. Juni regnete es und die Ueberschwemmung stieg abermals. Am 12. Juli war das Wasser wieder im Flußbette der Unz. Am 17. Juli konnte in der Ebene geackert werden. Am 25. August wurde das Thal binnen zwölf Stunden für acht Tage zum fünften Male überschwemmt. Der October war vom 1. bis 20. ohne Regen. Der Winter war mild, man weidete noch im November. Am 22. December war eine kleine Ueberschwemmung, die aber nur drei Tage dauerte, weil mittlerweile die Sauglöcher gereinigt worden sind.

**1877.** Der Anfang des Jänner war mild, das Ende frostig mit Schnee. Der Wasserstand im Februar war klein. Vom 5. bis 8. März fiel zwei Schuh hoher Schnee. Darnach durch drei Tage Ueberschwemmung. Am 9. April war Erdbeben. Der Unzfluß hat wieder sein Bett erreicht. In Zirknitz ist die Insel am selben Tage erschienen. Nach dem Georgimarkte (24. April) fiel Regen und trat das Wasser wieder aus. Obst ist heuer keines, Heu mittelmäßig, Grummet viel. Im Juli und August haben Pionniere die Sauglöcher gereinigt.

**1878.** Die heurige Ueberschwemmung ist nicht so groß als 1876, sie ist aber deshalb merkwürdig, weil sie dreimal fiel und immer wieder stieg. Zum Andreastage (10. November) war der höchste Stand. Zu Weihnachten war auch das Wasser zugefroren. Der große Schneefall hat auch zur Ueberschwemmung beigetragen. Im ganzen Jahre waren kaum 60 schöne Tage. Die Ernte war übrigens nicht schlecht. Zwetschken waren besonders gut und viel. Der Wein ist in Ungarn so gerathen, daß Mangel an Gebinden eintrat.

**1879.** Die Ueberschwemmung dauerte vom 24. September 1878 bis 19. März 1879. Auch in Ungarn war großes Wasser und ging die Stadt Szegedin zu Grunde. Bleiberg wurde durch eine Lawine verschüttet. Am 12. Februar war ein großes Erdbeben, die letzten Februartage brachten starke Stürme. Der Juni war volle drei Wochen ohne Regen. Am 16. October kam Schnee. Der December war so kalt wie seit 1785 nicht mehr.

**1880.** Auf den 9. November fällt das große Erdbeben von Agram. Der Winter war sehr kalt, der Frühling naß. Am 19. November kam ein Wolkenbruch, was die Ursache war, daß die Straße überschwemmt wurde. Am 5. December wurde eine Leiche per Schiff zur Kirche aus Haasberg gebracht.

**1881.** Am 4. Februar wurde ein Erdbeben verspürt. In der Fastenzeit war es durch fünf Wochen regnerisch und kalt. Zugleich war eine kleine Ueberschwemmung. Zu Georgi (24. April) war noch nichts grün, und am Markustage (25. April) war Keif. Am 30. Mai flog erst der erste Bienenschwarm aus. Der Juni war schön. Die Dürre im Sommer ist groß und herrscht an vielen Orten Wassermangel. Der Winter war sehr trocken und ohne Schnee.

**1882.** Wegen des trockenen Winters mußten die Stremitzer das Wasser aus Planina holen. (Eine Ortschaft Stremitz kommt im Ortsrepertorium von Krain nicht vor.) Das Frühjahr stellte sich zeitlich ein, jedoch die seit drei Jahren grassirende Heuschreckenplage hat die Ernte vernichtet. Der September war sehr regnerisch und ist das Grummet verfault. Obst ist gut gerathen. Am 17. Juli war starkes Erdbeben. In der ersten Hälfte des September hörte man von großen Ueberschwemmungen in Italien, Südtirol und Kärnten. Im Zirknitzersee haben die Leute ihre Ernte gut hereingebracht. Der Zirknitzersee ist heuer groß und in Planina blieb das Wasser klein bis zum Wolkenbruche am 11. December, in Folge dessen eine Ueberschwemmung eintrat, die bis zum 5. Jänner 1883 dauerte.

**1883.** Die Ueberschwemmung hörte am 5. Jänner auf. Der Jänner war leidlich. Im Februar war die zweite Hälfte schön, der März durchaus kalt und trocken, der April aber ziemlich naß und kalt. Die Monate August und September waren dem Weine sehr günstig, der viel besser wurde als 1882, wo er in Wippach und Istrien sauer und wässerig war. Der Herbst war schön. Im November war eine kleine Ueberschwemmung. Im Winter hatten wir wenig Schnee.

**1884.** Die Buche grünte schon am 12. April. Der Juni war ziemlich naß. Im Juli war es vom 11. bis 20. enorm heiß, 30 Grad im Schatten. Der September war sehr schön. Im Juni war auch eine Ueberschwemmung, die das Heu verunreinigte. Der 3. December brachte Schnee und Kälte.

**1885.** Im Jänner war großer Schnee und Kälte, so daß am 15. ein Trentschiner Glashändler auf der Maunitzer Straße erfroren gefunden wurde. Vom 15. August an regnete es fort und fort. Nach dem 15. September waren 12 Tage schön. Das Heu war gut, aber Grummet ist viel verfault. Zu Michaeli (29. September) war starker Südwind, der viele Bäume entwurzelte.

**1886.** Im Jänner war so starker Schnee, daß eine Anzahl Wagen in Planina bleiben mußte. Am 1. Februar war in Idria ein Unwetter. Der Blitz schlug in die St. Antoniskirche, die abbrannte. Am 14. Mai riß der Sturm das Kreuz vom Thurme der Kirche auf dem Planinaberge herab und wurde in den Wäldern viel

Schaden angerichtet. Am 6. Mai regnete und stürmte es bei Donner und Blitz, in den Bergen fiel Schnee. Die zweite Hälfte des Mai war trocken. Vom 17. bis 20. Juni war Ueberschwemmung in Folge der anhaltenden Regen, die Heuernte konnte aber doch später eingebracht werden. Obst war heuer so viel wie 1847. Im December fiel so viel Schnee, daß die Lottocollectur die Nummern nicht nach Triest senden konnte und das Geld zurückgeben mußte.

1887. Am 19. März fiel drei Schuh hoher Schnee, nach demselben gab es eine Ueberschwemmung. In Galizien hat es nach Zeitungsberichten noch im Mai Schlittenbahn gegeben. Im Sommer war die Hitze sehr groß, bis zu 36 Grad. Unter der Dürre litten besonders Istrien und das Wippacher Thal. Im October kamen zwei Schneefälle und darauf Regen, wodurch eine Ueberschwemmung entstand. Am 6. December wurde die Haasberger Straße wieder passirbar. Darauf kam Schnee und große Kälte.

1888. Am 19. März war großer Schneefall wie 1809. Im Juli vorigen Jahres war es sehr heiß, heuer ist es aber regnerisch. August und September waren schön.

---

### Daten aus anderen Quellen.

1880 stand das Wasser  $\frac{3}{4}$  Meter hoch in den Häusern von Unter-Seedorf im Zirknitzerthale, was fünf Wochen dauerte. (Hauer, „Bericht über die Wasserverhältnisse in den Kesselthälern von Krain“.)

1888. Im October war eine starke Ueberschwemmung in Folge andauernder Wolkenbrüche. Die Unz trat am 3. October aus den Ufern und das Thal blieb bis 25. October überschwemmt. Gleichzeitig stand auch der Laibacher Morast unter Wasser. Dort dauerte die Ueberschwemmung nur vom 5. bis 15. October. (Kraus: „Die Ursachen der Morastüberschwemmung im October 1888“.)

1890. Die Unz trat im Frühjahr aus den Ufern, erreichte jedoch das Niveau der Haasberger Straße nicht. (Postprotokoll von Planina.)

1890. Im Spätsommer und im Herbst herrschte in St. Peter in Innerkrain Wasserarmuth bereits durch  $3\frac{1}{2}$  Monate. Der Kakafluß trocknete bis auf einige Tümpel aus. Der Oberch bei Laas versiegte gänzlich, desgleichen der Oberlauf der Poik. Trotzdem führen die Aurefinaquellen und der Timavo noch Wasser. („Neue Freie Presse“ vom 20. October 1890.)

1890. Der October war am ganzen Karste so regenlos, daß Mangel an Trinkwasser eintrat, und dasselbe an manchen Orten von weit her zugeführt werden mußte. Der Poikfluß trocknete bei Adelsberg fast ganz aus, wodurch die Erforschung des unterirdischen Laufes so sehr begünstigt wurde, daß dessen Erforschung bis zur Ottoker Grotte möglich wurde. (Privatbrief aus Adelsberg.)

1890. Am 24. October fuhr Verfasser selbst von der Adelsberger zur Ottoker Grotte. Die Poik war fast ganz ausgetrocknet, und das Boot konnte nur auf den zurückgebliebenen tiefen Tümpeln benützt werden. Der Wasserstand war noch niedriger als bei den vorhergegangenen drei Fahrten. Bald darauf machte Regen dem Wassermangel ein Ende. Ueberschwemmungen gab es dieses Jahr nirgends am ganzen Karst.

**1891.** Die Unz trat dreimal aus, u. zw. am 29. April, 10. Mai und 14. November. Vom 24. bis 30. November war die Haasberger Straße unter Wasser. (Postprotokoll von Planina.)

**1892.** Vom 24. April bis 16. Mai war die Haasberger Straße unter Wasser, und mußte die Post nach Kafeč auf anderem Wege befördert werden. Das Maximum trat am 2. Mai ein und betrug 79 Centimeter über dem Straßenniveau. Die Hotenka spie sehr viel Wasser. Diese Ueberschwemmung hat darum viel Schaden gemacht, weil die meisten Grundbesitzer ihre Saaten erneuern mußten. (Postprotokoll und Privatbrief aus Planina.)

Die Intervalle zwischen den Ueberschwemmungsjahren betragen daher:

1801 bis 1802 = 1 Jahr	1877 " 1878 = 1 Jahr
1802 " 1832 = 30 Jahre	1878 " 1880 = 2 Jahre
1832 " 1842 = 10 "	1880 " 1881 = 1 Jahr
1842 " 1845 = 3 "	1881 " 1882 = 1 "
1845 " 1851 = 6 "	1882 " 1883 = 1 "
1851 " 1864 = 13 "	1883 " 1884 = 1 "
1864 " 1867 = 3 "	1884 " 1886 = 2 Jahre
1867 " 1870 = 3 "	1886 " 1887 = 1 Jahr
1870 " 1871 = 1 Jahr	1887 " 1888 = 1 "
1871 " 1875 = 4 Jahre	1888 " 1891 = 3 Jahre
1875 " 1876 = 1 Jahr	1891 " 1892 = 1 Jahr
1876 " 1877 = 1 "	

Die bedeutendsten davon fallen auf die Jahre: 1801, 1851, 1864, 1867, 1876 und 1888, mit Intervallen von 50, 13, 3, 9 und 12 Jahren. Dies ergäbe 5 Hochwässerintervalle in einer Periode von 87 Jahren, oder 6 große Hochwässer in derselben Zeit. Der Durchschnitt der Intervalle ergibt 17·4 Jahre. Man darf aber daraus durchaus nicht folgern, daß darum eine regelmäßige Periodicität bestehe, und daß alle 17·4 Jahre ein größeres Hochwasser eintreten müsse. Es muß im Gegentheile betont werden, daß diese Perioden höchst ungleich sind, und daß die bedeutenden Hochwässer in Planina mit keiner jener Theorien in Einklang gebracht werden können, welche die Schwankungen der Wasserstände durch regelmäßig wiederkehrende kosmische oder meteorologische Einflüsse zu erklären, und dafür eine gesetzmäßige Basis zu schaffen versuchen.



## VIII. Capitel.

### III. Classe: Künstliche Höhlen und bewohnte Höhlen.

---

Wohl die größte Mannigfaltigkeit herrscht bei den künstlichen Höhlen, die zu verschiedenartigen Zwecken sowohl aus weichem, wie aus hartem Material ausgegraben worden sind, oder die mit Benützung bereits bestehender Hohlräume für menschliche Zwecke brauchbar gemacht worden sind. In letzterer Hinsicht kommen auch noch unverändert gebliebene natürliche Höhlen dazu, welche den Menschen entweder vorübergehend oder dauernd als Wohnstätten gedient haben oder von ihnen als Aufbewahrungsorte, als Grabstätten oder sonstwie verwendet worden sind. Will man eine Classification vornehmen, so kann man sie in drei Gruppen scheiden, u. zw.:

- A. In natürliche Höhlen, die menschlichen Zwecken gedient haben oder noch dienen;
- B. in natürliche Höhlen, die später umgeformt oder erweitert worden sind, und
- C. in künstlich geschaffene Höhlen, und höhlenartige Hohlräume.

Man könnte auch eine Eintheilung je nach ihrer Verwendungsart versuchen, allein schon die vorstehende Dreitheilung ist schwer abzugrenzen, und bezüglich der Verwendung kämen in jede Gruppe Höhlen der vorgenannten drei Kategorien. Obige Eintheilung repräsentirt daher jedenfalls die wesentlichsten Differenzen, wenn man den allgemeinen Standpunkt und nicht bloß den anthropologischen festhalten will.

---

#### A. Natürliche Höhlen, die menschlichen Zwecken gedient haben oder noch dienen.

Nachdem Höhlen sehr geeignete Zufluchtsorte gegen die Unbilden der Witterung sind, so dürfte dies zur Annahme führen, daß der Mensch sie schon bald nach seinem Auftreten aufgesucht hat. Damals befanden sich aber die größeren und geeigneteren Höhlen noch im Besitze der Raubthiere, welche seither ausgestorben oder nach höheren Breiten ausgewandert sind. Bevor es nicht gelang, die mächtigen Bären und Tiger (Feliden) mit Erfolg zu bekämpfen, konnten derlei Höhlen nicht zum Aufenthalte gewählt werden. Dafür boten vorspringende Felswände den gleichen Schutz, ohne Gefahr, mit einer ganzen Bärenfamilie den Kampf aufnehmen zu müssen. Die Anthropologen haben daher derartigen natürlichen Felsdächern ein besonderes

Augenmerk geschenkt, und ihre Forschungen sind auch durch Funde reich belohnt worden. Die Franzosen nennen diese Unterstandsorte „abris sous roche“. Das Felsdach von Bruniquel, welches Emile de Cartailhac in seinem Werke: „La France préhistorique“ (Paris 1889) „Grotte des Forges“ nennt, wird in der Literatur vielfach citirt.

Als der Mensch im Stande war, die Raubthiere besser zu bekämpfen, mag er sie aus den Höhlen vertrieben und einige Arten ganz ausgerottet haben. Besonders der mächtige Höhlenbär scheint wegen seines wohlgeschmeckenden Fleisches und seines Felles vorzüglich gejagt worden zu sein. Fraas berichtet, daß im hohlen Stein Tausende von Bärenknochen gefunden worden sind, welche Spuren zeigten, daß aus ihnen das Mark ausgesogen worden ist. Diese Spuren bestehen in Löchern, die (nach Fraas) mit Hilfe der in den Unterkiefern der Bärenschädel steckenden mächtigen Eckzähne geschlagen worden sind. Desgleichen wies v. Hochstetter nach, daß die einstigen Bewohner der Lettenmayer-Höhle bei Kremsmünster in Oberösterreich<sup>1)</sup> dort Bären verspeist haben, was aus gespaltenen Knochen, von denen viele auch angebrannt sind, hervorgeht. Szombathy machte gelegentlich eines Vortrages über diese Funde besonders darauf aufmerksam, daß die nächst den Feuerstellen gefundenen Knochen zumeist von ganz jungen Thieren herrühren, deren Fleisch wohl schmackhafter befunden worden sein mag, und er nannte diese jungen Bären scherzweise „Spanbären“, weil man auch junge Ferkel „Spanferkel“ in Oesterreich zu nennen pflegt. Vor Hochstetter und Szombathy hatte schon Ehrlich Bärenschädel in der Lettenmayer-Höhle ausgegraben, die er „Höhle am Steinbruch“ nannte. Er erwähnt ausdrücklich, daß sich je ein vollständiger Bärenschädel aus dieser Höhle im Besitze des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes in Wien, des vaterländischen Museums in Linz und der Sammlungen des Stiftes Kremsmünster befinde.<sup>2)</sup> Die Entdeckung der Feuerstellen erfolgte jedoch erst durch Hochstetter.

Die Frage, ob die Höhlen zur Urzeit überhaupt dauernd von Menschen bewohnt waren, ist noch nicht endgiltig gelöst. Die Mehrheit der Forscher behauptet, daß Höhlen nur vorübergehende Aufenthaltsorte der alten Jägervölker waren, und motivirt dies mit vielen Gründen, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Auch von der späteren Zeit hat man Beweise, daß Höhlen als Bergeplätze für das Eigenthum oder als Zufluchtsorte für Menschen in Kriegszeiten benutzt worden sind, ohne daß sie deshalb als ordentliche Wohnstätten betrachtet werden können oder dürfen.

Hierzu gehören die vielen sogenannten Türkenluken oder Türkenlöcher in Niederösterreich und einige Taborhöhlen in Krain, die unverändert geblieben sind. Viele von diesen Zufluchtshöhlen sind aber zum Behufe der besseren Vertheidigung mit Mauern am Eingange versehen oder sonstwie adaptirt worden, und gehören daher nicht mehr hierher.

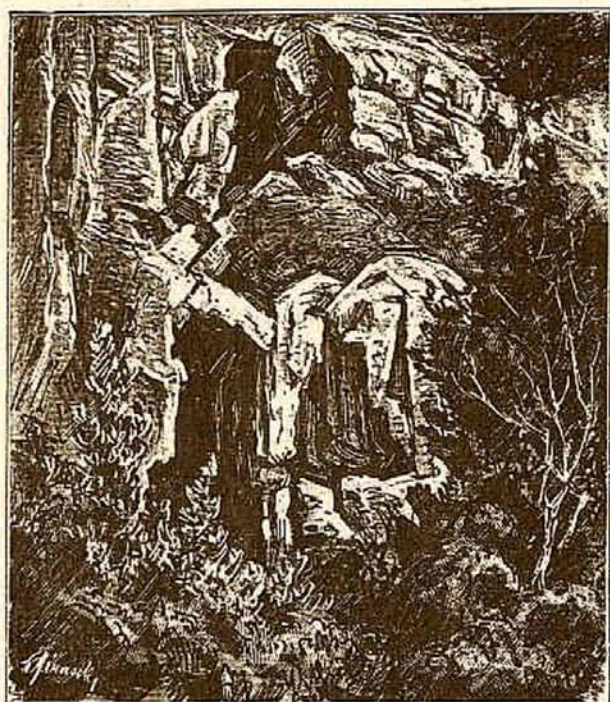
Nicht umgewandelte Höhlen werden übrigens heute noch von wilden Völkern bewohnt. Hellwald bringt in seinem Buche: „Haus und Hof“ (Leipzig 1888), S. 10, eine Abbildung einer Buschmannshöhle, und S. 11 jene der Höhlenwohnung eines Australnegers. Auch in Amerika waren einst viele Höhlen bewohnt, jedoch nur

<sup>1)</sup> Ferdinand v. Hochstetter, in den „Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der k. k. Akademie der Wissenschaften, Wien 1882, 85. Band, 1. Abth., Februarheft, nebst Plan, aufgenommen von Josef Szombathy.

<sup>2)</sup> Carl Ehrlich: „Ueber die nordöstlichen Alpen“, Linz 1850, in 8<sup>o</sup>, S. 10.

die wenigsten davon sind im ursprünglichen Zustande geblieben, und es werden daher diese sogenannten „Cliff lodges“ unter den umgewandelten Höhlen zusammengefaßt werden.

Von den natürlichen Grabhöhlen sind einige in ihrem Urzustande belassen worden, viele davon aber wurden erweitert oder mindestens mit einem Verschlusse versehen. Ob die von Pater Gottfried Zumoffen ausgebeuteten Höhlen im Libanon<sup>1)</sup> Grabhöhlen waren oder nicht, ist aus dem Berichte nicht genau zu entnehmen. Die Ausgrabungen lieferten an Zahl ziemlich bedeutende Mengen, das gewonnene Material besteht jedoch fast ausschließlich aus Thierknochen. Menschenknochen und Artefacte waren nur in verhältnißmäßig geringer Anzahl vertreten. Ganze Skelette wurden nicht gefunden, was übrigens nichts beweist, weil bekanntlich die alten Grabhöhlen häufig geplündert worden sind.<sup>2)</sup>



Buschmannhöhle nach Hellwald.

Ueber eine minder bekannte Grabhöhle im wüsten Arabien, die nicht künstlich umgewandelt zu sein scheint, enthalten die Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften (philosophisch = naturwissenschaftliche Classe, Wien 1851, Jännerheft, S. 7) eine kurze Notiz in dem Aufsatze: „Des Scheichs 'Abd = ol = Ghanij = in = Nabolsi Reisen im wüsten Arabien“, welche lautet: „Dann zogen wir am folgenden Tage über steinigen Grund bei großer Hitze, bis wir vor Sonnenuntergang Meghâir Schu' aib, welchen Ort die Araber „Bed“ nennen, erreichten, welches die zwölfte Station der ägyptischen Pilgerkarawanen ist; dasselbst ist herrliches Wasser. Meghâir Schu' aib, das ist: die Höhlen

Jethro's, ist der Ort genannt, weil es heißt, daß der Prophet Schu' aib in diesen Höhlen Gott angebetet habe. In einer dieser Höhlen ist eine ebene, große Platte, auf der Schu' aib gebetet haben soll. Man erzählte mir, daß ein Mann einmal einen duftigen Geruch verspürte und denselben bis in die Höhle verfolgte; da fand er im Innern der Höhle den Leichnam eines Mannes auf einer Bahre in weißen Todtenlaken, und von diesem ging der Geruch aus.“

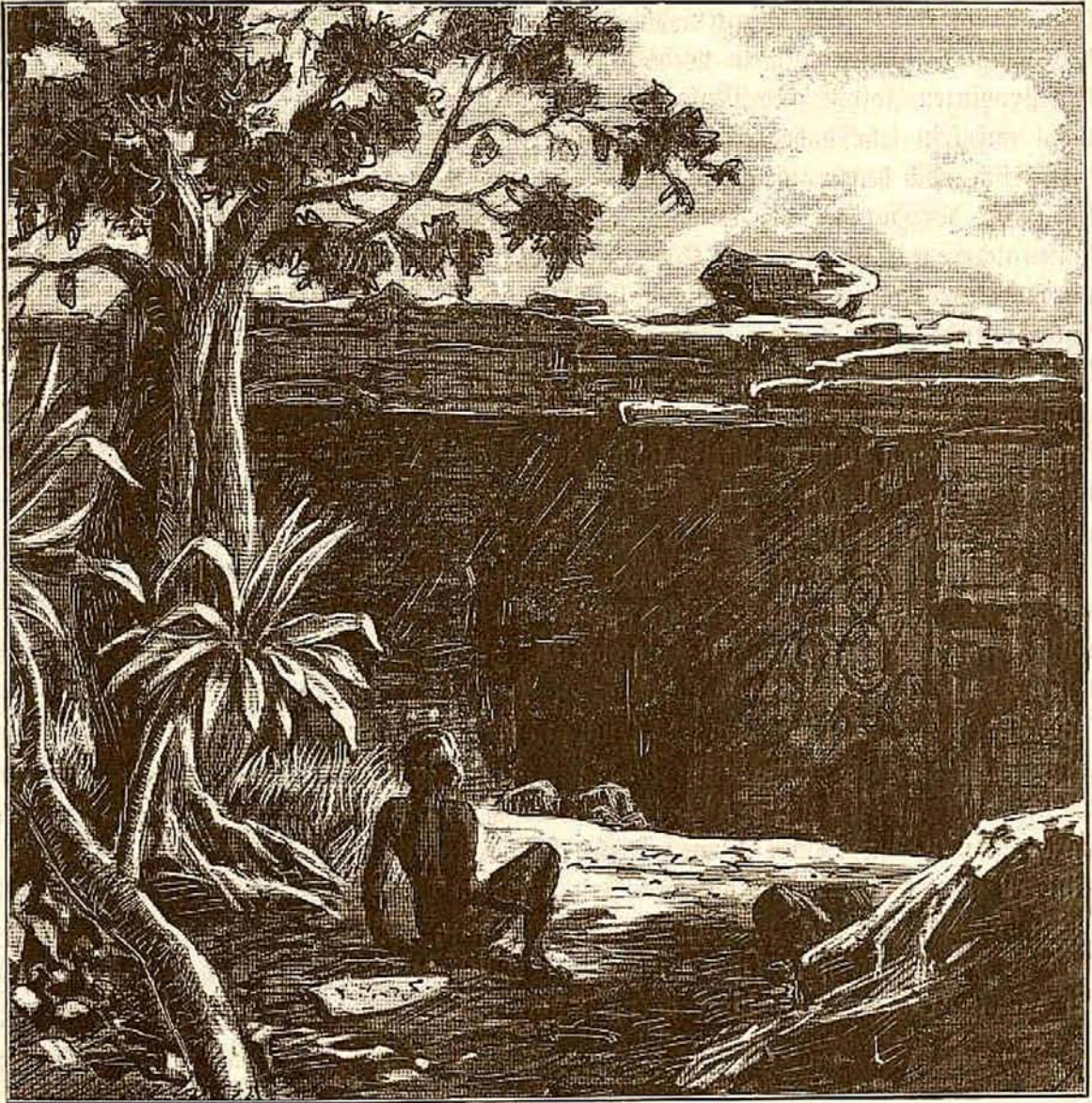
Hierzu bemerkt A. v. Kremer (S. 2), daß auf der Berghaus'schen Karte von Arabien ein Ort „Beden“ verzeichnet sei, nach Küppel als Bezeichnung der Höhlen

<sup>1)</sup> „Pater Gottfried Zumoffen's Höhlenfunde im Libanon“, von Professor Dr. K. von Fritsch, in den „Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle“, 19. Band, Halle 1893. Auch als Separatabdruck erschienen.

<sup>2)</sup> Siehe auch: Professor Dr. Oscar Fraas: „Ueber die Höhlen im Libanon“, im 34. Jahrgang des „Jahresberichtes des Vereines für vaterländische Naturkunde in Württemberg“, Stuttgart 1878, 3. Heft; ferner desselben Verfassers: „Drei Monate im Libanon“, Stuttgart 1876, mit reichen Literaturangaben.

Zethro's, Meghâir Schu' aib. Die richtige Aussprache wäre jedoch „Beda'“. Die vom Scheich (S. 3) mitgetheilte Uebersetzung von den in den Grabhöhlen gefundenen Mumien läßt mit Sicherheit eine der vielen nabatäischen Niederlassungen erkennen, von deren Reichthum und hoher Blüthe die Ruinen von Petra Zeugniß geben.

Ueber die bereits bei den ursprünglichen Höhlen erwähnten Höhlenwohnungen im Vulkan Elgon (im Nordosten des Victoria Nyanza unter 1° nördlicher Breite in Afrika) hat sich eine Streitfrage erhoben, indem J. Thomson („Durch Massai-



Australneger-Höhle nach Hellwald.

Land“, Leipzig 1885, S. 45) berichtete, daß diese Höhlen künstlich ausgehauen seien. Er erwähnt aber, daß die Höhlen von den derzeitigen Bewohnern nicht gemacht worden sein können, weil diese auf einer viel zu niedrigen Kulturstufe stehen, um so bedeutende Werke zu schaffen. Er schreibt sie daher den alten Aegyptern zu. (Die Bewohner selbst sagen, die Höhlen seien Gottes Werk.) Dr. Carl Peters („Die deutsche Emin Pascha-Expedition“, München 1891, S. 403) gibt dieselbe Erklärung, hat aber die Höhlen, wie er gesteht, nicht selbst besucht. — Schließlich kommt noch ein anonymer Bericht in den „Times“ (wahrscheinlich von Ernest Gedge) von einem Ersteiger des 4299 Meter hohen ausgebrannten Vulkans. Der Verfasser dieses

Berichtes sagt, daß die Höhlen natürliche alte Blaslöcher des Vulkans seien. Ihre Tiefe beträgt nach Thomson 100 Meter und darüber. Der Berg ist von bedeutendem Umfange, sein Krater allein mißt 13 Kilometer im Durchmesser bei einer Tiefe von 450 bis 600 Meter. Die erste Höhle liegt auf einer Höhe von 2300 Meter. Die Wilden scheinen, wenn sich die letzte Annahme bestätigt, mit ihrer Definition das Richtige getroffen zu haben.<sup>1)</sup>

Auch Japan hat seine zur prähistorischen Zeit bewohnt gewesenen Höhlen.<sup>2)</sup> Harry von Siebold sagt darüber in seinen: „Notes on Japanese Archeology“ (Yokohama 1879), daß zu alter Zeit wahrscheinlich wegen der außerordentlichen Milde des Klima's Höhlen nur in verhältnißmäßig geringer Zahl bewohnt wurden. Fene der Provinzen Foshu und Musashi werden in Japan als Aino-Höhlen bezeichnet, was wohl auf kein sehr hohes Alter der Fundstücke schließen läßt, nachdem die Aino's auf Yesso sich noch heute auf einem weit niedrigeren Culturstande befinden als ihre Nachbarn auf der Hauptinsel. Siebold erwähnt eine Höhle am Bergpasse von Usui-Toge. Eine andere in der Provinz Katsutsa soll groß und vielfach verzweigt sein. Eine vordem bewohnt gewesene Höhle soll sich nahe am Berge Tsukuba in der Provinz Hitashi und in der Provinz Kawashi sollen sich längs des Flusses Atori deren mehrere befinden. Höhlen gibt es auch beim Hafen Matsushima in der Provinz Sendai, und ebenso in der Provinz Echigo nächst Niigata an den Abhängen von Hügeln und auf den benachbarten kleinen Inseln längs der Küste derselben. Welche davon bewohnt waren, wird nicht angegeben. Diese Höhlen sind natürliche, die nur deshalb hier angeführt werden mußten, weil sie zeitweise als menschliche Wohnstätten gedient haben.

Einige natürliche Höhlen dienten frommen Einsiedlern als Wohnstätten, die sich mit einem Lager aus zusammengetragenen Steinen begnügten, welches sie mit Moos nothdürftig überdeckten. Diese Anachoreten haben Ebers den Stoff zu einem seiner besten Werke (Homo sum) geliefert. Die Einsiedler haben selten wesentliche Veränderungen in den Höhlen bewirkt. Auch andere Bewohner besaßen die von der Natur geschaffenen Höhlen. Arme Leute benützten sie häufig als Wohnungen. Das Berenabeutlinsloch nächst Bissingen in Württemberg hat (nach Quenstedt) seinen sonderbaren Namen von einer armen Frau bekommen, die mit ihren zwei unehelichen Kindern die Höhle durch längere Zeit bewohnt hat. Ulrich von Liechtenstein soll ebenfalls eine Zeitlang Höhlenbewohner gewesen sein. Die Ehre, den Minnesänger beherbergt zu haben, wird jedoch mehreren Höhlen zugeschrieben, und es scheint, daß der Localpatriotismus in die Sagengeschichte verwirrend eingegriffen hat.

1) Nach dem Aufsatze: „Der Vulkan Elgon und seine Höhlenbewohner“, von Dr. Richard Andree, in der Zeitschrift „Globe“, Braunschweig 1893, 44. Band, Nr. 1.

2) Was in Japan als prähistorisch gelten kann, liegt der Zeit nach jedenfalls viel weniger weit zurück als in Mitteleuropa, wo die vorrömische Zeit als die prähistorische betrachtet wird, während die historische Zeit in Griechenland, Kleinasien und Aegypten noch über 2000 Jahre weiter zurück liegt. Eine Gleichzeitigkeit der Culturperioden gab es vor 2000 Jahren ebenso wenig, als sie heute existirt, wo noch wilde Völkerchaften zugleich mit hochcivilisirten leben. Zur Zeit, als man in Aegypten Wunderwerke der Baukunst ausführte, standen die Mitteleuropäer noch auf einer ziemlich niedrigen Culturstufe und bedienten sich der Steinwaffen. Durch Handelsverkehr und Kriegszüge fand die höhere Cultur nach und nach Eingang und erhob sich immer mehr. In Asien und Afrika fand dagegen ein Rückschritt statt. Die heutige Bevölkerung von Kleinasien vermöchte kein Petra mehr zu schaffen. Die Aino's auf Yesso befinden sich übrigens noch heute in halb-wildem Zustande, was vermuthen läßt, daß die Zeit, in der sie sich noch ausschließlich jener Steinwerkzeuge bedienten, welche für Japan als prähistorische gelten, kaum einige hundert Jahre vorüber ist.

Von Räubern und allerlei lichtscheuem Gefindel bewohnte natürliche Höhlen verzeichnet die Literatur eine ganze Reihe. Einige davon müssen jedoch hier ausgeschieden werden, weil sie eben von diesen Bewohnern aus ihrem ursprünglichen Zustande gebracht worden sind. Unweit von Wien (zwischen Baden und Böslau) liegt das durch seine lebende Fauna in den Kreisen der Entomologen berühmte „Schelmenloch“. Nach Calliano war es eine Zeit lang der Aufenthaltsort der sogenannten „ungarischen Brüder“, einer berühmten Räuberbande. Auch später war diese Höhle, die nicht sehr bedeutend ist, noch öfter der Aufenthaltsort von Gefindel, woher auch der Name „Schelmenloch“ stammt. Früher war der Eingang so niedrig, daß man ihn nur kriechend passieren konnte. Um die von Dr. Kollet angestellten Ausgrabungen zu erleichtern, ist der Eingang seiner Zeit vergrößert und mit einem eisernen Gitter versehen worden. Unmittelbar an der Stadt Baden beginnt der Haunoldsgraben, der fälschlich auch Putzhanerluke genannt wird. Dieser Name gebührt jedoch ausschließlich einer Höhle im Dolomite des Calvarienberges, von der gegenwärtig nur mehr ein Rest existirt, weil der größte Theil wegen der Gewinnung des berühmten weißen Dolomitsandes (Badner Sand), der aus der Verwitterung des Dolomites entsteht, zerstört worden ist. Gegen die Räuber, welche sich in der Höhle aufhielten, mußten die Bürger und Stadtknechte ernstlich zu Felde ziehen. Im selben Berge befand sich auch die Mädchenhöhle, welche von einem Räubermädchen so energisch vertheidigt worden war, daß sie durch Rauch erstickt werden mußte; ein Mittel, welches auch die Türken bei Zufluchtshöhlen häufig angewendet haben. Marschall Belissier soll ebenfalls diese Methode in Algerien gegen die Araber befolgt haben, die sich in Höhlen geflüchtet hatten. Die meisten der Höhlen in der Umgebung der Stadt Baden liegen im Dolomite des Calvarienberges und des nur durch den Haunoldsgraben von ihm getrennten Mitterberges. Nur von zweien dieser Höhlen kann man nachweisen, daß sie später adaptirt worden sind; die übrigen befinden sich im Urzustande. Eine von letzteren ist erst vor wenigen Jahren durch einen Deckenbruch zugänglich geworden. Diese war aber nicht bewohnt; in anderen fand man nur Spuren von Rauch an der Decke. Ausführliche Nachrichten über diese Höhlen, deren Anzahl von Jahr zu Jahr geringer wird, findet man in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des österreichischen Touristenclub“, Wien 1886, Nr. 4, S. 45 ff., und in verschiedenen Nummern der Zeitschrift „Niederösterreichischer Landesfreund“, welche seit 1892 in Baden erscheint. Diese Nachrichten stammen fast ausschließlich von G. Calliano her.<sup>1)</sup>

Außer den erwähnten gibt es noch zahlreiche andere Räuberhöhlen, deren Geschichte mitunter schon in das Gebiet der Sage streift, wie z. B. jene der Haidukenhöhle bei Prašćijak in Bosnien, in welcher auch Wilen (weibliche Geister) gehaust haben sollen. Der Name Räuberhöhle kommt vor bei Mehadia in Ungarn, bei Feredö-Ghogh in Siebenbürgen, im Schelmengraben bei Regensburg in Bayern, bei Spital im Würzthale in Steiermark. Bei Agtelek befindet sich ein Räuberloch. Rosenmüller und Tillefius berichten (2. Band, S. 302 bis 306), daß die Lippoldshöhle in Braunschweig nach einem Räuber benannt sei, der sie bewohnt habe; dergleichen das Britschen-Bebelsloch (ebenfalls nach Rosenmüller und Tillefius, 2. Band, S. 322). Das Diebesloch bei Ufstrungen im Harz war nach Behrens (*Hercynia curiosa*, S. 71) von Gefindel zeitweise bewohnt. Die „Höhle der schwarzen Bande“

<sup>1)</sup> Siehe auch: „Prähistorische Funde in der Umgebung Badens“, von G. Calliano, Wien 1893 (Braumüller's Verlag).

im Haspelthale im Elsaß war der Sage nach von einer Räuberbande bewohnt. Nach einem Berichte von Luthmer (in den „Mittheilungen des Vogesen-Club“, Straßburg 1891, Nr. 24, S. 50) scheinen es jedoch Schwärzer gewesen zu sein, wie aus den verschiedensprachigen Inschriften (deutsch, französisch und italienisch) zu entnehmen ist. Im Raabthale in Steiermark liegt die Grafelhöhle, in welcher sich der berühmte Räuber Grafel durch einige Zeit aufgehalten haben soll, dessen abenteuerliches Leben den Vorwurf für ein seiner Zeit in Wien oft gegebenes Theaterstück geleistet hat. („Die beiden Grafel“.)

## B. Umgewandelte natürliche Höhlen.

Künstlich erweiterte oder für menschliche Zwecke adaptirte natürliche Höhlen bilden den Uebergang von den natürlichen zu den künstlichen Höhlen. Ein sehr hohes Alter kann man dieser Art von Höhlen nicht zuschreiben, sobald die Umwandlung mit Werkzeugen geschehen ist, welche in früherer Zeit nicht zur Verfügung standen. Darum gehören jedenfalls jene Höhlen einer späteren Culturperiode an, die sich in härteren Gesteinen befinden, wie die Alraunhöhle bei Schwarzach in Bayern<sup>1)</sup>, welche in Spitzbogenform in Gneiß gehauen ist, und durch Erweiterung einer schon bestandenen Kluft in ihre jetzige Form gebracht worden sein soll. In weichem Materiale kann man leichter graben, und darum mag es weit mehr künstliche und künstlich erweiterte oder umgeformte Höhlen mit Bearbeitungsspuren aus älterer Zeit in der weichen Kreide, im Löß und anderen dergleichen Materialien geben als in hartem Felsgesteine. Von einzelnen Arbeiten kann man an den Bearbeitungsspuren ungefähr auf die Zeit schließen, in der sie entstanden sind. Derartige Spuren sind Meißelhiebe, Feuersehsuren oder Bohrlöcher. Manche anscheinend künstlich erweiterte Höhlen stellen sich bei näherer Prüfung oft als bergmännisch betriebene Steinbrüche oder als alte Bergwerke heraus, deren Existenz längst in Vergessenheit gerathen ist; darum ist Vorsicht stets geboten.

Alle künstlichen Umformungen der Höhlen hatten aber bestimmte Zwecke. Die große Veränderung am Eingange des Lamprechtssofenloches bei Ober-Weißbach an der salzburg-bayerischen Grenze (am Fuße des Hirschbüchels) hatte den Zweck, den Zugang für die Schatzgräber zu erschweren, von denen mehrere verunglückt waren. Die kunstgerecht angebrachten Bohrlöcher ober dem Eingange zeigen, daß diese Veränderung erst lange nach der Erfindung des Schießpulvers vorgenommen worden ist.

Die Antonsgrotte bei Baden erfuhr successive Erweiterungen. In ihrem gegenwärtigen Zustand wurde sie von Erzherzog Anton gebracht, nach dem sie auch benannt ist. Calliano berichtet, daß sie einst dem Mithrascultus gedient habe, worauf die Aufindung eines Opfersteines hindeutet.<sup>2)</sup> Unweit davon liegt im Haumoldsgraben eine ehemals für Cultuszwecke adaptirte Nischenhöhle, welche durch Mauerwerk abgeschlossen war, dessen Spuren noch theilweise vorhanden sind. Auch hier fand sich ein Opferstein, sowie zahlreiche andere Funde.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> „Beiträge zur Anthropologie und Urgeichichte Bayerns“, München 1879, 2. Bd., S. 165.

<sup>2)</sup> Calliano: „Die Höhlen bei Baden“, in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde, Wien 1886, V. Jahrg., Nr. 4, S. 45.

<sup>3)</sup> In der obersten Schichte mittelalterliche, darunter römische, und noch über 2 Meter tiefer neolithische. Siehe: „Wiener Zeitung“ v. 3. Mai 1891 (Feuilleton), und: „Badner Bezirksblatt“ Nr. 41 und 42 v. J. 1891.

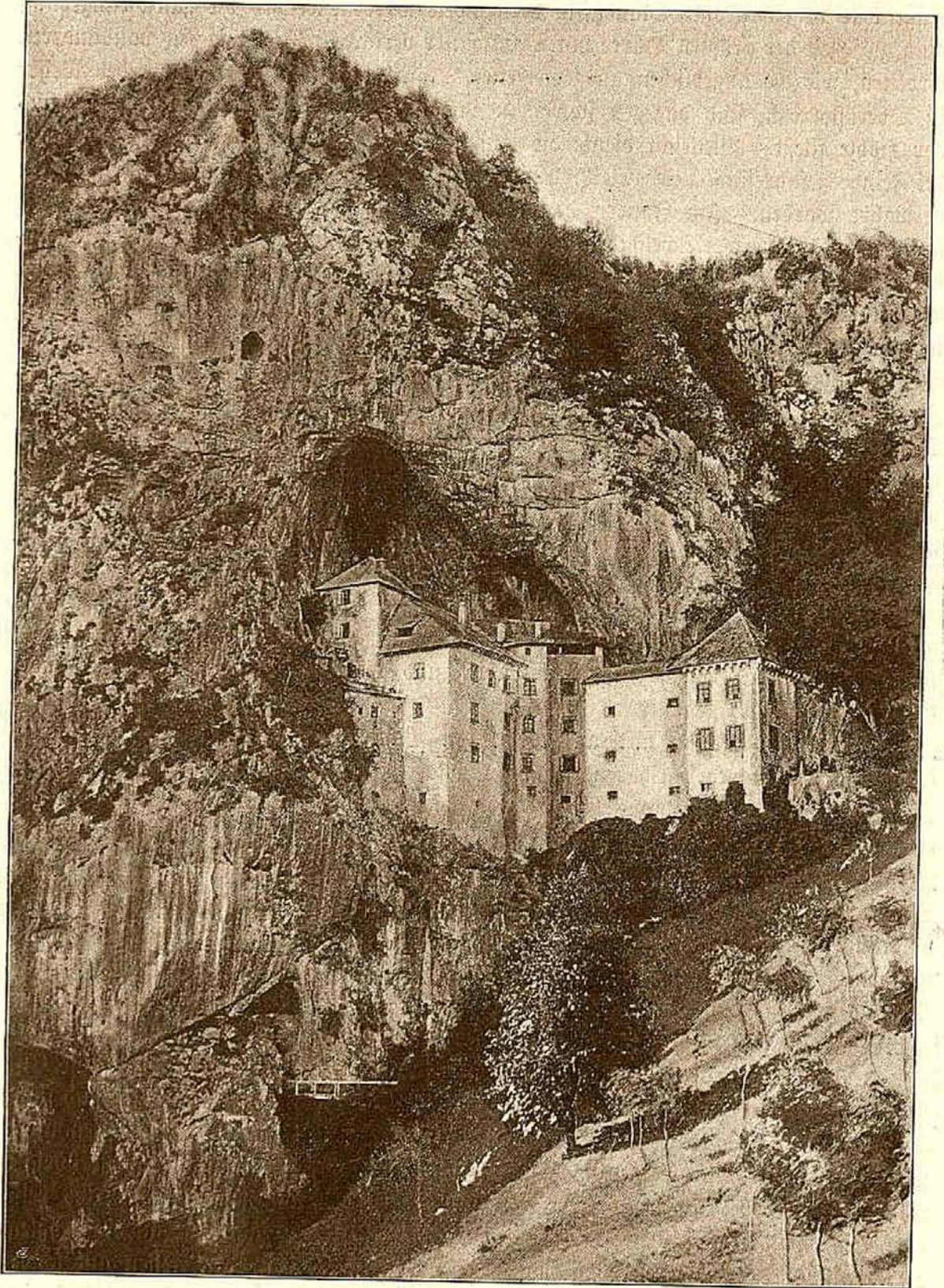
In mehreren Höhlen, die Wasser enthalten, lassen sich die Ursachen der Umwandlungen leicht erklären. Die schon von Balvasor erwähnte Wasserhöhle im Guttenfeldertthale (Grotte von Podpeč) ist erst in diesem Jahrhundert von einem unbekanntem Ingenieur in ein großes Staubassin verwandelt worden, welches die ganze Umgebung auch zur Zeit der größten Dürre mit Trinkwasser versorgt. Die Ursachen von anderen Arbeiten, wie die angeblichen ausgemeißelten Stufen in der Ennsberghöhle bei Weyer in Oberösterreich, sind dagegen schwer zu enträthseln, weil das Wasser ohnedies aus der Höhle fließt. Vielleicht diente die Höhle einst als Zufluchtsort.<sup>1)</sup> Zum Schutze bei Feindesgefahr sind auch viele Höhlen mit mehr oder weniger geeigneten Verschlüssen verwahrt worden. Im Innern der Türkenluka nächst Kleinzell in Niederösterreich befindet sich Mauerwerk, welches durch Sinterabatz schon fest verkittet ist. Die Falkensteinhöhle im Semmeringgebiete, welche von Natur aus schon schwer ersteiglich ist, zeigt Balkenlöcher. Eben solche Balkenlöcher findet man man im Innern des großen Wildemandelloches bei Golling, und außerdem noch Reste von Mauerwerk an der Mündung. Der Höllthurm bei Wöllersdorf (Niederösterreich) diente zur Bertheidigung einer großen Zufluchtshöhle. Das Taborloch (auch Räuberhöhle oder Zederhaushöhle genannt) bei Spital im Mürzthale in Steiermark war ebenfalls wohl befestigt und mit Außenmauern versehen, deren eiserne Thüren für die Kirche des Dorfes verwendet wurden, und sich noch dort befinden sollen. Daß diese Höhle auch den halb slavischen und halb deutschen Namen Taborwand trägt, ist insoferne interessant, als es vermuthen läßt, daß die Bezeichnung der slavischen Wallburgen, welche ja ebenfalls als Zufluchtsorte gedient haben, für ähnliche Befestigungswerke auch in nicht slavische Gegenden, vielleicht durch Kriegsknechte übertragen worden zu sein scheint. Der Donaubrückenkopf bei Wien hieß durch lange Zeit Tabor, und die Gegend, wo er lag, wird noch heute „am Tabor“ genannt.

Wirklich befestigte, mit ausgedehnteren Bauten verschlossene Höhlen mag es früher noch mehr gegeben haben. Balvasor bildet in seinem 1689 erschienenen Werke: „Die Ehre des Herzogthums Krain“ noch einen Tabor in einer Höhle ab, der als eine der stärksten Positionen des Landes galt. Nach seiner Angabe lag er „in der Poigh“, womit man das Thal zu bezeichnen pflegt, in welchem der Poikfluß entspringt. Derzeit ist aber dort keine befestigte Höhle bekannt. Die Ueberreste des Höhlenschlosses von Lueg bestehen noch heute. Vor ihnen erhebt sich der ungemein malerische Bau des neuen Höhlenschlosses, eine der schönsten Zierden von Krain. In Steiermark liegt ein Höhlenschloß nächst Teufenbach. Es ist dies die Burg Chalons (auch Buchserloch oder Buchser Lueg genannt), von der nur mehr wenige Ueberreste vorhanden sind. Von der großen Höhle, in welcher das Hauptgebäude lag, zweigt links im Hintergrunde ein natürlicher Gang ab, der durch Meißelarbeit erweitert ist, und führt zu einer jetzt verschütteten Cisterne. Die Fortsetzung dieses Ganges ist mit Trümmerwerk ausgefüllt. Ein Höhlenschloß, an welches sich auch, gleichwie bei allen übrigen befestigten Höhlen, Sagen knüpfen, liegt im Rörösthale in Siebenbürgen. Es heißt Feenburg (Tündérvár). In der Umgebung befinden sich zahlreiche andere Höhlen, die ebenfalls Spuren von Befestigungen zeigen, hoch oben in den Felsen auf schwer zugänglichen Punkten. — Behrens führt (Hercynia curiosa, S. 160) an, daß eine halbe Meile von Blankenburg im Harz die Burg Alt-Reinstein liege, welche zum Theil

<sup>1)</sup> Die Höhle ist kurz beschrieben in dem Musealberichte für das Jahr 1863 (Separatabdruck, Jnz 1864), von P. Amand Baumgarten in der Abhandlung: „Aus der volksmäßigen Ueberlieferung der Heimat“.



aus dem reinen, weißen Fels gehauen sei, woher auch der Name stamme. Der Rest war Mauerwerk. Unter der Burg soll sich eine künstlich in den Fels gehauene

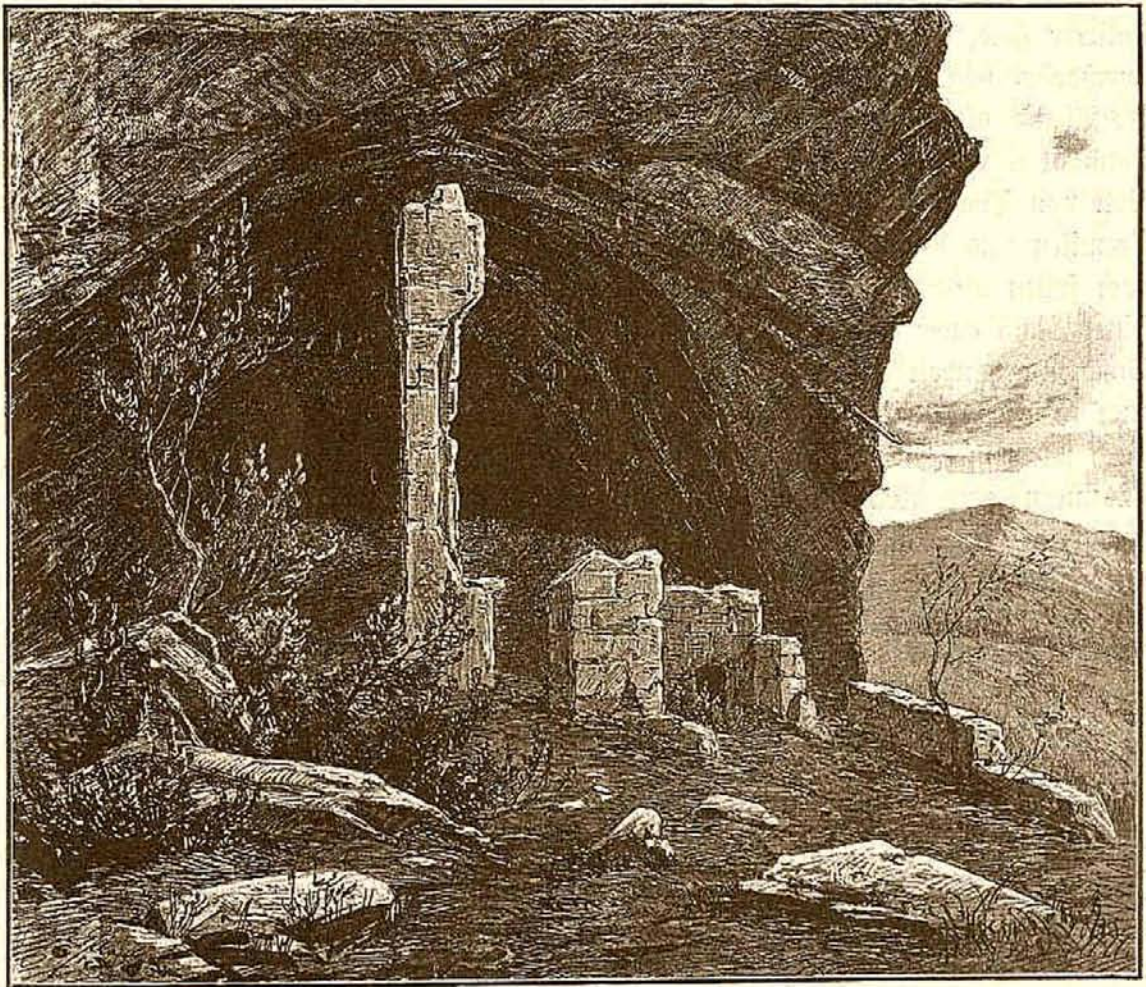


Das Höhlenschloß „Lueg“ bei Adelsberg.

Kammer befinden. An das Schloß knüpfen sich viele Sagen von den Raubrittern, welche den verrufenen Ort bewohnt hatten.

In Griechenland repräsentirt diesen Typus das in einen mächtigen Höhlenbogen gebaute, befestigte Kloster Megaspelaion.

Die Höhlenschlösser dienten zum dauernden Aufenthalte. Von einigen Höhlenwohnungen kann man übrigens das Gleiche annehmen. Daß einzelne Menschen Höhlen dauernd bewohnt haben, ist bereits erwähnt worden. Beweise für die Existenz einer Troglodytenbevölkerung hat man in Europa nicht, wohl aber aus anderen Erdtheilen, wo sich Höhlen in großer Menge nebeneinander befinden, z. B. aus Amerika. In einer Publication der Smithsonian Institution („Catalogue of Prehistoric Works, east of the Rocky Mountains“, by Cyrus Thomas, Washington, government printing office, 1891) wird eine große Anzahl von Höhlenwohnungen angeführt, und



Ruine der Burg Chalon bei Tausenbach in Steiermark.

dabei unterschieden zwischen „Cliff lodges“, „Cavate lodges“, „Cave assembly lodges“ und „Subterranean assembly lodges“. Im Saale XIV des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien befindet sich ein Wandgemälde, welches eine Cliffwohnung vorstellt, die auf unzugänglicher Stelle hoch oben in einer (vorne mit Resten von Mauerwerk versehenen) Felsnische liegt. Nach der vorstehenden Classification scheinen nicht alle bewohnten Höhlen in Amerika denselben Zwecken gedient zu haben. Die „Cliff lodges“ scheinen als Einzelwohnungen gedient zu haben und ursprünglich natürliche Höhlen gewesen zu sein, die erst später adaptirt wurden, während die „Cavate lodges“ entweder zum Theil oder ganz künstlichen Ursprunges sein dürften.

Herr Custos Heger (vom k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien) hat auch Troglodytenwohnungen in Asien im Jahre 1881 besucht, u. zw. bei Gori in Georgien

(Upliß Tziche). Ueber diese, sowie über die unterirdischen Behausungen der Ryzylbasch (Nothköpfe) bei Akstafa in Georgien enthält das Werk „The Crimea and Transcaucasia“ von J. Buchan Telfer (London 1876), S. 169 ff. und 191 ff. ausführliche Beschreibung und Abbildungen. Nach Telfer hat man es mit künstlichen Höhlenwohnungen zu thun, welcher Ansicht auch Heger beipflichtet.

Ob die südlich vom Hindukusch-Gebirge in Centralasien, im Thale Bamyan gelegenen zahlreichen Höhlen, welche in der „Erdfunde“ von Carl Ritter (Berlin 1837, 3. Buch, 7. Band, S. 265 und 275) erwähnt sind, natürliche oder künstliche Höhlen sind, ist aus der Beschreibung nicht zu entnehmen. An beiden Stellen heißt es, daß die „Höhlen und Grotten“ „Sumuch“ genannt werden, und daß sie acht Meilen weit zu beiden Seiten des Thales in den Felswänden in großer Zahl zu finden seien. Ein isolirter Fels, der sich in der Mitte des Thales erhebt, soll besonders von Höhlen durchbohrt sein. Die Höhlen sollen noch heute einem großen Theile der Bevölkerung des Thales als Wohnstätten dienen. Ritter erwähnt weiter (nach J. Baillif: „Narrations of a voyage into Korhassan“. London 1825, in 4°.), daß hier ein zahlreiches Volk von Troglodyten gewohnt haben müsse, oder daß die Höhlen Tausenden von Eremiten und buddhistischen Religiosen zu Wohnstätten dienen mochten. Einer Sage nach sollen viele dieser Höhlen über Befehl des Königs Julal gegraben worden sein. Nach einer anderen Version soll es sich nur um Grabungen nach verborgenen Schätzen gehandelt haben. Die Höhlen befinden sich in lockerem Material, und haben auch in neuerer Zeit Funde geliefert, die nach den kufischen Inschriften der Zeitperiode nach Mahomed angehören dürften. Die meisten dieser Höhlen sind nur viereckige Kammern ohne Architektur, einzelne sind im Innern bemalt und durch Rauch geschwärzt. Einer anderen Sage nach soll eine Mutter in den labyrinthischen Gängen einer dieser Höhlen ihr Kind verloren und erst nach zwölf Jahren wiedergefunden haben. Wieso derlei Sagen entstehen, gehört in das Capitel der Höhlensagen. Das Thal Bamyan ist auch wegen der vielfach genannten Riesenfiguren von angeblich 120 Fuß Höhe berühmt. (Ritter beruft sich auch auf Büschnig's Magazin u., Hamburg 1777, 4. Theil, S. 348.)

Bewohnte Höhlen gab es auch in Galizien. Dr. E. Tieze berichtet über eine derselben im „Literaturanzeiger des Vereines für Höhlenkunde“ (Wien 1880), S. 9. Es ist dies die Höhle bei Stradz nächst Janow, nordwestlich von Lemberg. Sie liegt im tertiären Kalkstein, hat einen niedrigen Eingang, ist im Innern corridorartig und ihre Form ist keinesfalls mehr ursprünglich. Zur Zeit der Tartareninvasion soll die Höhle von den Bewohnern der Umgegend als Zufluchtsort gewählt worden sein. Einmal soll sie aber von den Tartaren entdeckt und die Insassen durch Rauch erstickt worden sein.

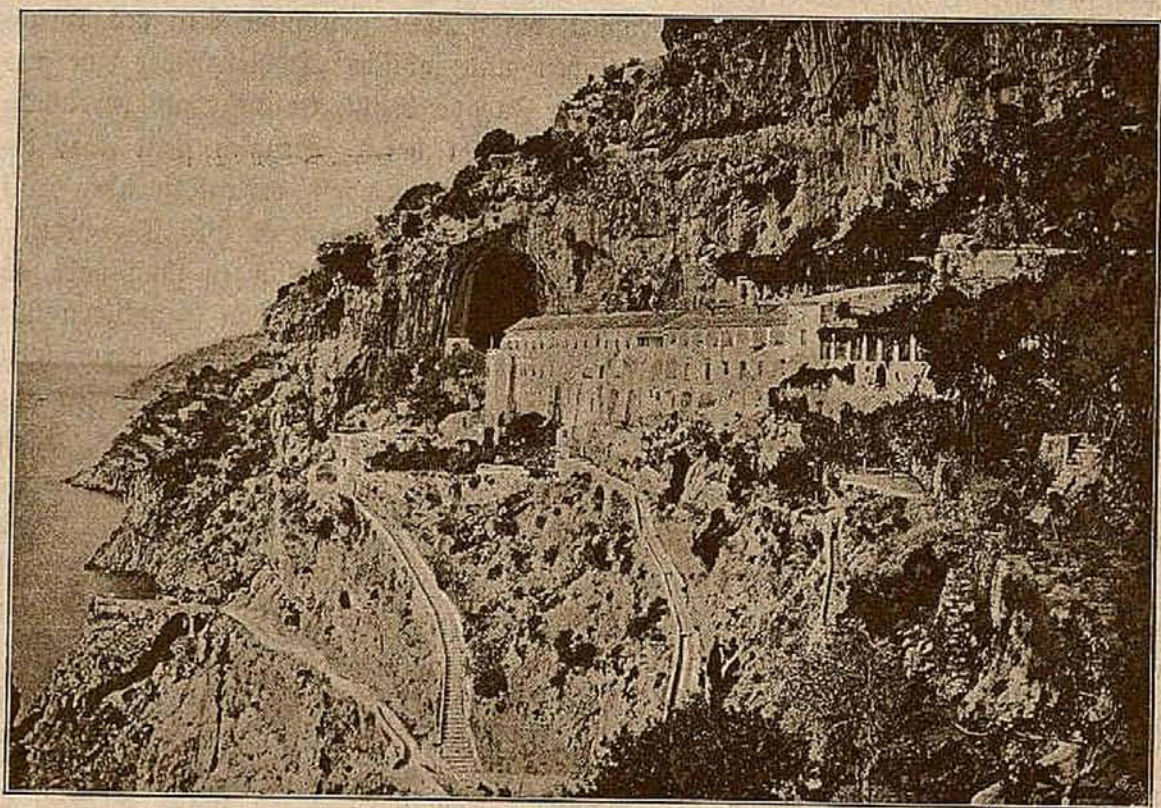
Weiters berichtet Dr. Tieze im „Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt“ (29. Band, Wien 1879, 2. Heft, S. 240) über künstliche Höhlen in Galizien bei Bubnisce. Es sind deren drei. Die zimmerartigen Räume wurden jedoch, um sie für die Besucher besser zugänglich zu machen, vollständig ausgeräumt, wobei man es unterließ, nach prähistorischen oder späteren Funden zu suchen. Möglicherweise wären noch einige Funde in den Klüften des Sandsteines zu machen, aus denen der Schutt und Lehm noch nicht entfernt worden ist. Reiche Funde, die gestatten würden, auf die Kulturzustände der einstigen Bewohner Schlüsse zu ziehen, dürften unter den obwaltenden Umständen schwerlich zu erwarten sein.

Für den Todtencultus mögen die Höhlen schon frühzeitig verwendet worden sein. Ein vor die Oeffnung vorgewälzter Felsblock oder eine angelehnte Felsplatte mag der erste Schutz gewesen sein, um die wilden Thiere von den Leichenresten abzuhalten. Mit besseren Werkzeugen konnte später auch ein besserer Begräbnißplatz hergestellt werden. Grabhöhlen in Syrien werden schon im alten Testamente der Bibel erwähnt. Abraham kaufte von Ephron dem Hethiter die Höhle Machpela, um sie zu einem Erbbegräbnißplatze herrichten zu lassen. Ein hohes Alter schreibt man auch den Höhlenwohnungen und Grabhöhlen von Bethlehem zu, sowie jenen im Kidronthale. Letztere sollen jetzt noch von Einsiedlern bewohnt werden. Einige davon sind mit förmlichen Façaden versehen, während andere im Naturzustande verblieben sind. Die ganze Gegend soll sehr höhlenreich sein. Bezüglich einer der Grabhöhlen im Kidronthale soll bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen werden, daß Heinrich Brugsch-Pascha — der genaue Kenner des Orients — starke Zweifel über das sogenannte Grab des Absalon ausgesprochen hat. „Der griechische Stil des Grabeinganges, welcher in der Art der ägyptischen und indischen Höhlengräber eine aus der Felswand ausgemeißelte, säulengeschmückte Façade besitzt, ist mehr als verdächtig für die Zeit, in welcher der Sohn David's gelebt hat.“ Brugsch stellt zwar die Epoche, welcher dieses Grab angehören soll, nicht genauer fest, verlegt sie aber „auf eine spätere Zeit der römisch-griechischen Geschichte“. Trotzdem es also sehr zweifelhaft ist, ob man es überhaupt hier mit dem Grabe des Absalon zu thun habe, so haftet doch der Haß glaubenseifriger Juden an der Stätte, die von Fanatikern mit Steinen beworfen wird. „Fast drei Jahrtausende“ — fügt er hinzu — „vermochten diesen Haß nicht zu löschen“. Das Grab des Absalon ist mehrfach in Werken abgebildet, wobei aber auffällt, daß die Abbildungen nicht immer übereinstimmen. Nach Brugsch ist es aus einer Felswand ausgemeißelt, hat eine säulengeschmückte Façade und eine Felskammer im Innern. Nach einer anderen Abbildung steht das Grab frei und macht eher den Eindruck eines Bauwerkes. Die Führer mögen da wohl viel Schuld daran tragen und den Reisenden einmal dieses und ein anderes Mal ein anderes Grab als das Grab Absalon's zeigen.

Wenn man die Benützung der syrischen Höhlen als Grabstätten auf die Zeit vor Abraham zurückverlegt (also auf etwa 2000 Jahre v. Chr.), so kann man diese mit der Errichtung einzelner Grabhöhlen in Aegypten für ziemlich gleichalterig halten. Bezüglich der Altersbestimmung aller derartigen Höhlen kann man annehmen, daß die minder sorgfältig ausgestatteten natürlichen Höhlen, die zu Grabhöhlen umgewandelt worden sind, die älteren seien, und daß überhaupt zuerst natürliche Höhlen zu diesem Zwecke verwendet worden sind, während die vollständig künstlich ausgehauenen Grabhöhlen einer weit späteren Zeit angehören. Bei vielen wird es aber schwer halten, zu bestimmen, ob sich eine natürliche Höhle einst hier befunden hat; der kundige Forscher wird aber auch hierfür in Klüften und Schwemmproducten einen Anhaltspunkt finden, der freilich nicht immer ganz verlässlich ist. Die Mastrichter Höhlen sind wohl der beste Beweis, daß die Existenz künstlicher Räume gewisse Erscheinungen hervorzurufen vermag, wie sie bei natürlichen Höhlen vorkommen. (Schlotbildung, Spalten, Deckenbrüche u.)

Viele natürliche Höhlen sind durch die Legenden der Heiligen bekannt geworden, und die meisten von diesen Localitäten sind für religiöse Zwecke adaptirt worden. Schon die Griechen besaßen den Göttern und Halbgöttern geweihte Höhlen. Die berühmteste war die Orakelhöhle von Delphi, die mit einem Vorbau versehen

gewesen sein soll. Höher oben am Parnas lag die dem Gotte Pan und der Nymphe Kornta geweihte Korntische Grotte, in der man aber nach der Beschreibung von Heger<sup>1)</sup>, welcher sie 1876 in allen Theilen besucht hat, keine Spuren von Umformung durch Menschenhand mehr bemerkt. Den Göttern geweihte Höhlen und Grotten gab es viele in vorchristlicher Zeit, und die heilige Scheu, diese Räume zu betreten, mag sich auf die spätere Zeit übertragen haben. Das Christenthum vermochte die Furcht vor den unbekanntem heidnischen Dämonen nicht zu bannen, und compromittirte dahin, sie durch Exorcismen unschädlich zu machen oder sie in christliche Andachtsstellen umzuwandeln. In erster Hinsicht erhielt sich durch lange Zeit das alljährlich an bestimmten Tagen wiederkehrende Weißen von Wetterlöchern, dem Balvasor (1689) ein ganzes Capitel widmet. In letzterer Hinsicht trug es wesentlich bei, die Scheu vor Höhlen zu mindern, daß an einzelne Localitäten die Erinnerung an den Auf-



Kapuciner-Kloster und Grotte von Amalfi.

enthalt von Heiligen, von besonders frommen Personen oder von wunderbaren Begebenheiten sich knüpfte, und daß man diese durch Aufstellung von Bildnissen oder auch nur von einfachen Kreuzen wach zu erhalten suchte. Einzelne Höhlen wurden zu förmlichen Kapellen umgewandelt. Die Kaiser Maximiliangrotte auf der Martinswand besitzt eine der einfachsten Ausstattungen dieser Art. Die Kirche des heiligen Wolfgang am Schafberge in Oberösterreich ist einer Höhle vorgebaut, dergleichen ist die Kapelle des heiligen Maximus im Sanct Petersfriedhofe in Salzburg durch Vermauerung einer Nischenhöhle hergestellt, sowie die Regidiuskapelle in ihrer Nähe. Das wunderbar gelegene „Wildkirchli“ im Canton Appenzell steht in der Mündung einer Höhle.

<sup>1)</sup> Citirt in: „Sumpfs- und Seebildungen von Griechenland“, von Franz Kraus, „Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft“, Wien 1882, Heft 7 und 8.

Die Höhlenkirche bei Ponte San Colombano in der Balarfa bei Roveredo in Südtirol und die Burkardushöhle beim Dorfe Homburg am linken Mainufer in Bayern sind Höhlen, die in förmliche Kirchen verwandelt sind. Die Grotte von Amalfi enthielt früher den zum Kloster gehörigen Calvarienberg, ist aber im Uebrigen unverändert geblieben.

Einfacher ausgestattet sind die Grotte der heiligen Rosalia in Sicilien, die Grotte des heiligen Servolo bei Triest und noch viele andere. Auch das bereits erwähnte Kloster Megaspelaion kann dazu gerechnet werden. Eine Prüfung der Legendenbücher kann noch zahlreiche andere Belege für die Existenz von derartigen Höhlen bieten. Auffallend ist der Umstand, daß man es hier ausschließlich nur mit mehr oder weniger umgestalteten natürlichen Höhlen zu thun hat. Es befindet sich nicht eine einzige künstliche Höhle darunter, etwa mit Ausnahme der sogenannten Kirche bei Goldbach, als welche einer der Räume bezeichnet wird, der zu den „Heidenlöchern“ gehört. Die einstige Verwendung als Kirche ist aber nicht festgestellt, und rührt die Vermuthung wohl mehr von der Gewölbeform der Decke her, die von jener der übrigen dortigen Höhlen abweicht. Gottesdienst ist übrigens vorübergehend zu allen Zeiten in einzelnen Zufluchtshöhlen und höhlenartigen Verstecken abgehalten worden. In den unterirdischen Steinbrüchen von Naours<sup>1)</sup> in der Picardie sind mehrere Räume als Kirchen und Kapellen eingerichtet. In der Frauenmauerhöhle wurde zur Zeit einer Türkeninvasion im sogenannten Kreuzgange die Messe gelesen, und von einem großen Felsblocke herab, der als Kanzel dienen mußte, gepredigt. Auf die Form der Höhle hat diese vorübergehende Verwendung keinen Einfluß gehabt, und die Erinnerung daran lebt nur mehr in der Tradition und in der Volks Sage fort.

Die Wunderhöhle von Lourdes ist nur mit einem eisernen Gitter verwahrt, im Innern aber ziemlich unverändert geblieben.

Die Christenverfolgungen in der ersten Zeit des Auftretens der christlichen Lehre haben dazu genöthigt, die Ausübung des neuen Glaubens im Verborgenen zu betreiben und dazu waren Höhlen sehr geeignete Räume. Auch die Leichen der Märtyrer brachte man in Höhlen in Sicherheit, und das mag zur Sitte geführt haben, auch fernerhin die Todten auf dieselbe Weise zu bestatten. Als die Höhlen für diesen Zweck nicht mehr genügten, mußte zur Erweiterung geschritten werden, und auf diese Weise mögen die sogenannten Katakomben entstanden sein, von denen wohl die meisten, die noch existiren, künstlichen Ursprunges sein dürften, und daher im nächsten Abschnitte zu behandeln sind, oder sie sind kellerartige Bauten, und gehören dann überhaupt nur insofern unter die Höhlen, als sie den ursprünglichen, in Fels gehauenen nachgebildet sind und als solche besprochen werden dürfen.jene Katakomben, die man kennt, befinden sich auffallender Weise in Gegenden, die entweder keine oder nur unbedeutende natürliche Höhlen besitzen, dafür aber künstliche von großer Ausdehnung.

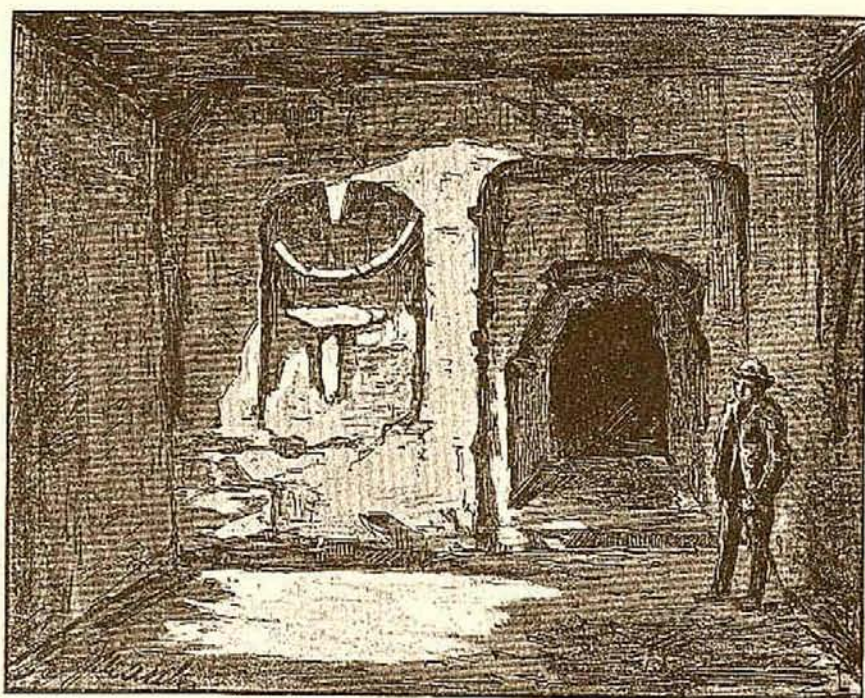
Der Mensch hat außerdem auch durch die Höhlen Aufschlüsse über brauchbare Gesteine gewonnen, und es kann füglich angenommen werden, daß manche der alten, bergmännisch betriebenen Steinbrüche ursprünglich mit natürlichen Höhlen begonnen haben, was freilich heute in den seltensten Fällen mehr nachweisbar sein dürfte. Ein solcher Fall liegt vor bei der durch die Ausgrabungen von Professor Fraas so

1) Siehe die Abbildung auf S. 5.

berühmt gewordenen Höhle im Hohlenstein nächst Schelkingen in Württemberg, deren vorderer Theil eine natürliche Höhle ist, während der rückwärtige Theil durch Steinbrucharbeit schon bedeutend erweitert ist.

### C. Künstlich geschaffene Höhlen, und höhlenartige Hohlräume.

Die meisten künstlichen Höhlen aus der älteren Zeit, sind in weiches, leicht zu bearbeitendes Material (Köfz, Schlier, weiche Kreide zc.) eingegraben, wie dies überhaupt dem primitiven Zustande der Werkzeuge in der betreffenden Zeit entspricht. Auch sind diese künstlichen Höhlen nicht von bedeutenderen Dimensionen. Größere



Künstliche Krypta in Frankreich aus der Kreide gemeißelt.

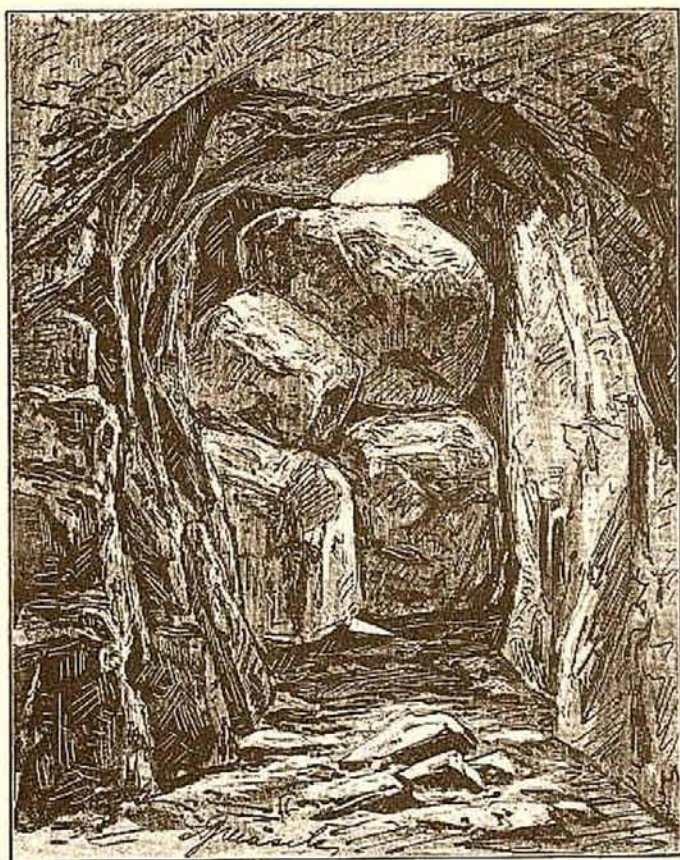
künstliche Höhlen in festem Gesteine stellen sich bei näherer Untersuchung zumeist als alte Stollen oder bergmännisch abgebaute Steinbrüche aus späterer Zeit heraus. Die künstlichen Höhlentempel von Indien, Aegypten und Kleinasien gehören einer bereits hoch entwickelten Culturperiode an, und haben, wie dies später nachgewiesen werden wird, kein so hohes Alter, als man es früher angenommen hatte.

Der ältesten Zeit (für Mitteleuropa) kann man die künstlichen Grabhöhlen in der Champagne zuschreiben, die in ein weiches Gestein (echte Kreide) gehauen sind und ausschließlich zu Beerdigungszwecken gedient haben. Dr. M. Hoernes beschreibt dieselben nach E. de Cartailhac in seinem Werke: „Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft“ (Wien 1892, mit Abbild.). Sie sind in der weichen Kreide mit Hilfe von Steinwerkzeugen ausgegraben. Wo härtere Feuersteinschichten (Silex) zu viel Widerstand boten, wurde die Grabung aufgegeben. Von Außen waren sie durch große Steinplatten oder Steinblöcke verschlossen. Trotz ihrer verhältnißmäßigen Größe fand man nur wenig Skelette in den gangförmigen

Kammern. Die Zahl betrug zumeist nur zwei, selten mehr. Acht Skelette waren das Maximum, welches in einer Höhle gefunden wurde. Außer Skeletten fand man auch Leichenbrand, und zwar nicht in bestimmten Höhlen, sondern auch zusammen mit darüber gebetteten Skeletten. Beide Forscher zählen diese Krypten der neolithischen Zeit zu.

Ähnliche, vollständig künstliche Grabhöhlen werden in den anthropologischen Schriften in großer Zahl angeführt.

Weit jüngeren Datums sind die künstlichen Höhlen in einem anderen, weichen und dabei doch consistenten Materiale, nämlich im Löß, in dem man noch heutzutage Weinkeller mit Vorliebe anzulegen pflegt, weil das Material die gute Eigenschaft hat, an der Luft zu erhärten. Die Herstellung solcher Keller erfordert keine Aus-



Bericht über eine künstliche Grabhöhle in Frankreich.

mauerung und kommt daher sehr billig zu stehen. Diese Eigenschaft des Löß mag schon von unseren Verfahren erkannt worden sein. Man trifft nämlich im Löß eine eigenartige Sorte von künstlichen Höhlen, die besonders in Niederösterreich und in Bayern häufig sind. Es sind dies die sogenannten Erdställe.<sup>1)</sup> Die Decken der niederösterreichischen Erdställe bilden vielfach Tonnengewölbe, bei den bayrischen herrscht zumeist die Spitzbogenform vor.<sup>2)</sup> Von letzteren sind über zwanzig bekannt, und eine etwas größere Zahl auch aus Niederösterreich. Auch, den Hellwald den österreichischen

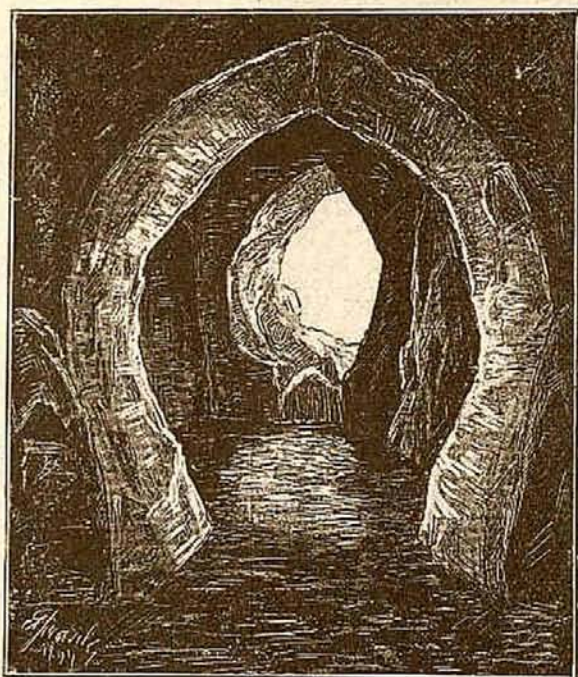
<sup>1)</sup> Hellwald nennt sie, wohl nach ihrer Form, „Erdstollen“; diese Bezeichnung ist aber in Niederösterreich nicht gebräuchlich.

<sup>2)</sup> „Beiträge zur Anthropologie und Urgeschichte Bayerns“, München 1879, 2. Bd., S. 146 bis 174. Es kommt bei den künstlichen Erdställen in Bayern aber auch das Tonnengewölbe mitunter vor.

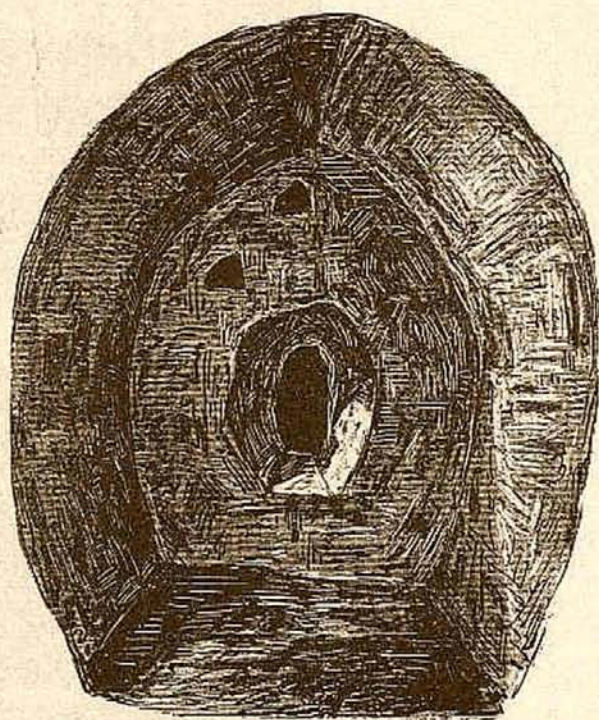


Schliemann nennt (wohl wegen seiner Entdeckung der Pfahlbauten im Mond- und Attersee), Vater Lambert Karner (der sich durch seine Forschungen den Beinamen „der Höhlenpfarrer“ erworben hat), und der seither verstorbene Maler Spöttel haben die meisten niederösterreichischen Erdställe, die man kennt, untersucht und beschrieben.<sup>1)</sup> Pläne sind diesen Beschreibungen mehrfach beigegeben. Ansichten in Aquarellfarben aus dem Innern sind ausgestellt in den Fensternischen der Säle der prähistorischen Abtheilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien. Künstliche Höhlen im Löß von Mähren hat Florian Koudelka in den „Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft“, XIII. Bd., Wien 1883, S. 128, beschrieben.

Vermöge ihrer ganzen Anlage mögen diese kaum 2 Meter Höhe erreichenden kleinen Kammern, die durch niedrige, röhrenförmige Schlupfe miteinander verbunden sind, wohl nicht zum Aufenthalte für Menschen, sondern als Bergeplätze für Werth-



Erdstall in Mähren (Eingang).

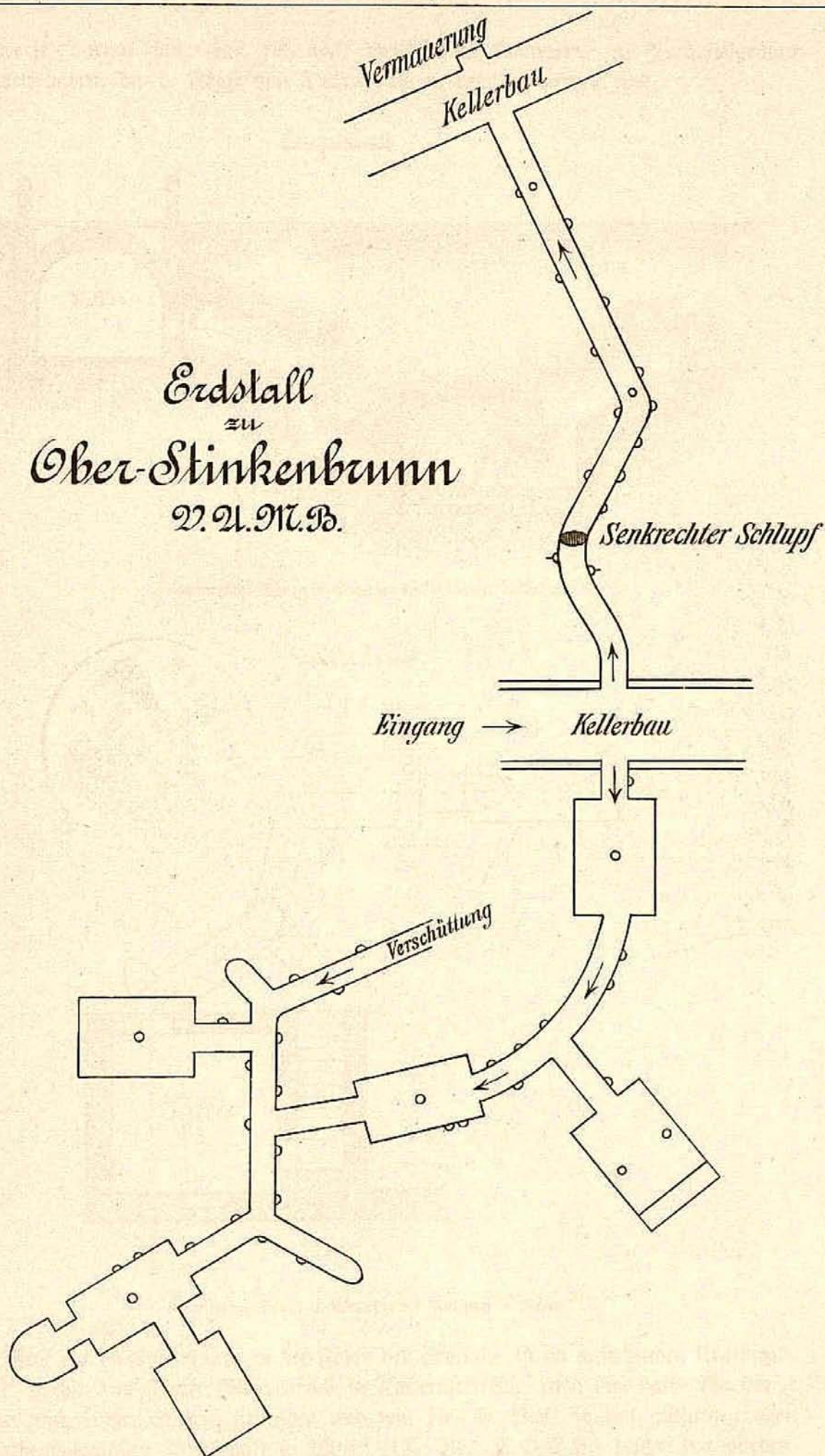


Erdstall in Mähren (Innere).

sachen bestimmt gewesen sein. Ueber das Alter dieser Erdställe hat man noch keine Anhaltspunkte, denn nur wenig Funde wurden bisher gemacht, wie dies auch bei Bergeplätzen ganz natürlich ist, die nach überstandener Gefahr wieder aufgeräumt worden sind. Diese Verwendung dürfte auch die Ursache sein, daß die Eingänge der Erdställe möglichst verborgen liegen. Einige davon liegen unter den Wohnhäusern, in Kellern, Scheunen oder Ställen, und man nennt sie daher „Hauslöcher“. Calliano hat auch unterhalb des bereits erwähnten Wünschloches einen röhrenförmigen Gang gefunden, der in einer kleinen Kammer endigte, die durch eine Art Luftloch mit der darüber liegenden Höhle in Verbindung stand. Hier war das Material aber nicht Löß, sondern Erde und Dolomitschutt von geringer Haltbarkeit. In der Nähe deuten mehrere Bodensenkungen in der Art, wie die trichterförmigen Pingen oberhalb alter

<sup>1)</sup> Siehe: General-Register zu den Bänden I bis X am Schlusse des X. Bandes, und General-Register zu den Bänden XI bis XX am Schlusse des XX. Bandes der „Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft“, Wien 1880 und 1890. Von den späteren Bänden siehe die betreffenden Einzelregister. Die ersten Besprechungen stammen aus dem Jahre 1877.

Erdstall  
zu  
Ober-Stinkenbrunn  
22. 21. 217. B.

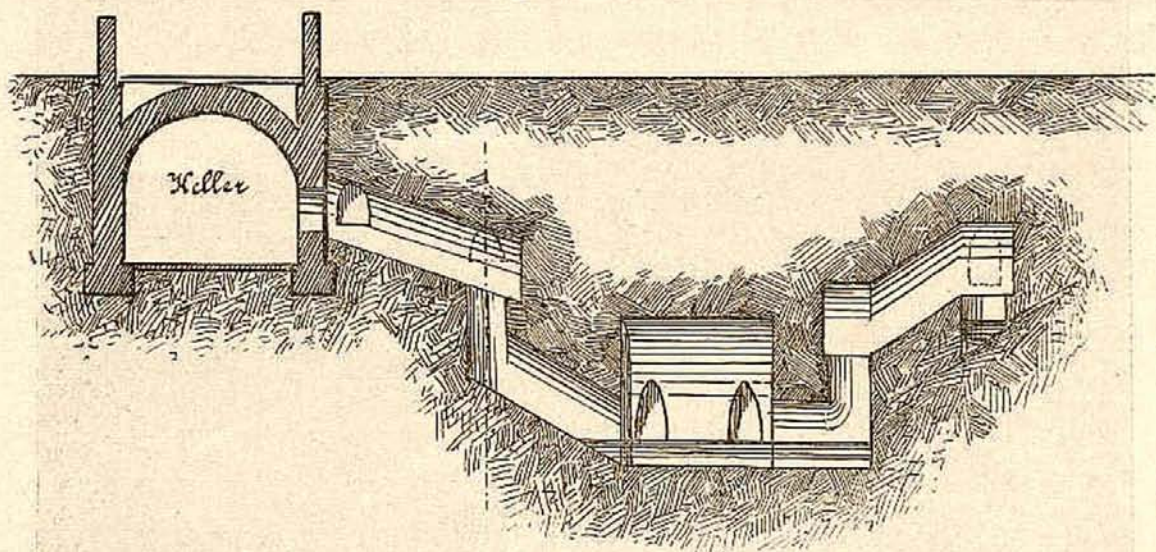


Edgar Allan Poe  
at  
Scholar's



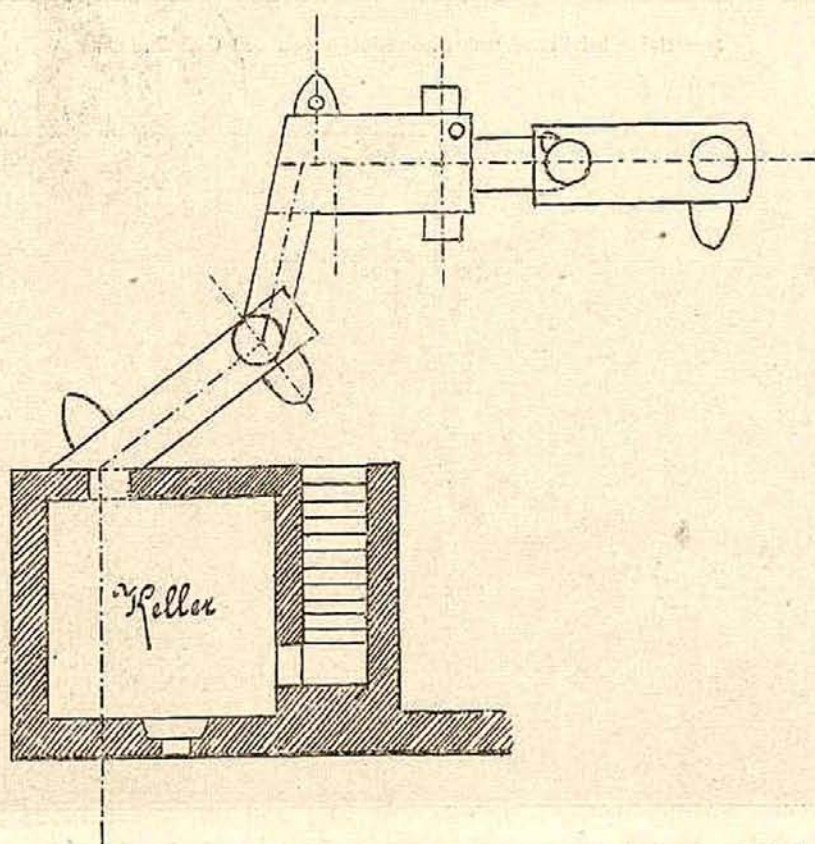
Bergwerke, darauf hin, daß sich noch mehr solche Kammern im Haunoldsgraben befunden haben, die in Folge von Deckenbruch verschüttet worden sind.

Längsschnitt



Unterirdische Gänge in Almering bei Mühldorf in Bayern.

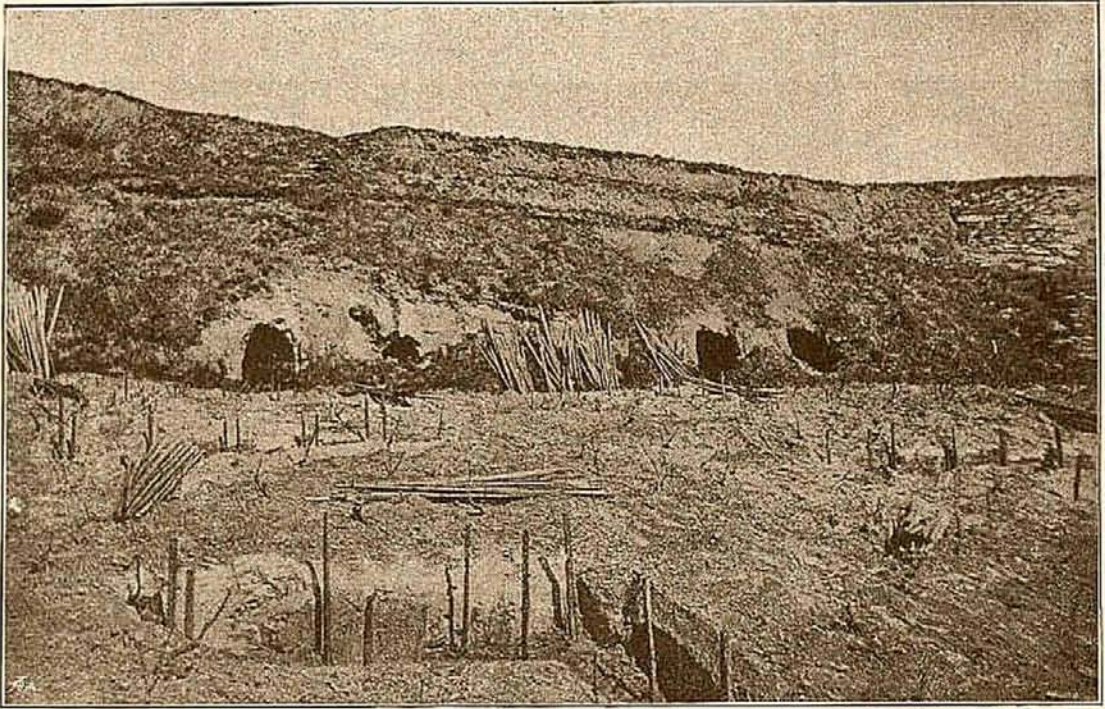
Grundriss.



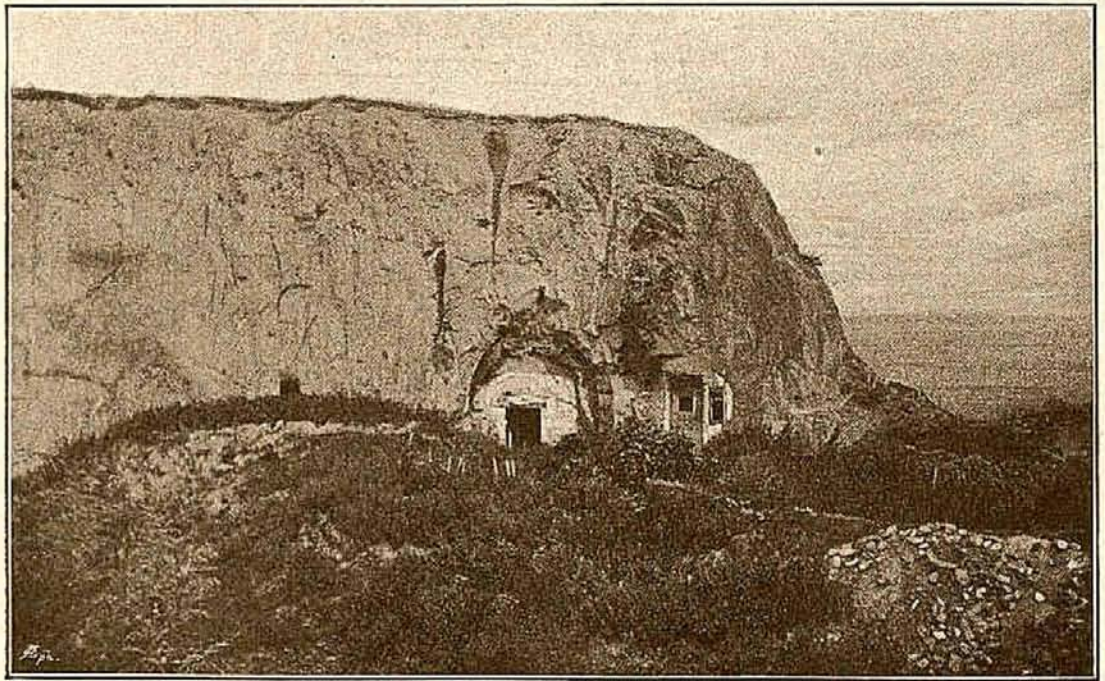
Unterirdische Gänge in Almering bei Mühldorf in Bayern.

Nur ein einziger Raum in der Form der Erdställe ist im anstehenden Urgebirgsschiefer nächst dem Dorfe Gleichenbach in Niederösterreich, etwa eine halbe Wegstunde von der ungarischen Grenze, gefunden und von Dr. G. Riehl in den „Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien“ (IX. Bd., S. 342 ff.) beschrieben worden.

Auch in Frankreich gibt es derartige Berstecke, die Abbé Danicourt in seiner Abhandlung über die Souterrains réfuges von Abbéville erwähnt. Er nennt sie „Muches“ und bringt auch den Plan der Muche de la rue Baillon<sup>1)</sup>, welche sich



Sauerlöfen bei Krems nach einer Photographie von Carl Dellapina.

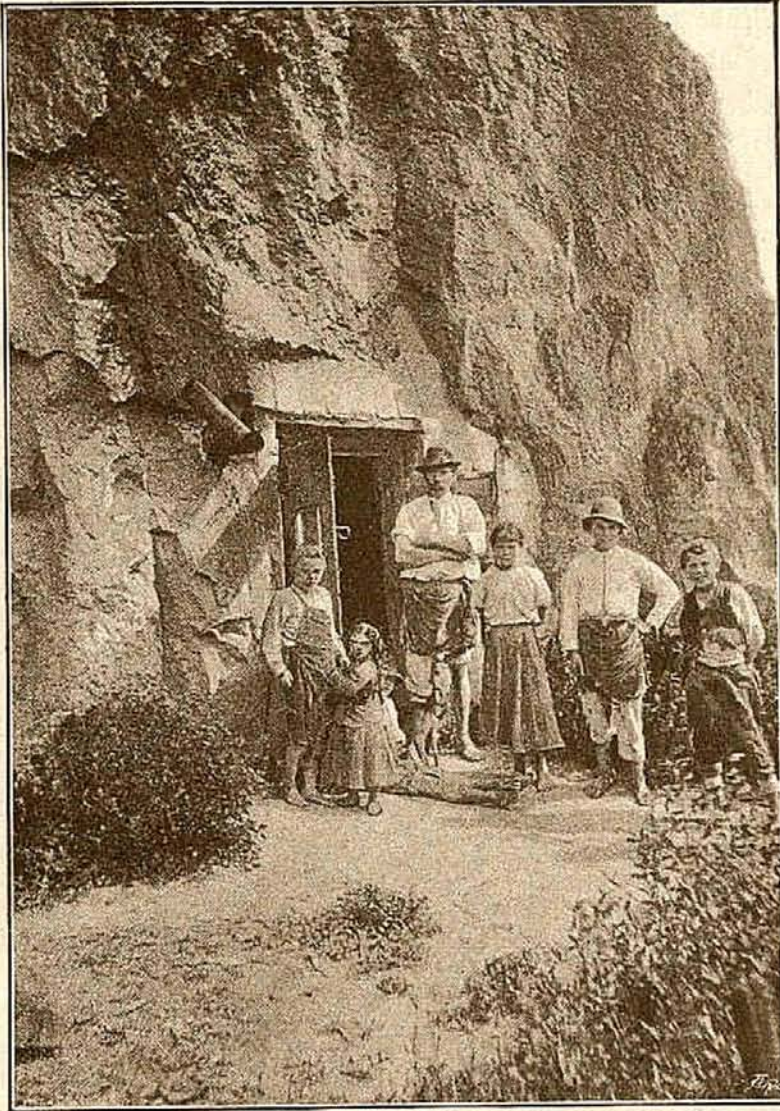


Lößwohnung im Wachtberge bei Krems nach einer Photographie von Carl Dellapina.

im Hause des Herrn Delaporte befindet. Sie enthält einen 20 Meter langen Hauptgang und vier im rechten Winkel abzweigende, kurze Seitengänge, von denen einer

<sup>1)</sup> „Bulletin de la Société d'Émulation d'Abbéville“, Abbéville 1889, mit Plänen der Souterrains réfuges und der Muche de rue Baillon.

mit Stufen versehen ist und in einem tiefer liegenden, kleinen Raume endet, in welchem man bemerkt, daß zeitweise Wasser darin stagnirt. Eine so große Regelmäßigkeit in der Form besitzen die österreichischen Erdställe nicht. Nicht alle Gänge sind gerade, sondern es gibt auch viele bogenförmig gekrümmte darunter, wie dies aus den Plänen hervorgeht, welche in den „Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien“ veröffentlicht wurden. Es mag wohl viele Erdställe in Niederösterreich geben, allein die meisten davon scheinen in Vergessenheit gerathen zu sein. Uebrigens verrathen die

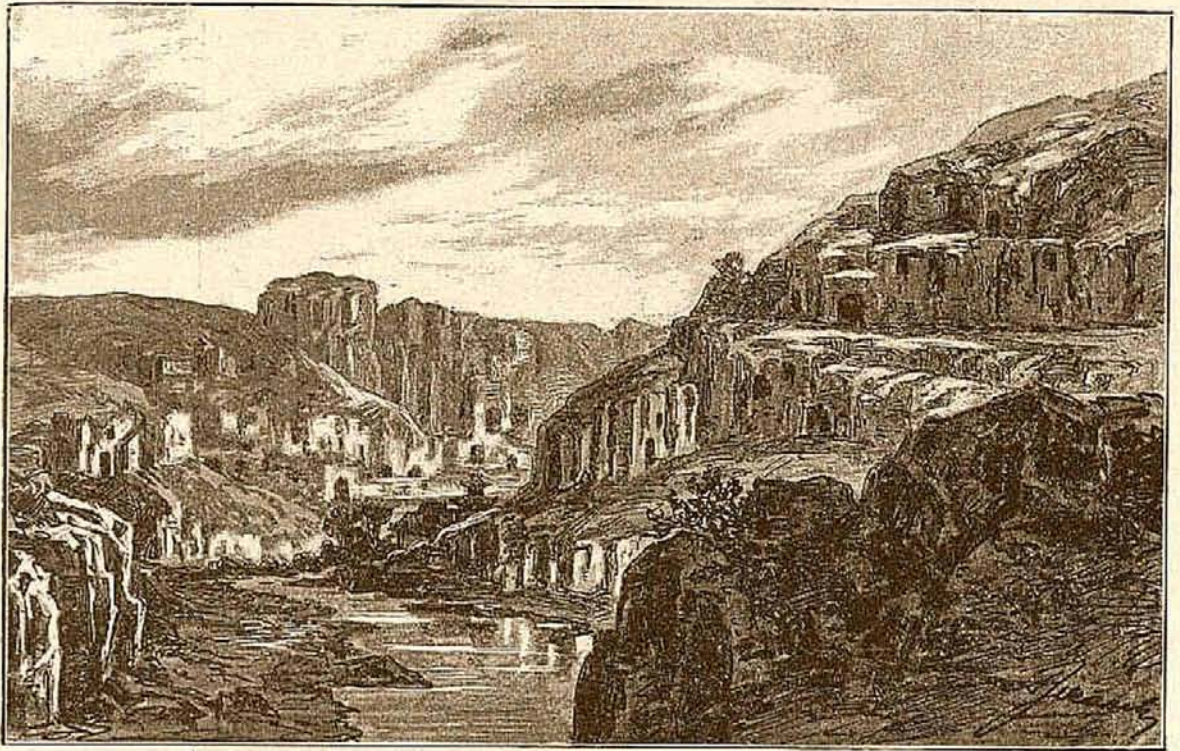


Vöhlwohnung im Wachtberge bei Krems nach einer Photographie von Carl Dellapina.

Besitzer nicht gerne die zum Hause gehörigen Verstecke wie es Pfarrer Karner, zu seinem Leidwesen wiederholt erfahren hat.

Ebenfalls in Vöß gegraben sind die sogenannten „Hauerlufen“, in denen die Wächter der Weingärten sich zur Zeit der Traubenreife aufhalten und zu förmlichen Wohnräumen ausgestattet haben. Herr Dellapina in Krems, fand im Wachtberge zwei dauernd bewohnte ehemalige Hauerlufen, welche von den Arbeitern einer nahen Ziegelei adaptirt worden sind. Die beistehenden Abbildungen zeigen diese dicht nebeneinander liegenden österreichischen Troglodytenwohnungen. In Gösing und in Niedenthal soll es deren ebenfalls geben. In der Schweiz, wo es auch derlei künstliche Höhlen gibt, hat man dafür den Ausdruck „Landdörfer“. Am Bodensee liegen die „Heiden-

löcher" (bei Goldbach). Es sind dies künstliche, ziemlich regelmäßig geformte Wohnräume mit Thür- und Fensteröffnung. Durch den Bau der Straße sind die meisten davon zerstört worden. Von den höher gelegenen existiren noch sieben Höhlen in zwei Reihen, worunter auch die sogenannte Kirche. Die Heidenlöcher sind mit Ausnahme der Kirche viereckige Kammern mit flacher Decke, welche durch ein vorspringendes Gesimse gestützt ist. Die Zeit ihrer Entstehung ist unbekannt, man weiß nur, daß sie im Mittelalter von Gesindel durch einige Zeit bewohnt waren, weshalb der weise Rath der freien Stadt Ueberlingen einen Theil der Höhlen schon 1750 zerstören ließ, was ohne besondere Mühe geschehen konnte, weil das Gestein weicher Sandstein ist. Woerl's Reisehandbuch „Baden in Wort und Bild" (Würzburg und Wien, ohne Jahreszahl) beschreibt die Heidenlöcher S. 399 bis 401, und nimmt an, daß sie aus der Römerzeit stammen.<sup>1)</sup>



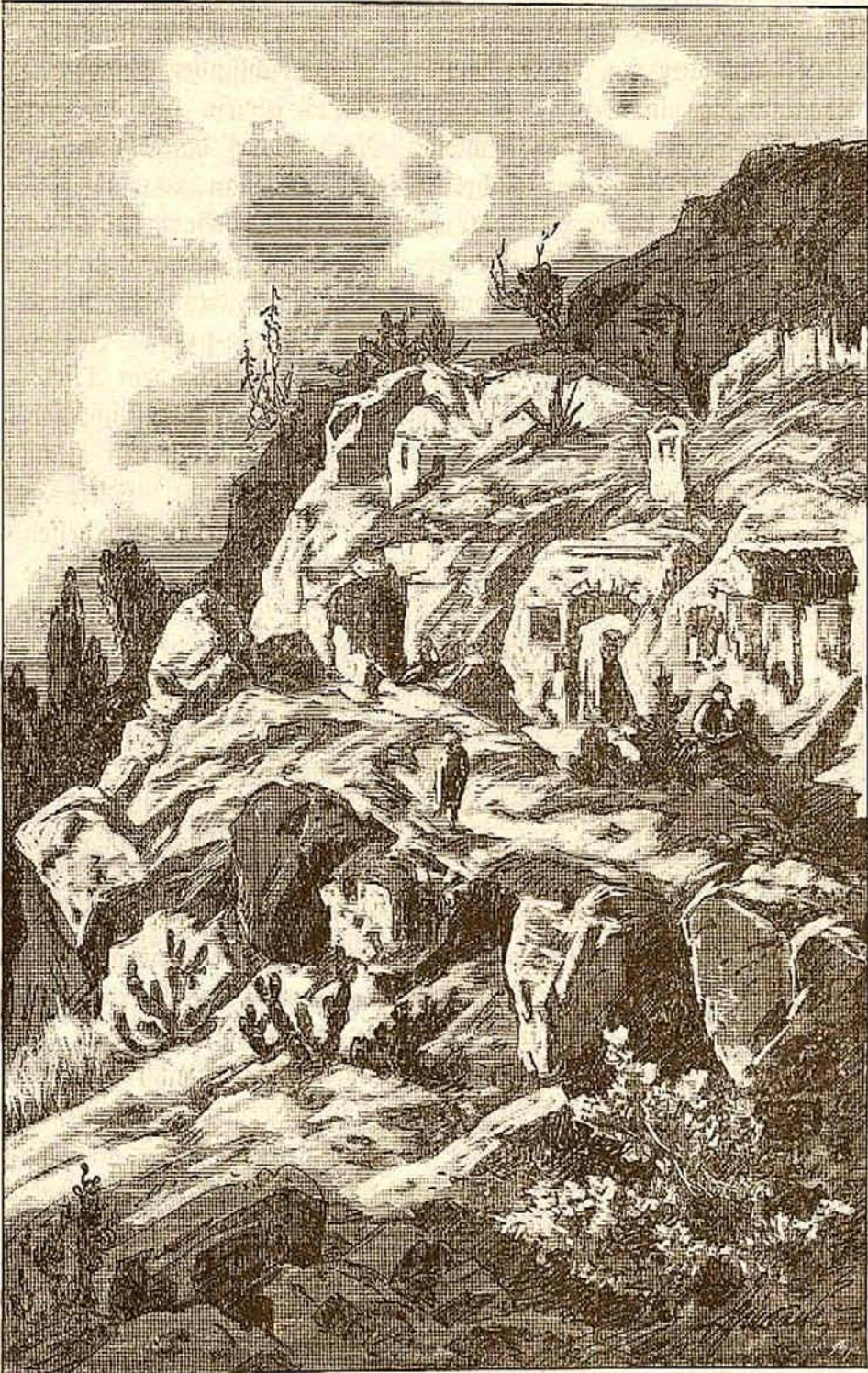
Löshwohnungen in China nach Hellwald.

Wohl die großartigste Entwicklung hat der Löß in China, und auch die größte Anzahl von künstlichen Höhlen in diesem Materiale kommt in diesem merkwürdigen Lande vor, wo die Uebervölkerung zur größten Raumökonomie gezwungen hat. Die Lößwohnungen sind von einer zahlreichen Bevölkerung bewohnt, und liegen theils einzeln, theils in großen Gruppen beisammen. Richthofen bildet in seinem Werke „China" (Berlin 1877, in 4<sup>o</sup>) derlei Wohnungen ab, desgleichen Kreitner in seinem Buche „Im fernen Osten" (Wien 1881). Auch in „Haus und Hof" von Hellwald sind S. 58, 59 und 61 Lößwohnungen in China abgebildet.

Künstliche Höhlen in Spanien erwähnt Hellwald und bezeichnet sie als „Zigeunerwohnungen". Sie liegen im Monte Sacro bei Granada. In welchem Materiale sie gegraben sind, gibt Hellwald jedoch nicht an.

<sup>1)</sup> Woerl führt mehrere Gewährsmänner an, ohne Titel und Druckort der Publicationen anzugeben. Ueber die Heidenlöcher siehe auch Oberstaatsanwalt Haager's Abhandlung in den „Schriften für die Geschichte des Bodensees, Lindau 1876, 7. Heft.

Ausgedehnte künstliche Steinbrüche, welche durch bergmännischen Abbau betrieben worden sind, boten mitunter Zuflucht in Kriegszeiten oder auch für dauernden Aufenthalt für arme Familien. Auch Schwärzer oder andere Bewohner noch verdächtigerer Art haben diese Räume als Wohnsitze benützt. Die großartigsten Steinbrüche von



Zigeunerwohnungen im Monte Sacro bei Granada.

Höhlenform sind jene im Petersberge bei Maastricht, die auch mitunter Maastrichter Höhlen genannt wurden. Ueber diese Steinbrüche, die auch gegenwärtig noch in der gleichen Weise (durch unterirdischen Abbau) betrieben werden, hat schon der Ingenieur Clerc im Jahre 1814 im Journal des Mines (p. 241) eine Abhandlung veröffentlicht.



Bory de Saint-Vincent folgte 1821 mit seinem Werke „Voyage souterrain etc.“ (Paris 1821, in 8°.), aus denen besonders die Temperaturbeobachtungen von Wichtigkeit sind, die auffallende Abnormitäten zeigen. Desgleichen ist die Oberfläche interessant, welche alle Erscheinungen eines Karstplateau's zeigt. Einige Gewölbe sind eingestürzt, was die Entstehung von Schlünden mit Steilwänden zur Folge hatte. Auch kegelförmig gelagertes Material findet sich in den Hohlräumen unter den Oeffnungen von Klüften oder von röhrenförmigen Erosionsschlünden kleinerer Dimension. Diese enden am Tage in Depressionen vom Typus der in den früheren Capiteln beschriebenen Karsttrichter (Erosionstrichter). Nach Bory de Saint-Vincent sollen aber diese Röhren älter als die Steinbrüche sein, weil man an einigen Stellen bemerken kann, daß sie in tiefere Horizonte hinabreichen, wo Bory Klüfte oder sonstige Hohlräume vermuthet, welche das Wasser aufnehmen, welches ihnen durch die geologischen Orgeln (wie er sie nennt) vom Plateau aus zukommt, und dann der Maas zuführen. An Ort und Stelle heißt man diese engen Schlote „Aerde-pyp“. Im Jahre 1798 soll Faujas de Saint Fond in Paris ein Werk in Folio unter dem Titel: „Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre de Maestricht“, veröffentlicht haben, welches (nach Bory) arge Uebertreibungen enthält. Nach Faujas soll der Hauptgang der künstlichen Höhlen im Petersberge natürlichen Ursprunges sein. Diese Höhlen sind auch durch den Fund eines merkwürdigen Sauriers berühmt geworden, dessen Schicksale einen Stoff für einen Roman abgeben könnten. Die Nester fanden endlich eine dauernde Stätte in Paris, wohin sie über Befehl des Kaisers Napoleon I. gebracht wurden.

Großartige unterirdische Steinbrüche kennt man auch in der Picardie, worunter jene von Maours bereits erwähnt worden sind. Während aber die Maastrichter Höhle hohe Hallen sind, die von mächtigen Pfeilern gestützt werden, hat man in Maours nur zwei Schichten des Kreidekalkes für abbauwürdig befunden, von denen jede etwas über einen Meter mächtig ist.<sup>1)</sup> Wo die ursprüngliche Anlage nicht durch späteren Raubbau gestört ist, haben die Räume eine merkwürdige Regelmäßigkeit, nicht nur durch ihre gleichmäßige Höhe, sondern auch durch die von den Hauptgängen abzweigenden viereckigen Kammern, welche mittelst Thüren mit den Gängen communiciren. Nur die Westseite ist unregelmäßig geformt, weil man dort in späterer Zeit auch die Zwischenwände ausgebeutet hat, welche die Alten stehen ließen. Dies führte naturgemäß zu Deckenbrüchen und auch zu Unglücksfällen, was zur Folge hatte, daß für geraume Zeit der Betrieb aufgegeben wurde. Durch Einbruch wurde auch der Eingang verschüttet, und die Existenz der Steinbrüche kam so sehr in Vergessenheit, daß sie neuerdings entdeckt werden mußten. Die Vertheilung der Räume ist aus dem auf Seite 5 beigegebenen Plane ersichtlich. Es sind jedoch alle Anzeichen vorhanden, daß noch weitere Entdeckungen gemacht werden können.

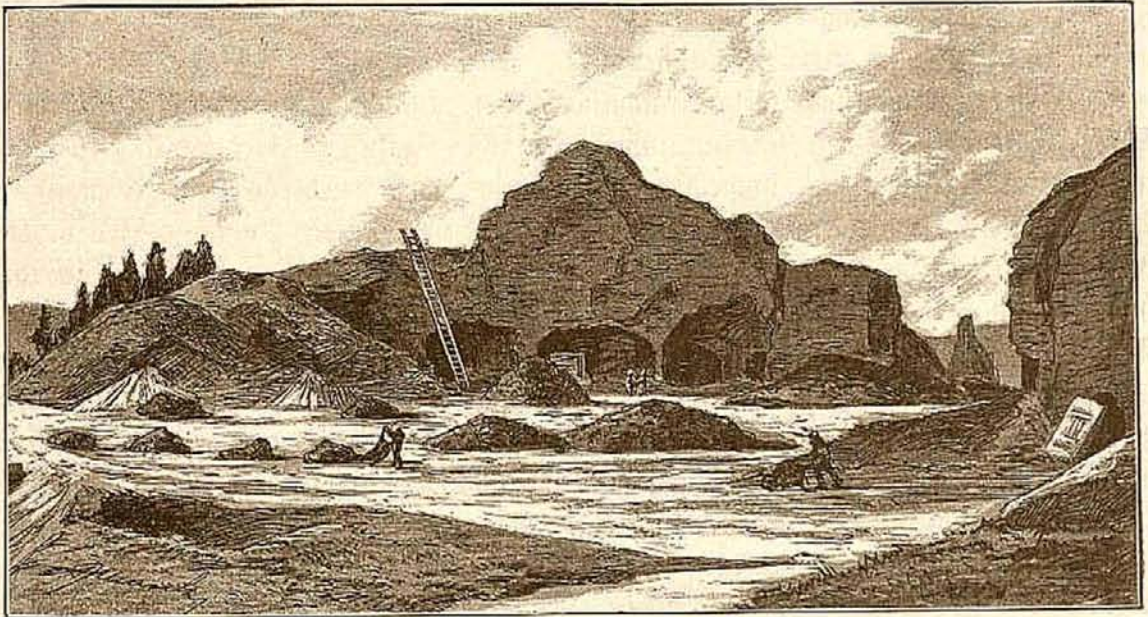
Berühmte unterirdische Steinbrüche gibt es auch in Deutschland an verschiedenen Orten. Jene von Niedermending (Mühlsteinbrüche) sind auch durch ihre Eisbildungen berühmt geworden.<sup>2)</sup> Derartige unterirdische Mühlsteinbrüche gibt es auch bei Waldshut in Baden, und solche, in denen Schieferthon für eine benachbarte Steingutfabrik abgebaut wird, bei Schramberg im württembergischen Schwarzwalde. Alle diese Steinbrüche gehören bereits in die Kategorie der Bergwerke. Sie tragen aber nicht wenig dazu bei, um, gleichwie die natürlichen Höhlen, die Orographie der

<sup>1)</sup> Siehe „Globus“, Braunschweig 1892, 61. Bd., Nr. 22.

<sup>2)</sup> Die Literatur darüber ist verzeichnet im Kataloge der Eishöhlen und Windröhren von Professor Fugger. (Siehe das Capitel: „Eishöhlen“.)

Gegend zu beeinflussen, denn durch derlei Abbauten sind schon ganze Bergkuppen verschwunden. Ein Beispiel hierfür sind die Basaltgruben am Hornerberge bei Karlsbad in Böhmen. Die untenstehende Abbildung zeigt dieselben nach einer Aufnahme im Jahre 1881. Heute ist die Stelle kaum zu erkennen, trotzdem die Steinbrüche noch keine dreißig Jahre in Betrieb stehen, wie die Umwohnenden behaupten.

Unterirdischen Abbau kannten schon die alten Griechen, die für ihre großartigen Bauten die Materialien gut zu wählen verstanden. Ein ausgedehnter, höhlenartiger Steinbruch befindet sich nächst dem Dorfe Pronia bei Nauplia. Auch die berühmtesten Latomien von Syrakus sind Steinbrüche, die in Höhlenform gestaltet sind. Eine dieser künstlichen Höhlen ist das vielfach wegen seiner Akustik geschilderte „Ohr des Dionisios“. Auch die Eisensteingruben von Danemora und die vielen anderen Tagbauten gehören hierher. Die sogenannten Katakomben auf der Insel Cerigo (Rhythera), sowie das angebliche Labyrinth bei Knossos auf der Insel Kreta sind nichts Anderes als Steinbrüche, in denen man gewisse, besser brauchbare Schichten herausgenommen



Basaltbruch am Hornerberge bei Karlsbad.

hat und das Hangende unberührt ließ, um die Abräumungsarbeit zu ersparen, gerade so, wie man in Bergwerken oft der Kostenersparniß wegen Pfeilerbau betreibt, was besonders bei Kohlenwerken häufig vorkommt. Bei nesterförmiger Lagerung des abzubauenden Materials werden oft großartige Räume geschaffen. Einzelne Gipsgruben haben Hallen von bedeutender Höhe, desgleichen die Salzbergwerke. Gangförmige Erzlager zwingen häufig dazu, förmliche Tunnels anzulegen, die von einem Thale in das andere reichen. Alte, aufgelassene Bergwerke pflegen leicht in Vergessenheit zu gerathen, wenn sie keinen Erfolg hatten oder wenn nicht die Sage die Erinnerung daran wach hält. So z. B. sind die Schinitzhöhle bei Kapfenberg in Steiermark und das Goldloch bei Hallstadt in Oberösterreich, trotzdem sie als natürliche Höhlen gelten, doch nur Schurfstollen aus dem vorigen Jahrhundert, wie man dies aus den Bergbüchern beweisen kann. Die an beide Höhlen geknüpften Sagen scheinen daher eingeschleppte zu sein. Es zeigt dies aber, wie vorsichtig man bei der Höhlenforschung zu Werke gehen muß, weil Sage und Tradition manchmal zu ganz gefehlten Schlüssen verleiten können.

Sehr alte, künstliche Höhlen gewinnen durch Verwitterung und Nachbruch leicht das Ansehen von natürlichen Höhlen. Die aus der Zeit Alexander's des Großen (circa 330 v. Chr.) stammenden Schachte nächst dem Kopaissee in Griechenland (auch als Schachte des Krates in der Literatur bezeichnet) haben bereits ganz das Ansehen von natürlichen Schründen und sind einige davon auch bereits durch Einschwemmung oder Verbruch ausgefüllt. Ueber die ursprüngliche Zahl derselben hat man keine sicheren Angaben. Warum Krates die Herstellung eines Emissars für den See auf einem so umständlichen Wege versucht hat, ist schwer zu enträthseln. Wahrscheinlich durfte er den heiligen Teich Anchoë nicht antasten, und darum wollte er einen vollständig künstlichen Durchbruch durch den Gebirgsrücken machen, wie er (allerdings an einer anderen Stelle) seit Kurzem durch eine französische Gesellschaft vollendet worden ist.<sup>1)</sup> Dem römischen Kaiser Claudius ist übrigens die Fertigstellung eines Emissars für den Fuciner-See gelungen. Es heißt, daß 30.000 Mann an dem 5600 Meter langen Stollen durch elf Jahre gearbeitet hätten. Die erwartete Wirkung wurde jedoch nicht vollständig erzielt, was erst 1800 Jahre später dem Fürsten Torlonia gelang. Die Länge des verbesserten Emissars beträgt 6303 Meter und sein Querschnitt 20 Quadratmeter.

Südditalien hat noch mehrere ähnliche Werke aus dem Alterthume aufzuweisen. So z. B. den bekannten Straßentunnel, den die Italiener „Grotta di Posilipo“ nennen, und dessen höchst ungleiche Dimensionen schon wiederholt zur Vermuthung Anlaß gegeben haben, daß man es nur mit einer vom Kaiser Augustus (31 v. Chr. bis 14 n. Chr.) angeordneten Erweiterung einer schon bestehenden Kluft zu thun habe, die in gerader Linie 735 Meter mißt. Im selben Berge wird noch eine zweite Tunnelanlage erwähnt, welche „Grotta della Pace“ genannt wird. Nach Strabo soll Agrippa, der Schwiegersohn des Kaisers Augustus, durch diese Anlage einen Verbindungsweg nach Kumä hergestellt haben. In der Umgebung befinden sich noch mehrere künstliche Höhlen, wie die „Grotta di Sciano“, welche ebenfalls für Communicationszwecke geschaffen worden sein soll. Näheres darüber findet man in jedem Reisehandbuche von Südditalien. Die Grotte der Sybilla nächst dem Avernus-See beginnt mit einem Ziegelbaue und ist weiterhin in Felsen gehauen. In ihr entspringt eine warme Quelle. Auch auf der Insel Sicilien soll es bei Sciacca künstliche Höhlen mit Inschriften aus der Römerzeit geben. Das Capitel der künstlichen Höhlen ist, wie man sieht, nicht uninteressant, und dieser Zweig der Höhlenforschung verdiente wohl durch eigene, mit der alten Geschichte gut vertraute Specialforscher betrieben zu werden.

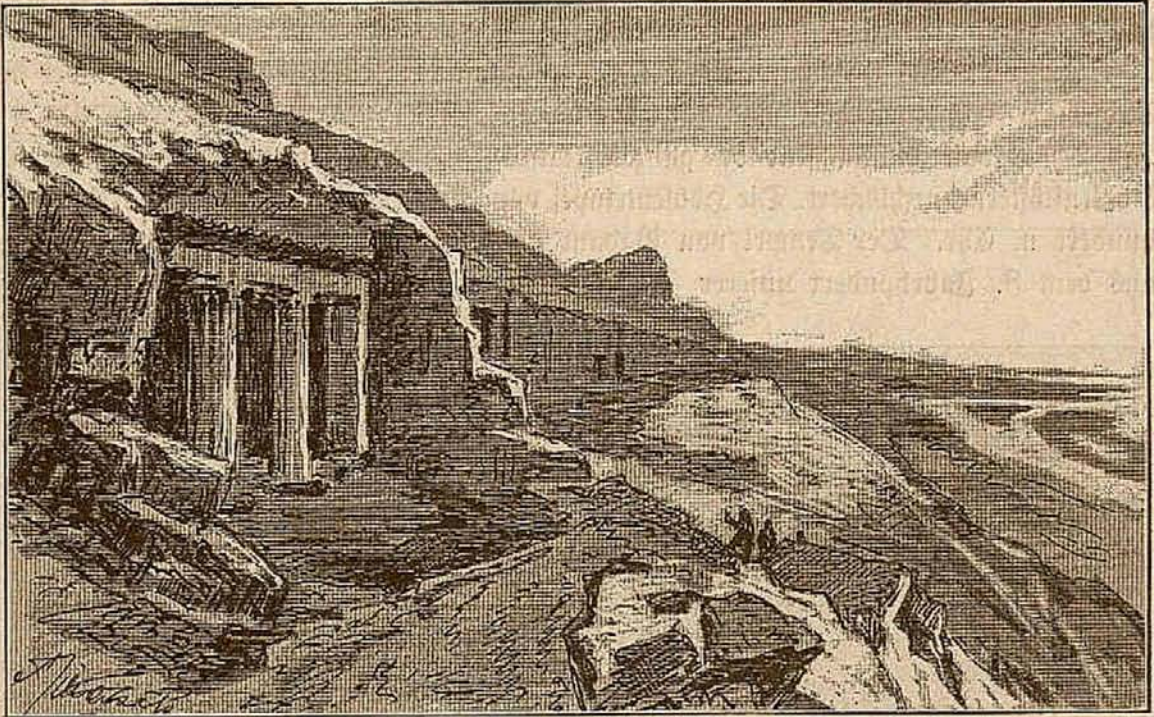
Solcher bedarf es namentlich für die Grabhöhlen und Höhlentempel von Aegypten, Indien, Anatolien etc. Die anatolischen Höhlen sollen nach den neuesten Forschungen<sup>2)</sup> theils künstliche bewohnte, theils künstliche Grabhöhlen sein, deren Anfertigung aus verschiedenen Zeitaltern stammt und deren Zahl enorm ist. Die syrischen Grabhöhlen wurden bereits in den früheren Abschnitten erwähnt. Ueber die ägyptischen besteht eine sehr reiche Literatur. Lepsius und Brugsch haben viel zur Kenntniß der künstlichen Höhlengräber beigetragen und in Werken und Fachzeitschriften darüber publicirt. Die Funde von Särgen in den natürlichen Höhlen der libyschen Wüste betrachtet Brugsch als einen Beweis, daß dieselben aus den Gräbern entnommen und in diese Verstecke

<sup>1)</sup> Eine Ausräumung der Megale Katabothra hätte denselben Zweck erfüllt und hätte viel weniger Zeit und Geld gekostet.

<sup>2)</sup> „Vom goldenen Horn zu den Quellen des Euphrat“, München und Leipzig 1893, in 8°.

bei feindlichen Invasionen gebracht worden seien. Seine letzten großen Entdeckungen hat er in einer solchen natürlichen Höhle gemacht.

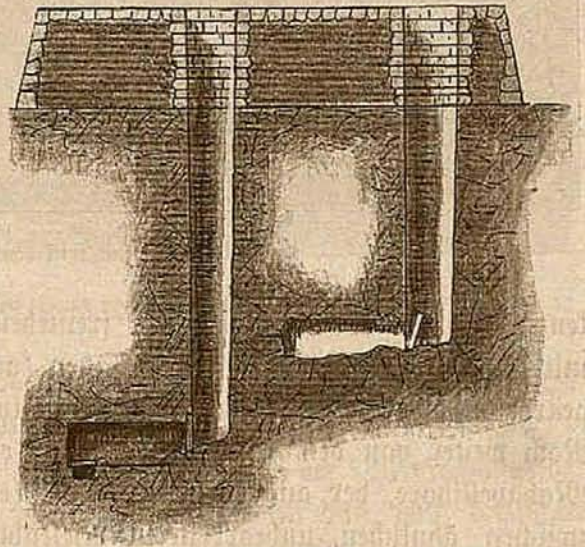
Sehr interessante Daten über ägyptische Grabstätten enthält auch das Werk „Aegypten“ von Adolf Erman (Tübingen, ohne Jahreszahl). In demselben wird



Felsengrab von Beni Hassan in Aegypten.

(S. 41) die große Todtenstadt von Theben erwähnt. Zahlreiche Gräber von Angesehenen liegen in den Felswänden nächst der Stadt (am linken Nilufer). Die großen Königsgräber aber liegen in der Schlucht, die Bibân el molük genannt wird.

Das Felsengrab von Beni Hassan, welches oben abgebildet erscheint, ist nach Lepsius' „Denkmäler aus Aegypten und Aethiopien“ reproducirt, dem auch die weitere Angabe entnommen sein dürfte, daß sich auch an anderen Stellen dieser Bergwand (bei Zawijet el meitin und Gum el ahmar) alte, wichtige Felsgräber befinden. Von den Felsgräbern unterscheiden sich wesentlich die sogenannten Mastaba's, deren oberer Theil aus einem festungsartigen Mauerwerke mit ebener Plattform besteht, in welchem sich eine Cultuskammer befindet, die mit dem eigentlichen Grabraume in keiner Verbindung steht. Die

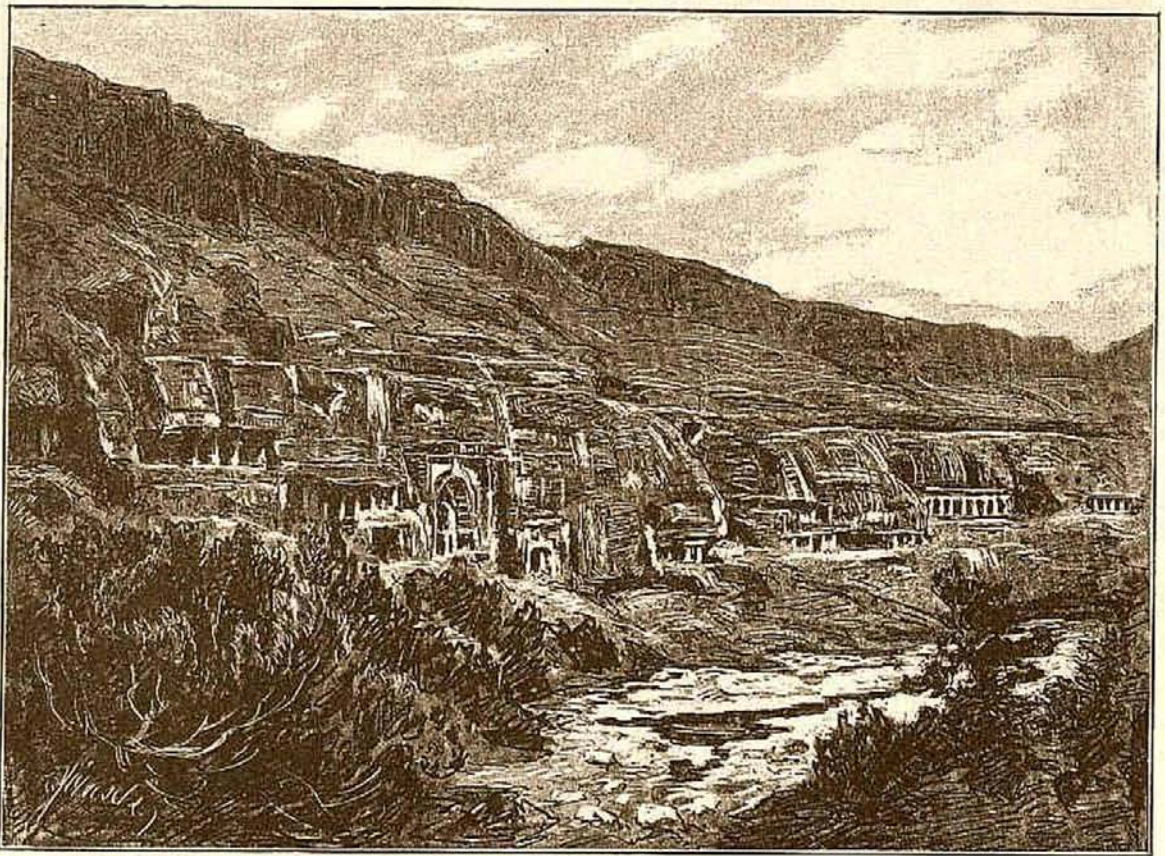


Mastaba.

Grabkammer liegt in einem Raume, der sich tief unter der Erdoberfläche befindet und der mit thürartigen Steinplatten verschlossen ist. Der Zugang findet von der Plattform aus durch einen senkrechten Schacht statt, der im Felsen ausgemeißelt ist. Es befindet sich in einem jeden dieser Mauerblöcke zumeist nur ein solcher Schacht,

manchmal aber auch zwei. In letzterem Falle stehen aber weder die Schachte noch die Grabkammern miteinander in Verbindung, wie es die Abbildung S. 189 zeigt, welche dem angegebenen Werke entnommen ist. Nach Erman ist dies eine ideale Reconstruction von Chipiez.

Jüngerem Datums als die ägyptischen Höhlenbauten sind die indischen Höhlentempel. Das in Felsen gehauene buddhistische Kloster Bhaja nächst Karli soll 200 Jahre v. Chr. errichtet worden sein. Sämmtliche Klöster und Felsentempel der Umgebung von Karli hält man für ziemlich gleichalterig (2. Jahrhundert v. Chr.).<sup>1)</sup> Im Thale von Ajunta sind die ganzen Flanken des Berges mit Höhlentempeln und Höhlenklöstern durchlöchert. Die Höhlentempel von Ellora datiren vom 8. bis 16. Jahrhundert n. Chr. Der Tempel von Badani stammt aus dem 6., jene von Elephanta aus dem 8. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Eine besondere Gattung von Felsen-



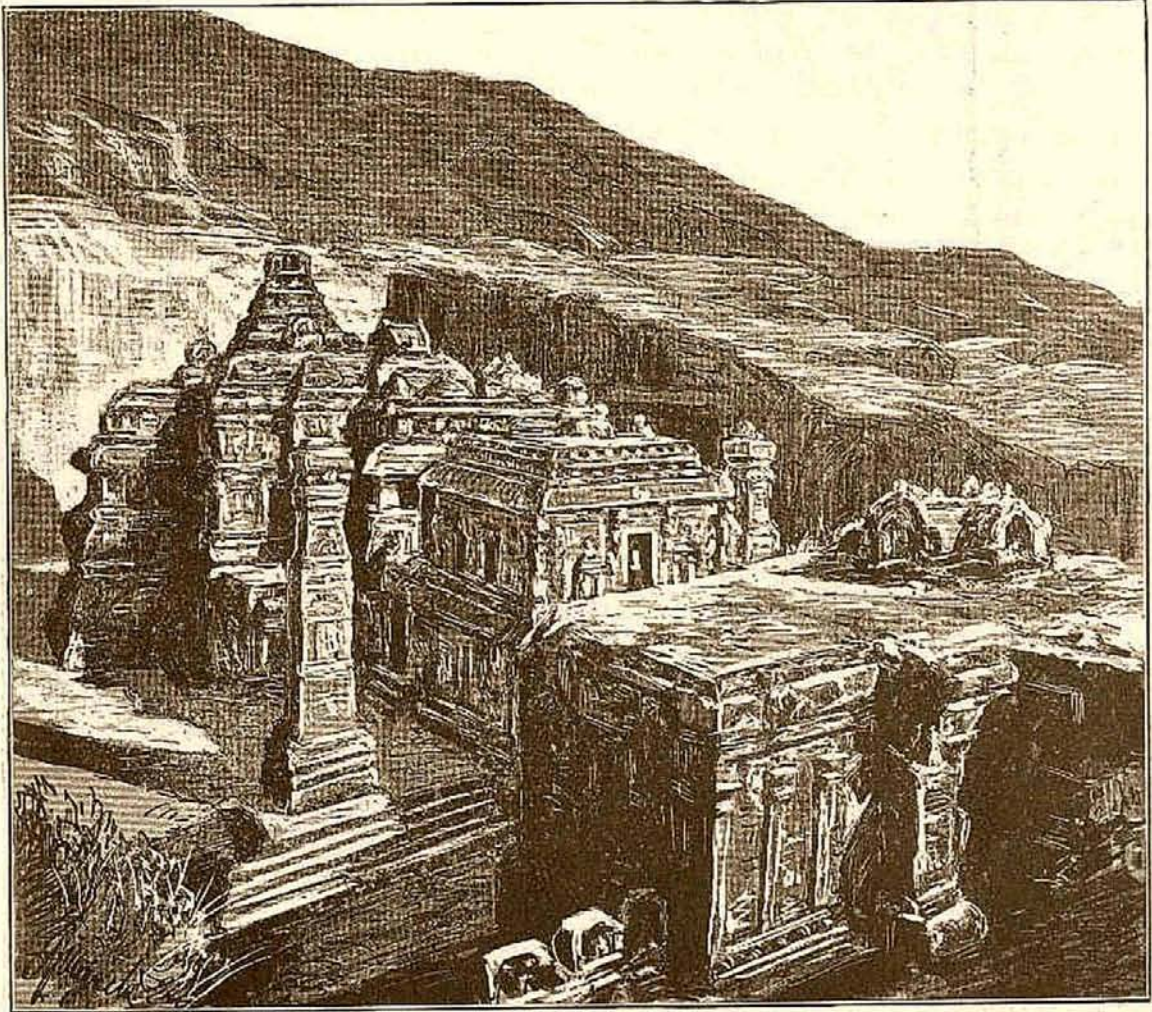
Die Felsentempel von Ajunta nach Le Bon.

tempeln bildet der monolithische, freistehende Tempel von Ellora, der im Ganzen, mit allen seinen thurmartigen Aufsätzen (aus einem Stücke) aus dem Felsen herausgearbeitet worden ist. Auch seine Errichtung wird auf das 8. Jahrhundert gesetzt. Noch weiter von den künstlichen Höhlen entfernt sich der monolithische Tempel von Mahabellipore, der, aus einem Findlinge (erratischem Blocke?) herausgearbeitet, mitten zwischen ähnlichen, unbearbeiteten Niesenblöcken liegt.<sup>2)</sup> Der jüngste unter den erwähnten Tempeln, der unterirdische Indratempel von Ellora (16. Jahrhundert), hat eine Façadenhöhe von 11 Meter 20 Centimeter und im Innern eine Höhe von nur 2 Meter 60 Centimeter. Die Tempel von Elephanta sind weit höher.

<sup>1)</sup> Nach: Dr. Gustav Le Bon: „Les Civilisations de l'Inde“, Paris 1887, mit zahlreichen Abbildungen.

<sup>2)</sup> Abbildungen bei Le Bon, l. c., S. 431, Fig. 178, und S. 433, Fig. 179.

Emil Schlagintweit bildet in seinem Werke: „Indien in Wort und Bild“ (Leipzig 1880) eine Anzahl von Höhlentempeln Indiens ab. Ueber dieses Thema siehe auch: „Archeological Survey of India“ (Calcutta 1873) und: Ferguſſon's „Illustration of the work-rut Temples of India“ (London 1845). Ferguſſon unterſcheidet zwischen: Wihāra oder Kloſterhöhlen und Dſchaitya oder Höhlen und Höhlenbauten der Brahmanen und der Dſchainias. Im Kaneri-Hügel auf Salſete ſollen allein bei 20 Höhlentempel ſein. Auch Heſſwald bildet in ſeinem Buche „Haus und Hof“ (Leipzig 1888), S. 365 und 366, Felsentempel von der Inſel Elephanta ab. Die Felsentempel von Elephanta gehören wegen ihrer leichten Erreichbarkeit von

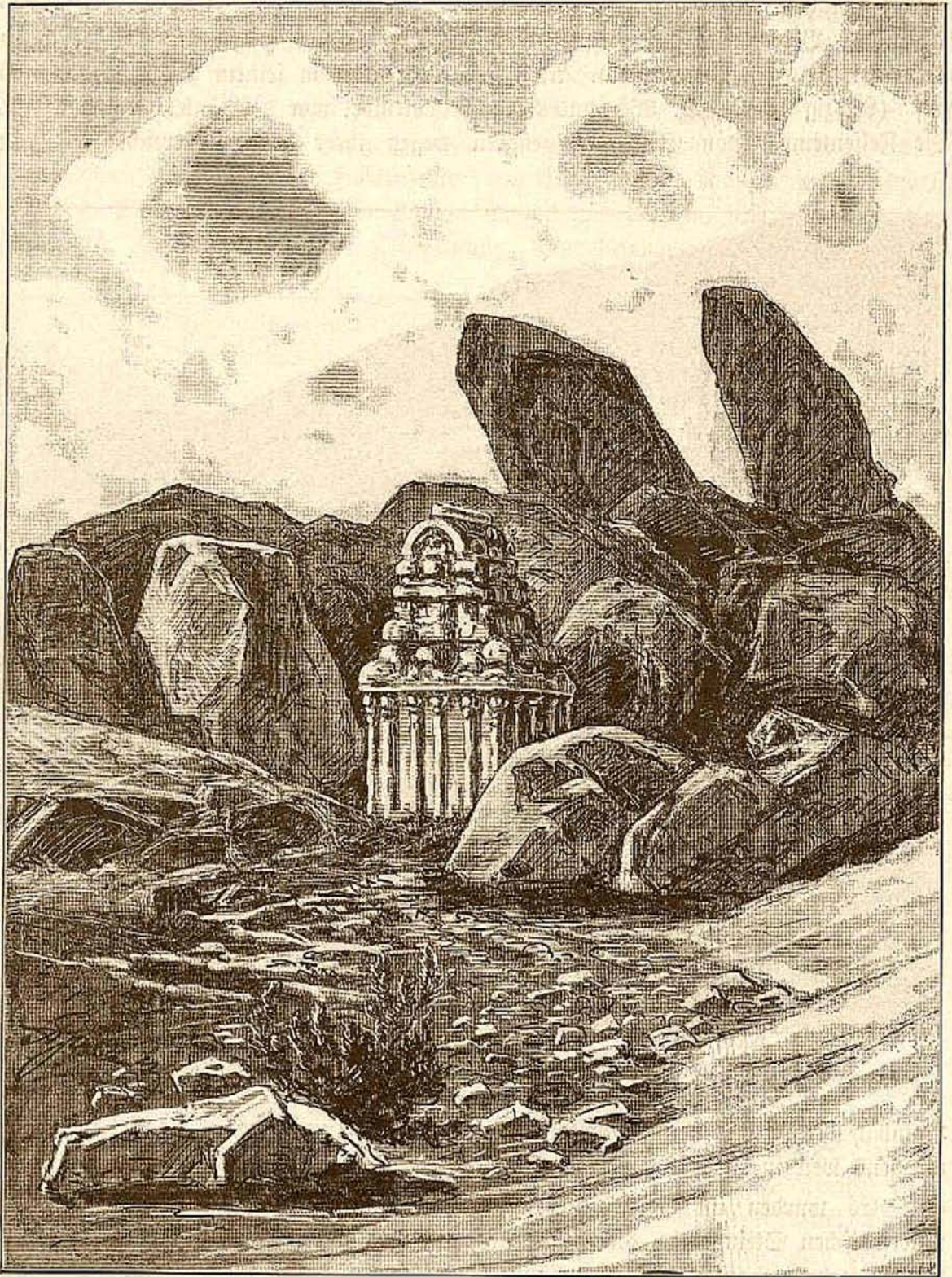


Aus dem Fels gemeißelter Tempel von Ellora in Indien. Nach Le Bon.

Bombay aus zu den meiſt beſchriebenen. Höhlentempel und Gräber mag es in Indien übrigens weit mehr geben, als man glaubt.

Es wurden im Vorſtchenden auch bereits gelegentlich der Beſprechung der unterirdiſchen Steinbrüche die Labyrinth erwähnt und betont, daß das berühmte kretische Labyrinth nicht mit jenen künstlichen Höhlen identiſch iſt, die man heute dafür ausgeben will. Alle Labyrinth, von denen uns die antike Geſchichte erzählt, waren oberirdiſche Bauwerke, wie dies auch aus den betreffenden Geſchichtsſtellen deutlich hervorgeht. Auch die meiſten Katakomben dürften kellerartige, gemauerte Bauwerke geweſen ſein, oder alte Steinbrüche, die ſich für Grabſtellen gut eignen mochten. Leider berücksichtigen die Literaturangaben viel zu wenig das, was den Höhlenforſcher

vorzüglich interessirt, das heißt den Antheil, welcher auf natürliche oder künstliche Höhlen entfällt. Berühmte Katakomben besitzt Italien; jenen von Syrakus schreibt man ein sehr hohes Alter zu, wegen ihrer Aehnlichkeit mit phöniciſchen Grabkammern.



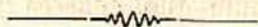
Monolithischer Tempel von Mahabalipuram in Indien. Nach Le Bon.

Die ältesten Christen sollen schon hier ihre Todten bestattet haben. Als die großartigsten in der Anlage, die jene von Rom weit übertreffen, gelten die Katakomben von Neapel, von denen nur mehr die beiden oberen Abtheilungen erhalten sind. Die

unterste Abtheilung soll verschüttet worden sein. Die Nischen, in denen die Todten bestattet worden sind, werden in Italien „Loculi“ genannt. In Palermo sind im Jahre 1785 ebenfalls ausgedehnte Katakomben entdeckt worden. Bei Venosa (zwischen Neapel und Bari) hat man solche mit hebräischen, lateinischen und griechischen Inschriften gefunden. Einigen Katakomben schreibt man eigenthümliche Eigenschaften zu, wie z. B. den „Caveaux des Cordeliers“ in Toulouse (Frankreich), in denen die Leichen mumienartig vertrocknen.

Als die künstlichsten unter den künstlichen Höhlen dürfen wohl die Gartengrotten bezeichnet werden, denen zu Liebe manche natürliche Höhle ihres schönsten Schmuckes beraubt worden ist. Sie fehlen in keiner größeren Gartenanlage von der Renaissance bis zur Zopfzeit, und bildeten lauschige, kühle und verborgene Orte, die ganz geeignet waren, um Träumereien nachzuhängen, wenn man die Sache vom günstigsten Standpunkte betrachten will. Häufig findet man künstliche Wasserfälle oder Wasserbecken in denselben. Die Gartenanlagen des Schlosses Würzburg enthalten allein sechs künstliche Grotten. Fast in keinem Parke der Regentenschlöffer fehlt die künstliche Grotte, und selbst einzelnen Sälen in den Schlössern gab man das Ansehen von Grotten. Der Vollständigkeit halber mußten sie erwähnt werden; sie hätten aber ebenfalls übergangen werden können wie die in prähistorischer Hinsicht sehr wichtigen, für den Höhlenforscher aber unwichtigen Wohngruben, welche in einfachen Erdaushebungen bestanden, die wahrscheinlich in der Art der Zigeuner-Grubenwohnungen überdacht worden sind. Das mehrerwähnte Lehrbuch von Dr. Moriz Hörnes: „Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft“, Wien 1892, bringt über die Wohngruben ausführliche Nachricht, was für jene Leser hinzugefügt sei, die sich ausschließlich mit der anthropologisch-prähistorischen Richtung der Höhlenforschung zu befassen beabsichtigen.

Unter die künstlichen Höhlen wären auch noch jene Stollen zu rechnen, welche zur Erschließung von Quellen, besonders von Heilquellen, abgebaut wurden. Gastein besitzt einen solchen, sehr alten Quellenstollen, der vor seiner Auskleidung mit Cement der einzige Fundort des „Reißacherit“ (eines pulverförmigen, manganhaltigen Minerals von dunkelbrauner Farbe) war. Der sogenannte „Ursprung“ in Baden (bei Wien) ist ein Römerstollen, an dessen Ende die heißeste Schwefelquelle entspringt. Auch die Galerien von Tivoli können hierher gerechnet werden. Durch unsere Eisenbahnbauten wurden zahlreiche Berge durchbohrt, welche späteren Forschern vielleicht ebenso Anlaß zu Mißverständnissen geben werden, wie die alten, vergessenen Straßenzüge aus der Römerzeit sie den heutigen schon bieten. Auch Straßentunnels gibt es in großer Zahl (Straße von Riva nach Vedro — nächst der Bresenylkause im Thale der steirischen Salza — um den Sonnenstein am Gmundnersee; Loibelstraße in Krain etc.) und selbst Flüsse wurden durch Tunnels abgeleitet. Fürwahr, an Mannigfaltigkeit fehlt es nicht bei den künstlichen und künstlich erweiterten, natürlichen Höhlen!





## IX. Capitel.

# Das Ende des Höhlenbildungs- processes.

### A. Ausfüllung der Höhlen.

Es wurde schon in den vorigen Capiteln mehrfach darauf hingewiesen, daß die Innenräume der Höhlen vielfachen Veränderungen unterworfen sind. Durch Deckenbruchstücke wird ihr Boden immer mehr aufgefüllt, und die Höhle nähert sich der Oberfläche. Wo genügendes Gefälle vorhanden ist, kann bei Wasserhöhlen auch das Gegentheil vorkommen, der Höhlenbach gräbt sich immer tiefer ein, und die Höhle wird höher und kluftförmiger, ohne daß von der Decke sich einzelne Partien abzulösen brauchen. Eine solche Höhle ist jene von Bramabiau (Wasserhöhle des Bonheurflusses) in Südfrankreich (siehe S. 47). Wo das stärkere Gefälle aufhört, werden die losgelösten, oder von weiterher mitgeschwemmten Materialien deponirt, gerade wie dies bei oberirdischen Flüssen an Stellen mit geringem Gefälle der Fall ist. Bleibt dann der Fluß aus, das heißt: verlegt er sein Bett aus irgend einer Ursache, so wird die Höhle zu einer trockenen Grotte und die Anschwemmung bleibt dauernd liegen. Nach den Untersuchungen von Dr. Martin Kriz beträgt die Höhe der Aufschüttung in den Slouperhöhlen (in Mähren) bis zu 24 Meter. Um diesen Betrag waren die Räume einst höher. Szombathy nimmt einen Zustand der Ruhe zwischen der Bildungs- und Zerstörungszeit an, was jedoch nur insoferne richtig ist, als die zu trockenen Grotten gewordenen Erosionshöhlen nicht mehr den heftigen Angriffen der Höhlenbäche ausgesetzt sind, und für sie eine Zeit relativere Ruhe eingetreten ist. Ein absolutes Stadium der Ruhe kennt die Natur ja nicht. Alles ist in einer fortwährenden Umbildung begriffen, und wo eines dieser Umbildungsmomente außer Action tritt, kommt sofort ein anderes an seine Stelle.

Die Einschwemmung beginnt schon zur Zeit, als die Höhle sich noch bildet, wie oben nachgewiesen worden ist. Ueber jene Schichten, die oft mehrfach hin- und hergeschwemmt worden sind bis sie zur Ruhe kamen, lagern sich dann in den trocken gewordenen Grotten andere, jüngere Schichten ab. Hochwässer bringen durch die Mündung periodisch ein und deponiren ihre Sedimente, die in Form von Lehm zurückbleiben. Durch weitere Klüfte wird Sand oder Erde durch die Decke eingeschwemmt, und man unterscheidet diese leicht durch ihre kegelförmige Lagerung unterhalb der Klüfte. Weiters kommt darüber Kalkschlamm aus engeren Klüften, oder kalkhaltiges Wasser überzieht den Boden mit einer Sinterdecke. An der Decke bilden sich in Höhlen im Kalksteine Stalactiten, und Stalagmiten wachsen vom Boden empor. Wo Querklüfte die Höhle durchsetzen, wird ein förmlicher Abschluß durch die Tropfsteinbildung erzeugt. Hinter diesem füllt sich der Raum successive mit vom Tage durch Klüfte eingeschwemmtem

Erdreiche und mit den bei der Auflösung des Kalkgesteines zurückbleibenden unlöslichen Bestandtheilen desselben, und so „verwächst“ — wie der Ausdruck lautet — die Höhle gänzlich.

Die Ausfüllungsmaterialien sind manchmal ganz merkwürdiger Art. Es gibt Höhlen, in denen das Ausfüllungsmaterial ein so fremdartiges ist, daß man seine Anwesenheit in der Höhle kaum zu erklären vermag. Ein Beispiel dieser Art ist das Koppenbrüllerloch im oberösterreichischen Salzkammergute, in dem ein Conglomerat vorkommt, welches Quarz- und Sferinkörner enthält. Die Höhle liegt mitten in einer triadischen Kalkzone, in welcher es solche Materialien anstehend nicht gibt. Allerdings ist ein ähnliches, sandiges Conglomerat im nahen Koppentunnel entdeckt worden, aber auch da befinden sich diese, dem krystallinischen Gebirge angehörigen Mineralien jedenfalls auf secundärer Lagerstätte. Ein eben solches Räthsel sind die in der Sguba jama nächst der Jerzanova dolina bei Adelsberg entdeckten sandigen Ablagerungen, welche aus Quarzkörnern, Glimmerblättchen, einer satinoberartigen Erdart und zahlreichen Bruchstücken von Muscheln der Tertiärformation bestehen (siehe S. 53). Diese Ablagerung ist unzweifelhaft das Zersekungsproduct einer vollkommen zerstörten Gebirgsart. Es gibt aber weit und breit keine Gebirgsart, welche ein derartiges Zersekungsproduct zu liefern im Stande wäre, und das Räthsel dieses Vorkommens läßt sich wie bereits erwähnt, nur mit Hilfe der Theorie von G. Stache (dem jetzigen Director der k. k. geologischen Reichsanstalt) lösen, welcher die Entstehung der sogenannten Terra rossa dadurch erklärt, daß er annimmt dieselbe sei aus einem derzeit erodirten pyritreichen Gestein entstanden, und befinde sich am Karste derzeit auf secundärer Lagerstätte. Auf ähnliche Weise kann auch die Ablagerung in der Sguba jama entstanden sein. Das Gestein, welches das Zersekungsproduct geliefert hat und welches (nach den Muschelresten zu urtheilen) über der Kreideformation lag, mag vollständig erodirt sein; sein Zersekungsproduct aber wurde durch die Einschwemmung in die Höhle erhalten, und dadurch lassen sich wieder Schlüsse ziehen auf die vormalige Ueberlagerung der Kreideformation am Karste.

In solchen Höhlen, die von Thieren oder von Menschen bewohnt waren, kommen wieder andere Ausfüllungsmaterialien vor. In der Gailenreuther Höhle sind die tieferen Partien mit Knochen, Gesteinsbrocken, Lehm und einer dunklen Erdart hoch aufgefüllt. Die Knochen gehören Thieren der diluvialen Fauna an, der Lehm ist eingeschwemmt und die dunkle Erde wird von Gümbel als thierische Erde bezeichnet. In der von Hochstetter untersuchten und theilweise ausgebeuteten Kreuzberghöhle bei Laas (in Krain) befanden sich die meisten Knochen in einem Lehmberge, dessen Oberfläche an verschiedenen Stellen mit Tropfsteinbildungen überkleidet war. Von einer thierischen Erde erwähnt Hochstatter nichts.<sup>1)</sup> Auch durch menschliche Anwesenheit häufen sich Schichten eigenthümlicher Art an, welche den Boden der Höhle erhöhen helfen. Man nennt sie Kulturschichten. Es sind dies die Ueberbleibsel organischer oder anorganischer Stoffe, welche von den Bewohnern in die Höhe getragen wurden, um ihnen als Speise oder zur Erzeugung von Geräthschaften zu dienen. Auch anorganische Dinge brauchten sie mitunter, und der prähistorische Mensch scheint damit weder sorgfältig umgegangen zu sein, noch seine vorübergehende Wohnung sehr sauber gehalten zu haben, denn fast in jeder Höhle, die Spuren trägt, daß sie zur prähistorischen Zeit bewohnt war, findet

<sup>1)</sup> „Die Kreuzberghöhle bei Laas und der Höhlenbär“, von Ferdinand v. Hochstetter, mit 3 Tafeln und 6 Holzschnitten im Texte. Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften math. naturwissenschaftl. Classe, XLIII. Band, Wien 1881.

man eine ganze Schichte von Küchenabfällen Topfscherben, Serpentin- oder Feuersteinsplittern, Kohlen und Aschenhaufen u. s. w. Auch die Plätze vor den Höhlen sind oft hoch mit ähnlichen Dingen aufgefüllt, über welche sich eine spätere Schichte von Gehängeschutt und abgeschwemmter Erde gelagert hat. Auch vor Bärenhöhlen findet man, wallartig aufgethürmt, die Materialien, welche die Bewohner im Frühling aus ihrer Höhle herauszuschaffen pfliegen.

Durch Erhöhung des Vorplatzes wird ein gegen das Innere der Höhle gerichtetes Gefälle erzeugt. Der Regen schwemmt daher die vom Gehänge herabkommenden, leichter transportablen, erdigen Bestandtheile in das Innere der Höhle, und diese füllt sich mit diesen Materialien bis die Mündung verlegt ist. Der noch frei gebliebene leere Raum im Innern wird dann durch jene Materialien vollends ausgefüllt, welche durch Klüfte in die Höhle gelangen können, und, nachdem dieselben durch die Mündung nicht mehr hinausgeschwemmt werden können, so geht der Ausfüllungsproceß um so rascher vor sich.

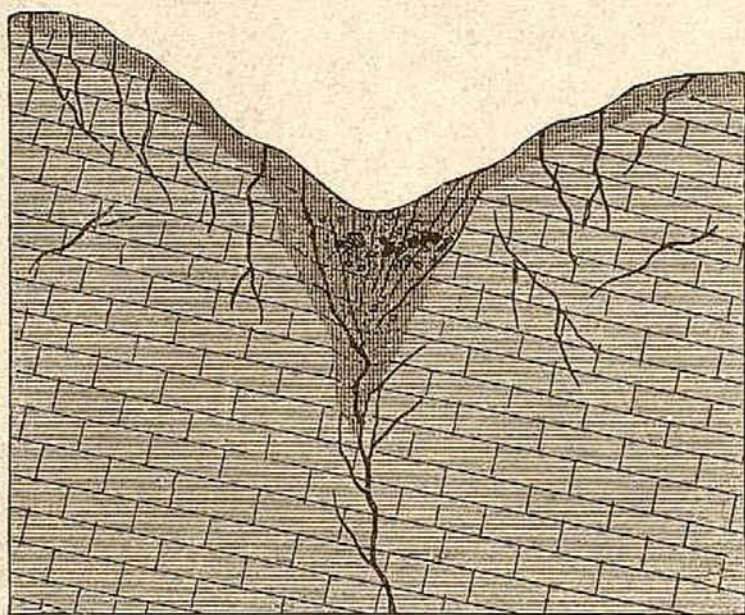
Ein anderes Beispiel der Ausfüllung einer Höhle liefert die sogenannte Fledermaushöhle in der „hohen Wand“ nächst Wiener-Neustadt, deren Gefälle bergwärts gerichtet ist. In der Nähe der Mündung hat sich eine Schuttriefe gebildet, durch welche bereits ein Theil der Höhle total ausgefüllt worden ist. Nur der vordere Raum war 1885 noch zugänglich, aber auch dieser war schon stark reducirt. Weiter im Innern mögen vielleicht noch offene Räume existiren; der Zugang zu dem vorderen Raume wird jedoch bald spurlos verschwunden und in wenig Jahren wird die Existenz dieser Höhle vergessen sein.

Schachthöhlen können durch Einschwemmung weit leichter ausgefüllt werden, als horizontale. Die Bohnerzgruben der Wochein (Krain) sind nichts Anderes, als ausgefüllte, alte Naturschachte, in denen sich die Bohnerze aus eingeschwemmten Pyriten umgewandelt haben. Auch diese Erscheinung spricht für die Ansicht Stache's, daß einst ein pyritreiches Gestein am Karste vorhanden gewesen sein muß, welches erodirt ist, und dessen einstige Existenz nur mehr durch seine an geschützten Stellen noch zurückgebliebenen Zersetzungproducte nachweisbar ist. Im Guttenfelderthale in Krain findet man in Alluvialboden Knollen von Eisenoolithen in großen Mengen, die früher sogar verhüttet worden sind. Woher sie stammen, ist derzeit nicht nachweisbar. Sie liegen in großen Mengen in der Dammerde, aus welcher sie ausgeackert werden und sofort durch ihre lebhafteste, rothe Farbe auffallen. Nachdem das Guttenfelderthal ein typisches Kesselthal ist, in dem es keinen oberirdischen Wasserlauf gibt, so mußten alle Abschwemmungsproducte der höheren Lagen sich im Thalgrunde ansammeln, gerade so wie in Höhlen, in denen der Höhlenbach ausgeblieben ist, die durch Klüfte eingeschwemmten Producte sich am tiefsten Punkte anhäufen müssen.

Sehr häufig werden Schachthöhlen durch das übliche Hineinwerfen von Steinen am Grunde successive ausgefüllt. Die Einschwemmung trägt dann noch das Ihrige dazu bei, um den Schlund noch mehr auszufüllen. Es mag viele derartige, vollständig ausgefüllte Schlünde geben, von deren Existenz man keine Ahnung hat. Je enger der Schlund ist, desto leichter kann er ausgefüllt werden. Thatächlich sieht man in Eisenbahneinschnitten und sonstigen Aufschlüssen, besonders am Karste, zahlreiche angeschnittene Erosionsschlünde, die mit Terra rossa vollkommen ausgefüllt sind. Selten nur findet man dort andere Ausfüllungsmaterialien; dagegen fand Dr. Hedinger in einer Höhle bei Nabresina, die vom Grunde einer Doline schräg nach abwärts führte, unter dem recenten Schutte, der aus Erde und Steinen bestand, den gleichen gelb-

braunen Höhlenlehm, wie er sich in allen Wasserhöhlen vorfindet, trotzdem es auf der Oberfläche nicht an Terra rossa-Lagern in der Umgebung fehlt. Hierauf könnten sich die kühnsten Hypothesen bauen lassen; es genügt aber, darauf hinzuweisen, daß zur Zeit der Ablagerung des Höhlenlehms entweder keine Communication mit der Oberwelt durch die Doline bestanden hat, oder daß die Terra rossa damals noch nicht in der Nähe der Höhle abgelagert war. Weitere Schlüsse kann jeder Leser selbst daran knüpfen.

Jeder Schlund und jede Höhle, deren Function das Wasser abzuführen unterbrochen ist, muß der Ausfüllung ausgesetzt sein. Das Gleiche gilt von allen übrigen, mit der Höhlenbildung im Zusammenhang stehenden, oberirdischen Depressionen (Dolinen, Karsttrichtern zc.). Man findet in Aufschlüssen die mit den Erosionsschlünden so nahe verwandten Karsttrichter angeschnitten und bis zum obersten Niveau vollkommen ausgefüllt. Čojjič will aus diesen beweisen, daß sie oberirdischen Ursprunges sind, und bildet einen solchen ausgefüllten Trichter ab, den er Doline



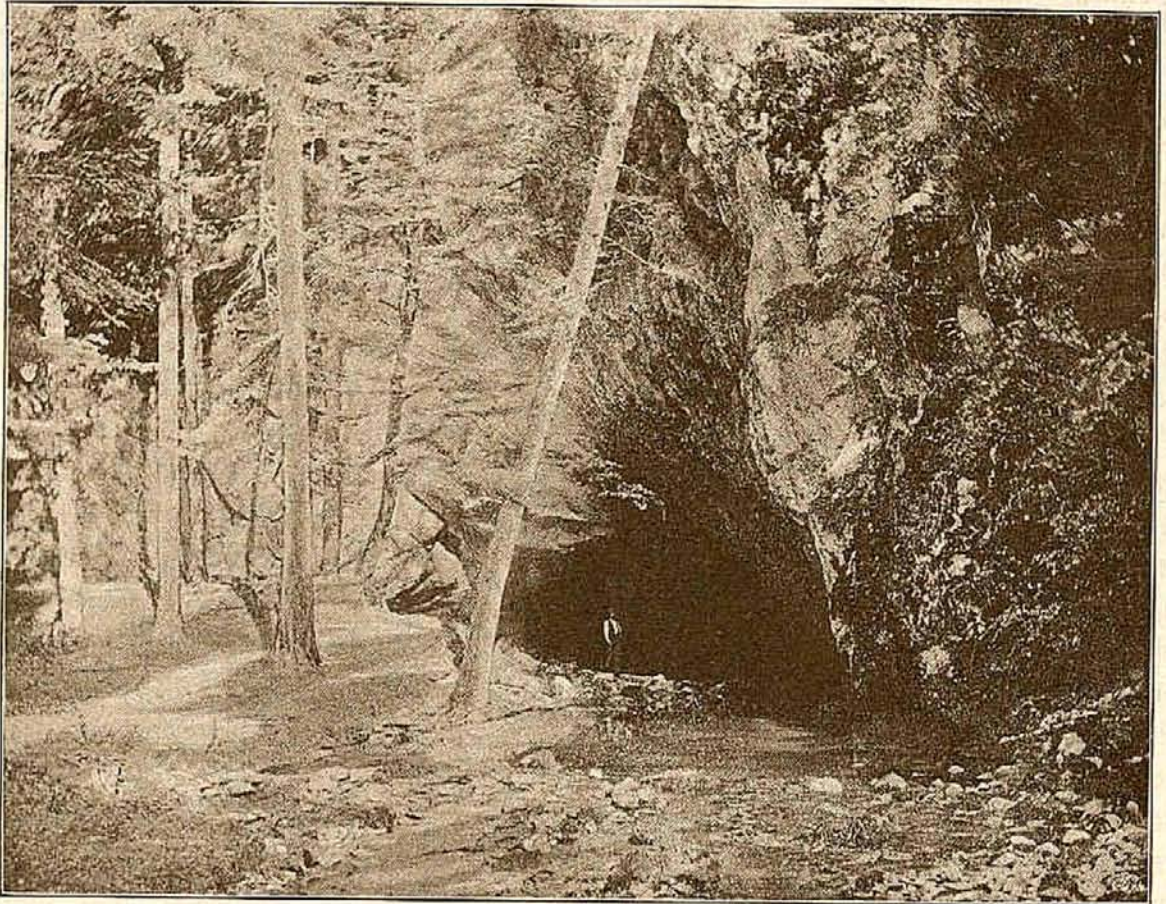
Verchlammter Karsttrichter nach Čojjič

gleich allen übrigen Depressionen, inclusive der röhrenförmigen, nennt. Letztere heißt er brunnenförmige Dolinen oder Dolinen vom Trebičtypus. Gerade aus dieser Zeichnung resultirt in schlagender Weise, daß diese steile Trichterform auf keine andere Weise entstanden sein kann, als durch in die Tiefe sinkendes Wasser, und darum ist diese Abbildung hier genau reproducirt, um zu zeigen, daß nur die nach der Tiefe führende Kluft den Trichter erzeugt und ihre Verlegung die Ausfüllung bewirkt haben kann.

## B. Einsturzercheinungen.

Einen rascheren Verlauf als die Ausfüllung bewirkt der Einsturz, um das Ende einer Höhle herbeizuführen. Ausgefüllte Höhlen können immerhin durch einen Zufall wieder geleert werden, eingestürzte sind aber gründlich zerstört. Dawkins nimmt an, daß die Höhlen von der Mündung an einstürzen, und daß aus ihnen

zuerst enge Schluchten und später durch Abböschung der Steilwände Thäler werden. Diese Ansicht gründet er auf seine Beobachtungen in zahlreichen Höhlen der englischen Devonformation; sie trifft aber schon bei den mährischen Höhlen der gleichen Formation nicht mehr überall zu, denn dort erfolgt der Einbruch nicht an einer einzigen Stelle (der Wasseraustrittsstelle nach Dawkins), sondern mitunter auch zugleich an verschiedenen Punkten des Verlaufes der Höhlen. Ein Theil des Thales der Punkva ist eine eingestürzte Höhle, von welcher noch ein Rest stehen geblieben ist, in dem der Fluß bald nach seinem Ursprunge nochmals auf eine kurze Strecke verschwindet. Der sogenannte Punkva-Ursprung ist eine schmale, mit Steinblöcken stark aufgefüllte Höhle, welche von Kriz untersucht worden ist, und welche Wankel als „grüne Grotte“ den



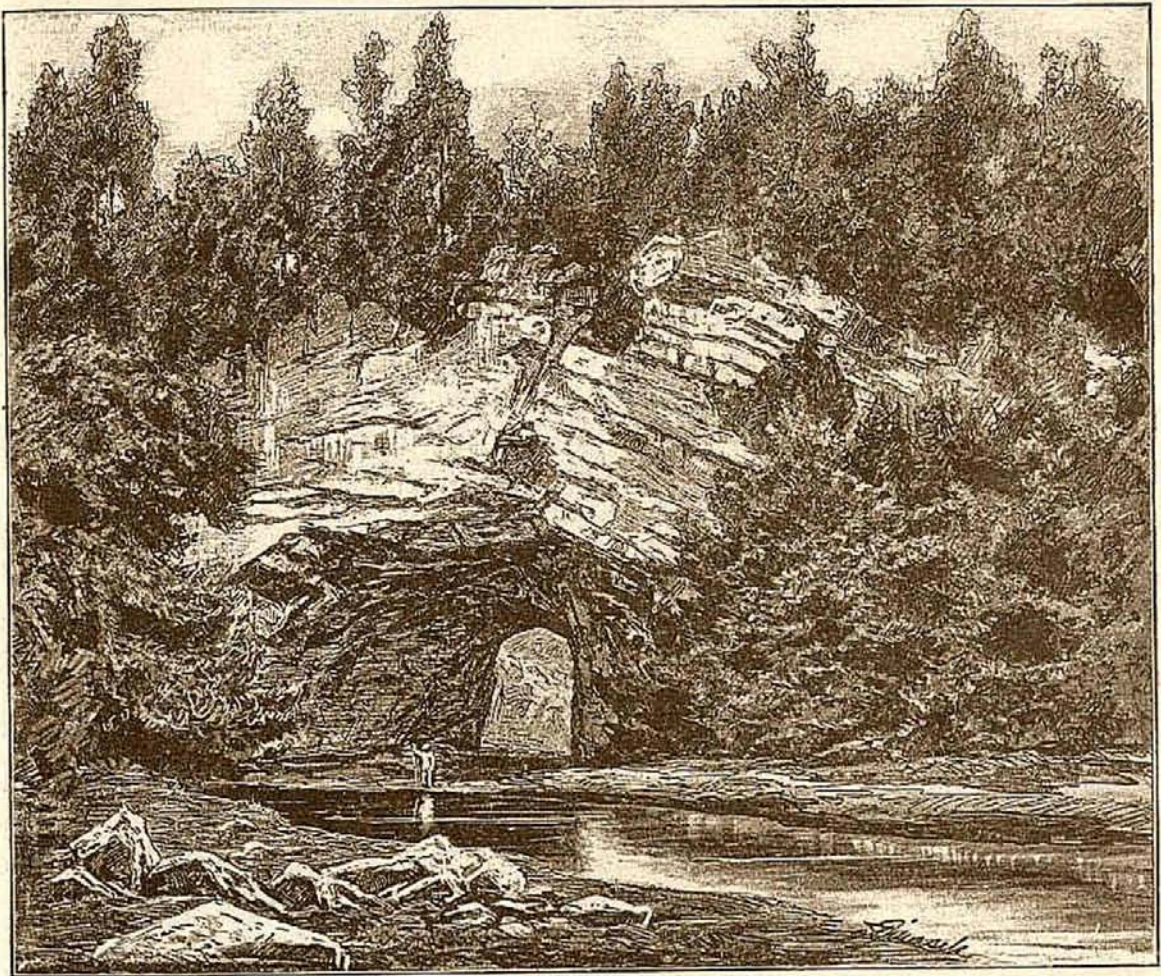
Ausfluß des Punkva nach einer Photographie von Dr. Kriz.

blauen Grotten von Capri und Busi an die Seite zu stellen versucht hat. Durch Kriz wurde jedoch nachgewiesen, daß dieses Naturwunder nur ein Phantasiegebilde seines Landsmannes sei. Die Tiefe der Höhle, aus welcher die Punkva heraustritt, beträgt (rund) 80 Meter. 400 Meter vom Eingange der Höhle (der Luftlinie nach) befindet sich der schauerliche Schlund der Mazocha, einer der großartigsten Einstürze in Bezug auf Ausdehnung, Tiefe und Steilheit.<sup>1)</sup> Weiters zieht sich ungefähr in der geraden Fortsetzung der Linie Punkva-Ursprung Mazocha, am Plateau noch eine ganze Reihe von dolinenartigen Bodensenkungen in einer etwas gekrümmten Linie fort. Man hat es also nicht mit einem Thalbildungsproceß zu thun, der von der Flußmündung allein vorwärts schreitet, sondern mit einem solchen, der auch im

<sup>1)</sup> Der große Schlund von Didymi in Griechenland hat nach Boblaye 300 Meter Durchmesser, aber nur eine Tiefe von 25 Metern, während jene der Mazocha 150 Meter beträgt.

ganzen übrigen Verlaufe der Höhle durch Einbrüche schon vorbereitet ist. Dieses eine Beispiel dürfte für die Devonformation genügen. An der Mündung ist der Proceß bis auf eine kleine Strecke bereits abgeschlossen, am Grunde der Mazocha ist der Wasserlauf ebenfalls wieder sichtbar, und im übrigen Verlaufe bilden die nahe aneinander liegenden Depressionen eine Art unabgeschlossener Furche, welche andeutet, daß die Senkungen durch ein aus der Gegend der Slouper Höhlen kommendes Wasser bewirkt worden sind, wo auch thatsächlich ein Bach verschwindet.

Nachdem aber die Punkva mehr Wasser führt als an dem erwähnten Orte verschwindet, so ist anzunehmen, daß sie auf ihrem unterirdischen Wege noch andere Zuflüsse aufnimmt, deren Ursprung Kriz auch nachgewiesen hat. Interessant ist es,



Große Naturbrücke über den Kalbach nach einer Photographie von Schäber.

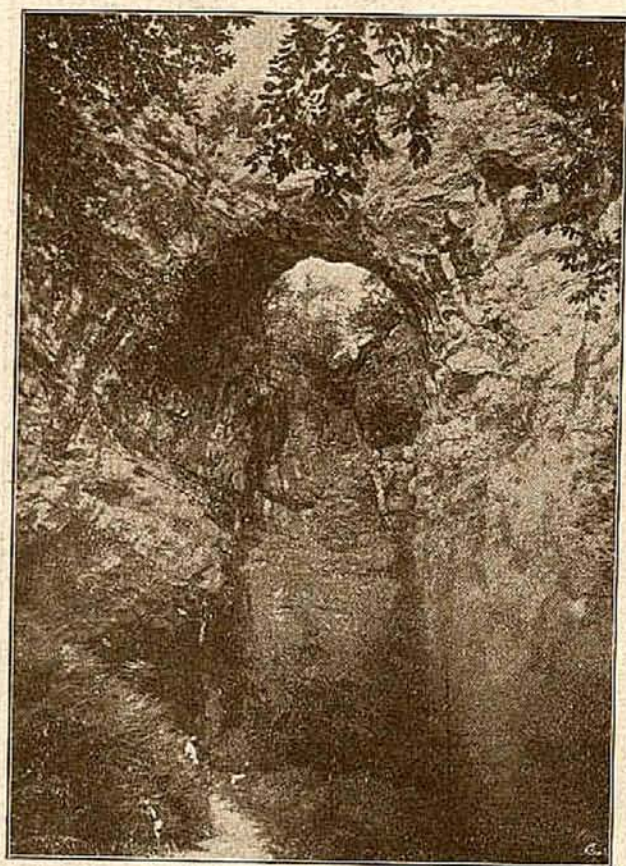
daß auch auf der kurzen Strecke, auf welcher die Punkva nach ihrem Austritte von der sogenannten Ursprungshöhle nochmals verschwindet, abermals ein vermehrtes Wasserquantum nach dem Wiedererscheinen bemerkbar ist. Auch wurde constatirt, daß nach localen Gewittern von geringer Ausdehnung bei der letzten Austrittsstelle manchmal Trübungen vorkommen, während das Wasser des Oberlaufes klar bleibt.

Die gleiche Erscheinung, daß ein Thalbildungsproceß an jeder beliebigen Stelle einer Höhle durch Einsturz der Decke sich vollziehen kann, läßt sich auch noch deutlicher an einem Höhlencomplexe im krainerischen Karste zwischen Adelsberg und Zirknitz nachweisen. In den Fürst Windischgrätz-Höhlen in den Forsten von Haasberg sieht man alle Stadien des Thalbildungsprocesses durch Höhleneinsturz mitten im

einstigen Verlaufe einer Höhle, die vom Zirknitzer bis in das Planinathal gereicht haben muß. Der mittlere Theil des Raabachthales trägt alle Merkmale einer vollendeten Thalbildung. Diese Merkmale treten jedoch nach den beiden Enden dieser 2 Kilometer langen Strecke immer mehr zurück, und deutliche Beweise der Entstehung der Thalfurche durch den Deckenbruch einer Höhle treten an ihre Stelle. Am Westende derselben sind diese Beweise sehr augenscheinlich. Ein mächtiger Bogen überspannt hier als letzter Rest der eingestürzten Höhle den Bach, der weiterhin durch Steilwände klammartig eingeschlossen ist, bis ihn der weite Rachen einer Höhle aufnimmt. Diese Steilwände sind die alten Widerlager der einstigen Höhle, deren Decke in Form von Gesteinstrümmern nun den Boden der Klamm hochauf bedeckt. Die Einsturzererscheinungen sind hier so deutlich, daß Martel sie als eine der größten

Sehenswürdigkeiten von Europa bezeichnet. Dabei ist die Gegend von hoher landschaftlicher Schönheit. Die ungemein malerische Ruine des Kirchleins des heiligen Kanzian liegt dicht an der merkwürdigen, großen Naturbrücke unter hundertjährigen Baumriesen, wie man sie am Karste gar nicht suchen würde. Dieser prachtvolle Wald dehnt sich meilenweit aus, über den Rücken des Javornig bis zum Krainer Schneeberge, trotz aller Karstererscheinungen, die gerade in diesem Hochwalde massenhaft auftreten.

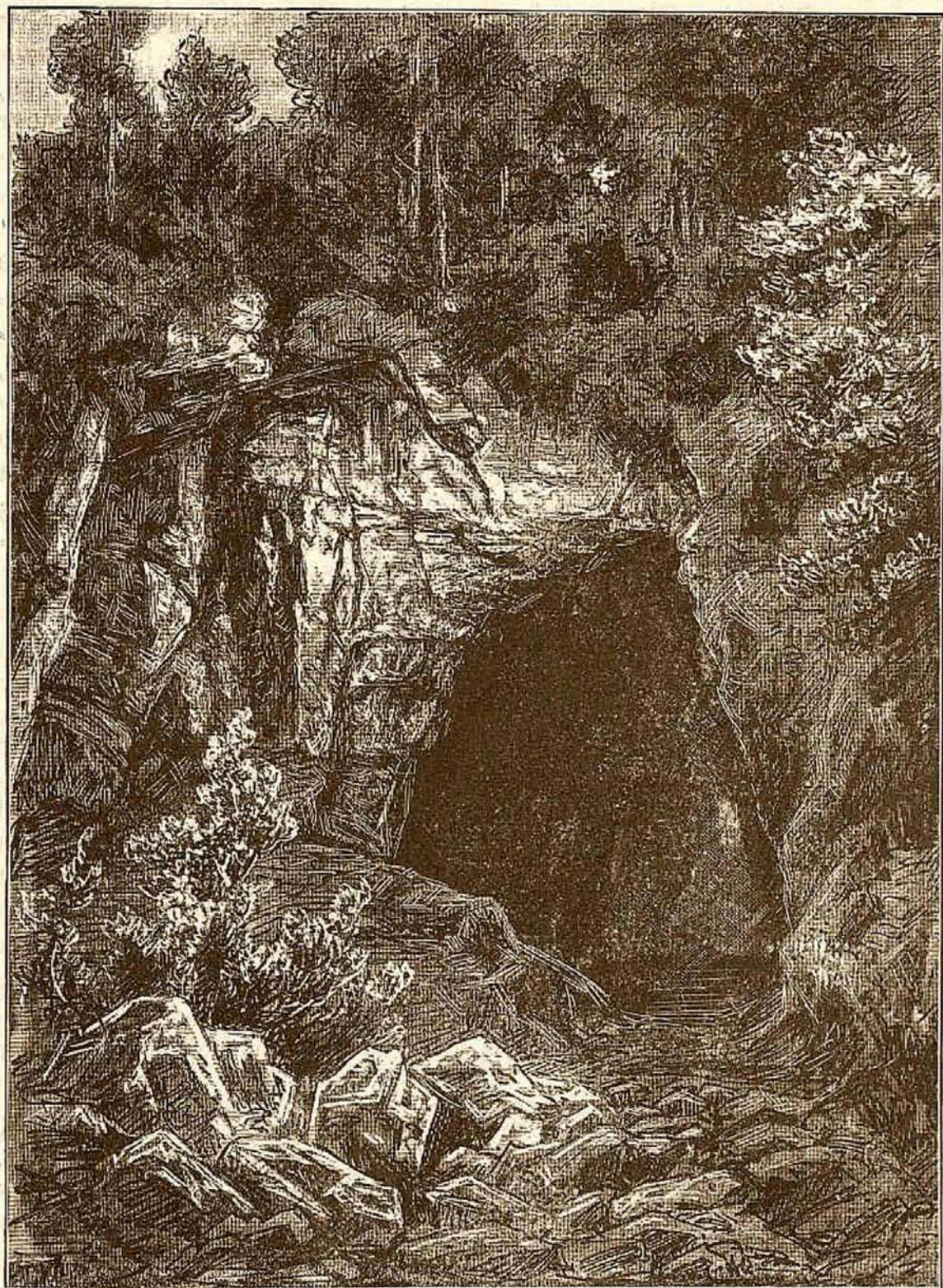
Im Haasberger Forste kann man am besten das Zusammenwirken der oberirdischen mit der unterirdischen Erosion studiren. Ein lehrreicherer Terrain dürfte es kaum geben. Die schlanke, kühn geschwungene, kleine Naturbrücke, ein letzter, kaum 3 Meter mächtiger Bogen, der von einer eingestürzten Höhlendecke übrig geblieben ist, überspannt einen Raum (mit 15 Meter Spannweite), dessen



Kleine Naturbrücke in den Haasberger Forsten.

Sohle von Felsblöcken aufgefüllt ist, und den senkrechte Wände umschließen. Zur Naturbrücke reicht die Erosion der Höhlenwässer nicht hinauf. Höchstens können sie die Widerlager derselben unterwühlen. Was derzeit hauptsächlich an ihrer Zerstörung arbeitet, das sind die atmosphärischen Einflüsse, Regen, Frost, Bora u. dgl. Daß alle die kurzen Höhlen nächst dem Raabachursprunge einst zusammenhängend waren, geht schon aus der Kürze und der fast kreisrunden Form der offenen Unterbrechungsstellen hervor. Brechen die bereits vielfach geborstenen, kurzen Höhlenstrecken ein, so wird das Thal um etwa 300 Meter länger werden, und gerade denselben klammartigen Charakter erhalten, den sein Ende (nächst der Raabachschwinde) gegenwärtig besitzt. Es wäre dies also ein Thalbildungsproceß durch Einsturz von Höhlen im Sinne von Dawkins, nur daß er sich an mehreren Punkten zugleich und nicht von der Mündung aus

allein vollzogen hat. Die geringe Mächtigkeit der Höhlendecken läßt ihre Neigung zum Einsturze begreiflich erscheinen. Diese geringe Mächtigkeit rührt — es kann dies



Rabachschwinde.

nicht oft genug betont werden — sowohl von der Unterwaschung, als auch vom jubärischen Abtrage (Denudation) her.

Wenn Höhlen einbrechen, die in mürbem Gesteine liegen, so findet man darin gewiß nichts Wunderbares. Von den Schwefelhöhlen in Siebenbürgen existirt nur



mehr ein geringer Theil. Das durch die Schwefeldämpfe zersetzte Gestein verliert seine Widerstandskraft und zerbröckelt leicht. Aber auch consistentere Gesteine können durch mannigfaltige Ursachen brüchig werden. Hierzu sind vor Allem die Erderschütterungen zu rechnen. Bei weiten Mündungen genügen die langsam wirkenden äußeren Einflüsse, um das Gefüge des Gesteines zu lockern. So berichtet Spöttel in den „Mittheilungen der Section für Höhlenkunde“ (Nr. 3 und 4, Decemberheft, Wien 1885), daß die als Fundstelle in anthropologischer und in osteologischer Hinsicht wichtige Haligorczer Höhle bei Rothkloster in der Zips (Ungarn) im Herbst 1884 eingestürzt sei.

Behrens erwähnt (l. c. S. 66), daß vor seiner Zeit (1720) die „Heimfälle“ genannte Höhle in Thüringen früher einen Ausgang in den oberen Theil des Berges besessen habe, „der aber mit Steinen ganz und gar zugefallen ist“. Theilweise Verfallungen werden in der Literatur vielfach erwähnt. Bei steilen Höhlen (Padriçgrotte, Hallerloch etc.) bleiben die Bruchstücke nicht unter der Abbruchstelle liegen, sondern kollern von einer Etage auf die andere und bauen die Sohle vom Höhlende aus auf. Die Zwischenräume der Blöcke werden mit Lehm ausgefüllt und derlei Höhlen können ein Ende nehmen gleich einer Doline, deren Abzüge verstopft sind. Sie werden so total ausgefüllt, daß man keine Ahnung von ihrer Existenz mehr hat, bis sie nicht zufällig angeschnitten werden, und durch ihr Ausfüllungsmaterial verrathen, daß hier einst ein Hohlraum bestanden hat.

---

### C. Zerstörung durch Menschenhand.

Wenngleich die Höhlen als Naturmerkwürdigkeiten Interesse erregen, so pflegen sie doch nicht geschont zu werden, wo sie der praktischen Ausbeutung der Gesteine im Wege stehen, in denen sie sich befinden. So verschwinden nach und nach die Höhlen im Dolomite von Baden wegen der Gewinnung des Dolomitsandes. Von den württembergischen Quelltuffhöhlen ist nur mehr eine einzige unverseht, denn der ungemein leichte und dabei doch wetterbeständige Tuffstein wird für Hochbauzwecke stark gesucht. Die erwähnte Höhle ist das „Todtenloch“ im Tuffelsen von Unterdrackenstein, und sie verdankt ihre Rettung nur dem Umstande, daß ober der Höhle die Kirche erbaut ist. Ganz unverseht ist sie aber trotzdem nicht geblieben, denn die obere Mündung, von der die Sage noch berichtet, ist verschüttet. Selbst die berühmte Höhle, in welcher der Neanderthal-Schädel gefunden worden ist, existirt nicht mehr, gleich vielen anderen Höhlen von Westphalen. Wo durch menschliche Eingriffe eine Höhle zerstört wird, da geschieht dies so gründlich, daß auch der routinirteste Höhlenforscher nicht mehr sagen kann, „hier befand sich einst eine Höhle“, wenn er den Platz nicht von früher her genau kennt.

---

Wo die Natur zerstört, dort läßt sie ein Denkzeichen zurück, dessen Hieroglyphen man enträthseln kann. Aber ewig dauern auch diese Denkzeichen nicht, denn Alles ist vergänglich auf dieser Welt. Als solche Denkzeichen können betrachtet werden: Die im Capitel der Nischenhöhlen erwähnten Reste von zerstörten Höhlen in Steilwänden, gewisse

Naturbrücken, isolirte Felsriegel in der Mitte von thalartigen Depressionen, welche von Einstürzen herrühren, aus Trümmerwerk entspringende Riesenquellen u. dgl. m. Die Mitwirkung der oberirdischen Erosion zerstört die Anzeichen, die auf die ehemalige Existenz einer Höhle schließen lassen, verhältnißmäßig rasch, und das Relief erhält immer mehr den Charakter, als ob es durch reine, oberirdische Erosion gebildet worden wäre. Die letzten, schwachen Spuren von zerstörten Höhlen aufzufinden, dazu gehört ein geübtes Auge. Besser erhaltene sind aber Jedermann klar, der vorurtheilslos darüber urtheilt. Selbst Martel, der durchaus nicht zu den Freunden der Einsturztheorie zählt, erklärt die Depression in der Umgebung der Quellen von Benikovi in Griechenland, aus denen (nach Sideridés) der Sarantapotamos wieder zu Tage kommt, als eine Einsturzerscheinung, und gibt zu, daß der dortige isolirte Felspfeiler der Rest des Widerlagers einer eingestürzten Höhle sein könne. Auf diesen hohen Pfeiler kann das Dichterwort angewendet werden:

Noch eine hohe Säule  
Zeigt von verschwund'ner Pracht,  
Auch diese, schon geborsten,  
Kann stürzen über Nacht!

Dawkins hat daher vollkommen Recht, wenn er jenen Thalbildungsproceß, der durch den Einbruch von Höhlen entsteht, in der Weise erklärt, daß zuerst klammartige Furchen entstehen, deren Steilwände durch atmosphärische Einflüsse abgeböschet werden und daher den Charakter von gewöhnlichen Erosionsthälern erhalten. Nur die Steilwand an ihrem Endpunkte ist dann (nach Dawkins) noch das Anzeichen, daß vor dem Thale hier eine Höhle bestanden hat, und daß diese den Thalbildungsproceß vorzubereiten geholfen hat.

Ausgefüllte Höhlen werden somit zu fremdartigen Einschlüssen im Gebirge, zerstörte Höhlen werden zur Furche oder zum ausgesprochenen Thale. Die oberirdische Erosion, die fortwährend an der Zerstörung der Gebirge arbeitet, hilft mit, nebst den Gebirgen selbst auch die darin eingeschlossenen Höhlen zu zerstören, wie man es an der Grotte Lančarevec<sup>1)</sup> sehen kann, deren dünne Decke durch oberirdischen Abtrag (Denudation) bald verschwunden sein wird. Daß in diesem Falle es nur die oberirdische Erosion sein kann, welche die bisher sichtbaren Zerstörungen bewirkt hat, geht schon daraus hervor, daß die Grotte eine außer Function getretene Katabothre des ehemaligen Adelsberger See's gewesen ist, und daß in ihr eine subterrane Erosion seit langer Zeit nicht mehr stattfindet. Derlei alte Wasserschlinger gibt es noch viele am oberen Rande des Adelsberger Karstplateau's. Auch die Ottoker Grotte war einst eine Katabothre mit ziemlich horizontalem Verlaufe, welche der Poik einen Seitenzufluß zugeführt hat.

Die Mitwirkung der Denudation bei der Zerstörung der Gebirge leugnen zu wollen, wäre ebenso falsch, als wenn man ihr ausschließlich die Bildung der Depressionen zuschreiben wollte, wie es leider schon geschehen ist.

<sup>1)</sup> Siehe die Abbildungen Seite 73, 74, 75 und 114.



