

# **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

## **Höhlenkunde**

**Knebel, Walther von**

**Braunschweig, 1906**

Vierzehntes Kapitel. Dolinen

folgt zusammen. Eine Quelle übt vermöge ihrer oft sehr heftigen Strömung eine Saugwirkung aus; die Saugkraft des **Quellstromes** wirkt zunächst auf die ihm benachbarten Grundwassermengen. In diesen pflanzt sie sich fort. In den Zonen, in welchen die Zerklüftung am stärksten ist, in den Zerklüftungszonen, fließt das Grundwasser zum Quellstrom hin, es wird zum **Grundwasserstrom**, und dieser durch seine höhlenbildende Tätigkeit endlich zum **Höhlenfluß**. Der Höhlenfluß bewegt sich dann nicht mehr infolge der Saugkraft der Quellströme, sondern er fließt durch die Schwerkraft. Die Saugkraft aber, die eine Quelle oder ein Höhlenfluß auszuüben vermag, hört mit zunehmender Verkarstung auf.

---

## Vierzehntes Kapitel.

### Dolinen.

Definition. — Erklärungsversuche. — Morphologie. — Schüsselförmige Dolinen. — Trichterförmige Dolinen. — Brunnenförmige Dolinen. — Genetische Einteilung. — Einsturzdolinen. — Einsturzbeben. — Subäerisch gebildete Dolinen. — Nomenklatur. — Verteilung der Dolinen.

---

Als Dolinen werden allgemein die trichterförmigen Einsenkungen von kreisförmiger bis elliptischer Gestalt bezeichnet, welche in Karstgebieten oft in solch großer Anzahl geschart vorkommen, daß sie der Erdoberfläche ein gleichsam „blattersteppiges“ Antlitz verleihen. Das Wort Doline stammt aus dem Südslawischen, in diesen Sprachen bedeutet „Dolina“ so viel wie Tal. Wenn nun auch die Dolinen mit dem, was wir Tal zu nennen pflegen, wenig gemein haben, so hat dennoch das Wort Doline in die Reihe der wissenschaftlichen Fachausdrücke Eingang gefunden, zumal auch in den südslawischen Karstländern nicht allein die echten Täler — deren es nur wenige gibt —, sondern auch die „Karsttrichter“ diese Bezeichnung führen.

Unter der gemeinsamen Bezeichnung Doline fassen wir eine große Gruppe von Karstgebilden zusammen,

welche zwar verschiedener Entstehung sind, jedoch alle das eine gemeinsam haben, nämlich daß sie rundum geschlossene Einsenkungen in die Erdoberfläche darstellen.

Über die Dolinen, ihre Verbreitung, Form und Entstehung ist eine große Literatur vorhanden. Teils hat man ihre Entstehung auf Einstürze von Höhlenräumen zurückgeführt, teils glaubte man sie als Erweiterung von Spalten ansehen zu müssen; wieder andere haben versucht, die Entstehung der Dolinen durch die oberirdische Verwitterung zu erklären. Wie in den meisten derartigen Fällen, wo verschiedene Ansichten über einen Gegenstand sich herausgebildet haben — alle auf Beobachtungen gestützt —, so besitzt auch hier jede der Theorien ihre Berechtigung. Indessen kann keine derselben als die alleingültige angesehen werden.

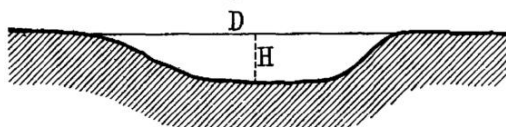
Von der Ansicht ausgehend, daß allein möglichst genaue Beobachtung der Doline in der Natur die Lösung des Problems der Dolinenbildung ermöglichen könne, hat in neuerer Zeit Professor Cvijić aus Belgrad den Versuch gemacht, die Dolinen einzelner Gebiete kartographisch aufzunehmen und durch Vermessung ihre Dimensionen festzustellen. Diese genauen Messungen besitzen natürlich in erster Linie nur rein geomorphologischen Wert. Sie haben aber eine an sich zwar nicht neue Einteilung der Dolinen bestätigt, welche wir mit den gleichen Bezeichnungen wiedergeben, deren sich Cvijić bedient hat; es unterscheiden sich:

1. schüsselförmige Dolinen,
2. trichterförmige Dolinen,
3. brunnenförmige Dolinen.

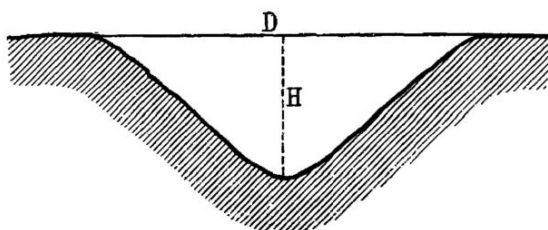
Die schüsselförmigen Dolinen sind weite, ganz flache Einsenkungen von bedeutendem Umfang, aber meist nur geringer Tiefe. 10 bis 120 m beträgt der Durchmesser jener Senken bei einer nur geringen Tiefe von 2 bis 20 m. Die Beobachtungen von Cvijić haben gezeigt, daß das Verhältnis zwischen den Durchmessern der Senke ( $d$ ) und der Tiefe ( $h$ ) meistens etwa in dem Verhältnis  $d = 10 h$  steht. Da der Böschungswinkel bei dieser Art von Dolinen nur ein sehr geringer sein kann (höchstens etwa 10 bis 12°), so heben sich die Dolinen von Schüsselform nur sehr schwach von der immer etwas welligen Umgebung ab; es ist daher auch oft recht schwer, die Gestalt der Senke zu ermitteln, so daß es stets der Willkür des einzelnen überlassen

bleibt, wohin der Rand der Einsenkung zu verlegen ist. Das Verhältnis  $d = 10 h$  ist somit, wie auch Cvijić sagt, nur ein ungefähr zutreffendes.

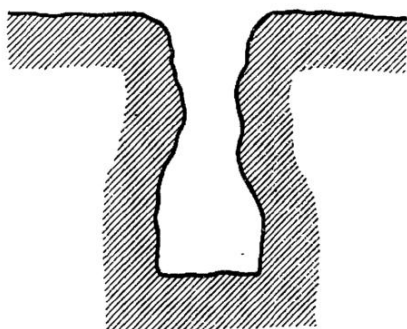
Fig. 22.



$D = \text{ca. } 10 H$   
Schüsselförmige Doline



$D = 2 H, D = 3 H$   
Trichterförmige Doline



$H > D$   
Brunnenförmige Doline

Schematische Darstellung der drei Dolinenformen.

Im Gegensatz zu den schüsselförmigen heben sich die trichterförmigen Dolinen scharf von der Oberfläche ab. Die Böschung der Dolinenwände erreicht einen Winkel bis zu  $45^\circ$  und

die Tiefe ist im Verhältnis zum Durchmesser weit größer als bei den erstgenannten schüsselförmigen Dolinen;  $d = 2h$ ,  $d = 3h$  sind die gewöhnlichen Beziehungen zwischen Durchmesser und Höhe. Die Dolinen von Trichtergestalt sollen nach Cvijič viel seltener sein als die von Schüsselform. Diese Beobachtung ist neu, aber sie wird jedenfalls mit den Tatsachen übereinstimmen. Da die Dolinen von schüsselförmiger Gestalt bei weitem weniger in die Augen fallend sind, als die merkwürdigen tiefen Trichterdolinen, sind die meisten der ersteren den Beobachtungen des Reisenden entgangen und es wurde in der Literatur im allgemeinen zumeist nur der tieferen „Karsttrichter“ gedacht.

In den Karstgebieten Deutschlands, namentlich im Fränkischen Jura, sind diese beiden Formen von Dolinen sehr verbreitet.

Die dritte Gruppe der brunnenförmigen Dolinen — auch Schlote genannt — ist die seltenste. Von Cvijič werden sie wie folgt eingeteilt:

a) Die „Avens“, das sind Schlote, welche schachtförmig in die Tiefe gehen und dort blind enden oder aber auf kleine sackartige Höhlen führen;

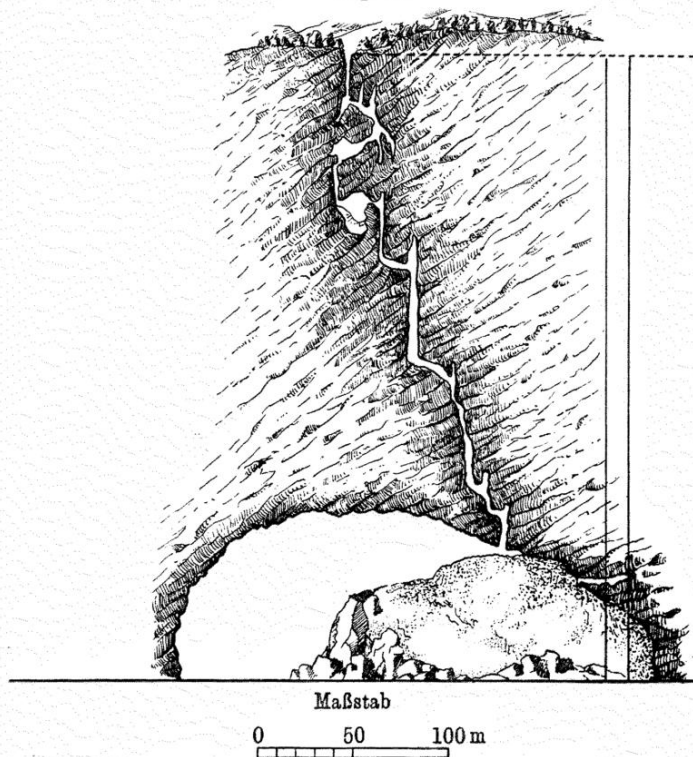
b) in Schächte, welche auf größere Höhlen oder Höhlenflüsse münden. Ist die Verbindung dieser „Naturschlote“ mit der Höhle eine direkte, so daß Tageslicht durch sie fällt, so haben wir den Typus der „Light-holes“. Das französische Wort „abîme“ und die slawischen Benennungen „Jama“ oder „Luknja“ bezeichnen ebenfalls jene Gebilde. Wenn die brunnenförmigen Dolinen sich in engen Spalten verlieren, welche ihrerseits wieder mit Höhlengängen in Verbindung stehen, so unterscheidet Cvijič einen weiteren Typus der brunnenförmigen Doline.

Unsere Abbildung (Fig. 22) zeigt im Profil die drei Formen der Dolinen; die dritte, brunnenförmige Doline ist gleichzeitig das schematische Bild eines „Avens“. Die folgende Abbildung (Fig. 23) stellt das Profil durch den von uns schon wiederholt erwähnten Trebičschacht dar, einer Doline, welche durch zahlreiche enge Spalten in verschiedene Höhlenräume führt, an deren Basis von dem Erforscher jener Höhle, Lindner, bekanntlich die Wasser der Reka aufgefunden wurden. Die Lindnerhöhle bei Trebič ist der beste Vertreter jenes zuletzt genannten Typus brunnenförmiger Dolinen.

Diese von Cvijič hervorgehobenen morphologischen Unterschiede der Dolinen sind indessen keineswegs auch auf genetische Verschiedenheiten zurückzuführen. Dies geht aus folgender Erwägung hervor.

Denken wir uns beispielsweise eine Doline von brunnenförmiger Gestalt. Eine solche kann durch das eingeschwemmte

Fig. 23.



Profil durch die „Lindnerhöhle“ bei Trebič.

bzw. von den Wandungen des „Naturschachtes“ abgebröckelte Material angefüllt werden. Dann verliert die Doline ihre brunnenförmige Gestalt und wir haben nur noch eine Doline, welche in die zweite Gruppe der trichterförmigen Dolinen zählt. Und wenn nun eine Doline von Trichtergestalt durch eingeschwemmtes Ge-

stein immer mehr angefüllt wird, dann kann diese Doline in eine vom ersten Typus, nämlich von schüsselförmiger Gestalt, übergehen. Diese Klassifikation der Dolinen von Cvijič ist somit nur eine morphologische, nicht aber zugleich eine genetische.

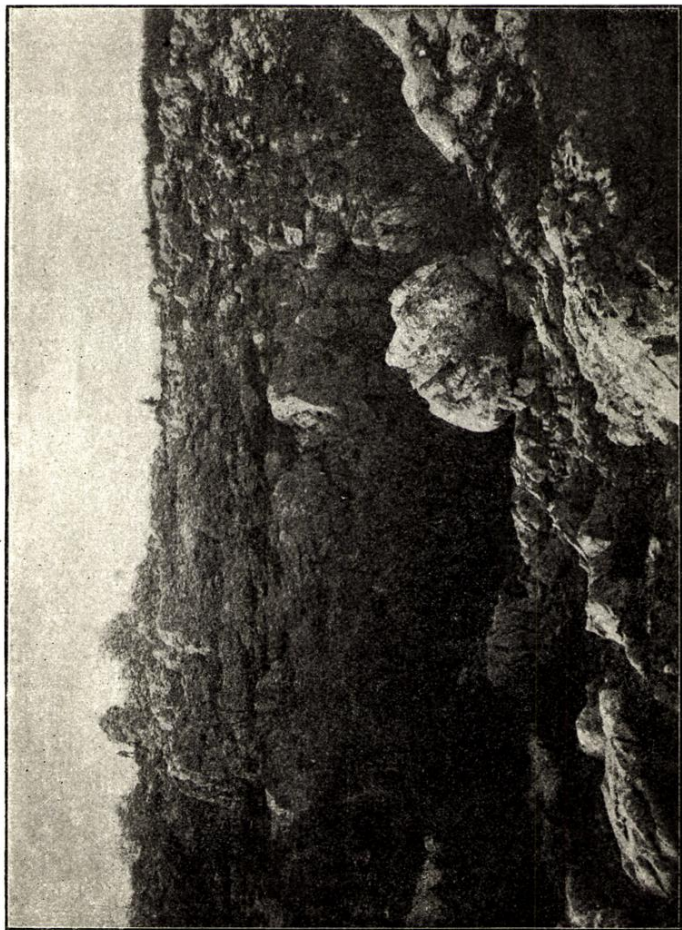
Eine weitere und zwar sehr häufige Dolinenform findet bei dieser Einteilung bedauerlicherweise überhaupt keine Berücksichtigung: das sind diejenigen Dolinen, welche eine geringe Tiefe besitzen, die aber von nahezu senkrechten Felswänden eingerahmt werden. Unsere Abbildung (Fig. 24) stellt beispielsweise eine von diesen dar. Solche Dolinen müßten wir ihrer vertikalen Wandungen wegen zu den brunnenförmigen stellen; indessen ist das Verhältnis zwischen Durchmesser und Tiefe ein anderes, als es bei brunnenförmigen Dolinen der Fall sein müßte. Denn wir haben gesehen, daß bei den letzteren stets  $d < h$  ist, d. h. der Durchmesser geringer ist als die Tiefe. Bezüglich dieser Gruppe von Dolinen ist es also zweifelhaft, welcher morphologischen Gruppe sie angehören.

Diese nach rein morphologischen Merkmalen gemachte Einteilung der Dolinen kann den Geologen somit kaum befriedigen, da die ungleich wichtigeren genetischen Verschiedenheiten durch sie nicht berücksichtigt sind. Zudem sind, wie wir sahen, auch die morphologischen Unterschiede oft nur unscharf, da alle Übergänge zwischen ihnen vorkommen. Für uns sollen daher, ebenso wie bei der Klassifikation der Höhlen, nur genetische Gesichtspunkte maßgebend sein; daher bedienen wir uns folgender Einteilung:

I. Dolinen, welche dem Wasser nur **mittelbar** ihre Entstehung verdanken, indem die vom Wasser in der Tiefe gebildeten Höhlen derart in die Breite wachsen, daß sie zusammenbrechen; die dadurch entstandenen Dolinen werden **Einsturzdolinen** genannt. Die Formen der Einsturzdolinen sind sehr verschieden; solche von Trichterform sind wohl die häufigsten.

II. Dolinen, welche **unmittelbar** vom Wasser gebildet sind, indem entweder das Wasser auf größeren Spalten vertikal in die Tiefe drang und dabei diese zu Dolinen erweiterte, oder indem es auf zahlreichen kleinen Rissen versickerte und die gelöste Gesteinsmasse von der Oberfläche in die Tiefe führte. In ersterem Falle entstanden brunnenförmige Dolinen, in letzterem mehr trichter- oder schüsselförmige.

Die Dolinen dieser zweiten Gruppe sind also Produkte der oberirdischen, subaërischen Abtragung, wäh-



Karstlandschaft mit einer Doline aus dem Adelsberger Karst.

rend die der ersten Gruppe die der unterirdischen, subterrestrischen Abtragung eines Karstgebirges sind.

**Die Einsturzdolinen.** Von der allgemein bekannten großen Verbreitung der Höhlen in Karstgesteinen ausgehend, glaubte man schon seit alten Zeiten die Dolinen als Zeugen einstmals vorhandener, nun aber eingestürzter Höhlen ansehen zu dürfen. Man ist aber mit dieser Ansicht zu weit gegangen, indem man alle Dolinen als durch Einsturz entstanden zu deuten versuchte. Nun hat die Beobachtung aber gelehrt, daß dies in vielen Fällen unzutreffend ist und daß auch die oberirdische Abtragung sehr wohl dolinenbildend wirken kann. Namentlich ist es das Verdienst von J. Cvijič gewesen, nachzuweisen, wie durch subaërische Abtragung Dolinen entstehen können. Seitdem herrscht nun wieder umgekehrt die Neigung, das gesamte Dolinenphänomen auf die oberirdische Abtragung zurückzuführen.

Demgegenüber müssen wir aber unbedingt daran festhalten, daß sich sehr oft auch durch Einsturz von Höhlen Dolinen gebildet haben. In Gips- und Salzgebirgen ist diese Art der Dolinenbildung eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung; aber auch in Kalk- und Dolomitgebirgen entstehen solche Einbrüche. In historischer Zeit haben sich beispielsweise sowohl im Schwäbischen als auch im Fränkischen Jura eine Reihe von Dolinen durch plötzliche Einstürze gebildet. Diese Dolinen sind somit nur auf Höhlen zurückzuführen, welche einst hier vorhanden waren.

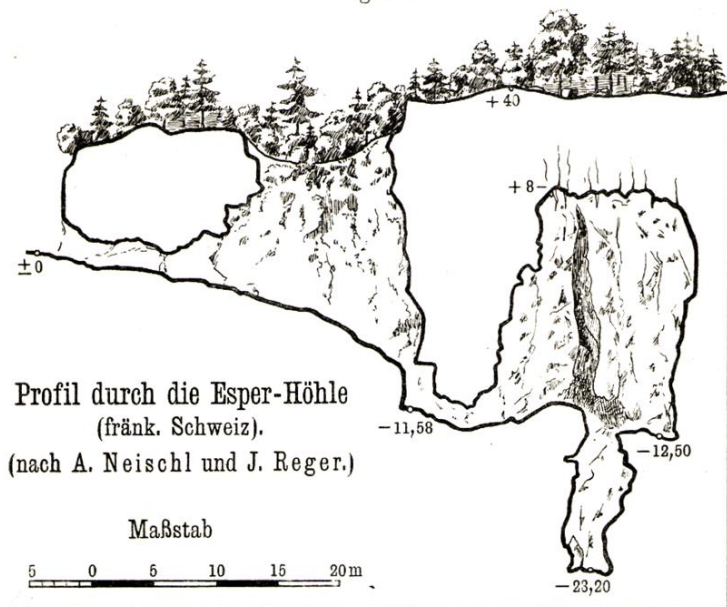
Derartige Zusammenbrüche von Hohlräumen gehen naturgemäß nicht ohne eine gleichzeitige beträchtliche Erderschütterung vor sich; es ist der Einbruch stets mit einem, wenn auch nur kleinen Erdbeben — einem sogenannten Einsturzbeben — verbunden <sup>1)</sup>. Die große Anzahl der Erderschütterungen, welche in einem jeden Karstgebirge vorkommen, lassen darauf schließen, daß der Vorgang der Dolinenbildung durch Einstürze von Höhlen keineswegs ein seltenes Phänomen ist. Diese Einbrüche können allerdings nicht verfolgt werden, — es sei denn, daß ein Mensch zufällig Augenzeuge eines solchen nie vorauszusehenden Einsturzes ist. Dennoch ist aber ein Höhleneinsturz keineswegs ein völlig

---

<sup>1)</sup> In gleicher Weise rufen auch Einstürze verlassener Bergwerke oftmals beträchtliche „Einsturzbeben“ hervor; auch hierbei entstehen oft dolinenartige Gebilde. In den von Bergbau berührten Gebieten Schlesiens und des Harzes hat man beispielsweise oft Gelegenheit, dies zu beobachten.

unvorbereitetes Ereignis; denn in den Höhlen brechen stets im Laufe der Zeit neue Blöcke von der Decke herunter. Die Trümmernmassen am Boden der Höhlen legen Zeugnis von diesen Deckenstürzen ab. Hierdurch wird das Höhlendach ständig aufwärts verlegt; es rückt immer näher an die Oberfläche heran, bis schließlich die Höhle eingestürzt und an der Oberfläche eine Doline vorhanden ist. Nur dieser letzte Einsturz ist ein plötzliches Ereignis, wenn es auch seit langer Zeit vorbereitet gewesen ist.

Fig. 25.



Unsere Abbildung (Fig. 25) zeigt das Profil durch einen Teil der Esperhöhle, welche durch die Aufnahmen von A. Neischl und J. Reger neuerdings trefflich vermessen wurde. Dies Profil schneidet eine offene Doline von brunnenförmiger Gestalt, welche durch einen seitlichen Höhlengang in eine Höhle führt. Die Höhle aber macht ebenfalls einen durchaus schachtartigen Eindruck; nur ist dieser Schacht nach oben abgeschlossen. Indessen besitzt die Gesteinsmasse, welche die Höhle von der Oberfläche

trennt, nur eine sehr geringe Mächtigkeit, so daß es eines, geologisch gesprochen, nur kurzen Zeitraumes bedarf, bis die Höhle zu einer Doline geworden ist.

Am Ende sehr vieler Höhlen kann man Felstrümmerhaufen, sog. Schuttkegel beobachten —, große Massen von Felstrümmern, welche teilweise gewaltige Blöcke enthalten. Da, wo der Versuch gemacht wurde, die unterirdische Lage solcher Schuttmassen genau festzustellen, hat man fast immer gefunden, daß an jenen Stellen an der Oberfläche sich Dolinen befanden, bei deren Einbruch die Schuttmassen entstanden sind. Von einem solchen Schuttkegel wird beispielsweise der hinterste Teil der Planinagrotte abgeschlossen. Hier konnte man durch genaue Vermessung der Höhle feststellen, daß dem Schutthaufen in der Höhle an der Oberfläche die sogenannte „Große Kolečiuka“ entsprach, eine gewaltige, große Doline von über 200 m Breite und 85 m Tiefe. Auch in der großen Grotte von Adelsberg finden sich zahlreiche Schuttkegel, welche nicht anders zu erklären sind als durch Einstürze seitlicher Höhlenteile; das Gebirge oberhalb der Grotte ist dementsprechend auch von Dolinen geradezu übersät. Die beiden benachbarten Grotten von Adelsberg und Groß-Otok werden nur durch die Trümmersmassen einer großen Einsturzdoline, der Stara apnenca <sup>1)</sup>, voneinander getrennt. Würde man, wie projektiert ist, den Schuttkegel unter der Stara apnenca durchbrechen, so könnte man wieder von der Adelsberger Grotte in die von Otok gelangen. Sehr oft kann auch die Beobachtung gemacht werden, daß eine offene Doline zu einer größeren Höhle führt. So kann man von der „Černa Jama“ aus über die gewaltigen, durch den Einsturz einer Höhle entstandenen Schuttmassen hinwegschreitend auf den unterirdischen Flußlauf der Poik gelangen. Hier hat die Masse des Einsturzmateriels nicht ausgereicht, um den Höhlengang völlig zu verstopfen, wie es beispielsweise bei der Stara apnenca der Fall war. Ebenso wissen wir von den beiden Dolinen von St. Canzian, daß sie auf Einbruch eines Teiles des Höhlenflußbettes der Reka zurückzuführen sind. Auch im Fränkischen Jura kommen viel auf Höhlen führende Dolinen vor,

---

<sup>1)</sup> Stara apnenca (slovenisch) heißt zu deutsch „alter Kalkofen“. Viele Dolinen werden zweckmäßigerweise von der Bevölkerung als Kalköfen benutzt.

welche dort als „Windlöcher“ bezeichnet werden. Der Boden solcher Dolinen ist stets von Schuttmassen bedeckt.

Die Bildung der mit Dolinen in Verbindung stehender Schuttmassen kann auf keine andere Ursache zurückgeführt werden, als auf Einstürze der Decke einzelner Höhlenteile. Denn auch der von Cvijič unternommene Versuch, die Bildung dieser Schuttmassen dadurch zu erklären, daß auf bereits vorhandenen (auf andere Weise entstandenen) Dolinen Material von der Oberfläche in die Tiefe geschwemmt sei, ist zu verwerfen, weil stets in diesen Schuttkegeln, zwischen andere große und kleine Felstrümmer gelagert, gewaltig große Blöcke vorkommen, welche niemals durch Einschwemmung in die Höhlen gelangen konnten.

Die wenigen hier gegebenen Beispiele für echte Einsturzdolinen könnten leicht auf das Vielfache vermehrt werden; indessen sind die Beobachtungen überall genau die gleichen, so daß es nicht nötig ist, solche aufzuzählen. Vielmehr genügte es uns, festzustellen, daß durch Einbrüche von Höhlenräumen im Gebirge Dolinen entstehen können und daß viele Dolinen auf Einstürze zurückzuführen sind.

Gleichwohl werden von J. Cvijič verschiedene Gründe gegen die Einsturztheorie der Dolinen geltend gemacht, welche wir nicht übergehen dürfen.

Zunächst meint Cvijič, daß kein einziger Fall bekannt sei, in welchem Felsdolinen<sup>1)</sup> sich durch Einsturz gebildet hätten. Indessen kennen wir, abgesehen von den vielen Beobachtungen, welche die Existenz von Einsturzdolinen beweisen, auch Fälle, in denen erwiesenermaßen ein Einbruch die Bildung einer Doline hervorgerufen hat.

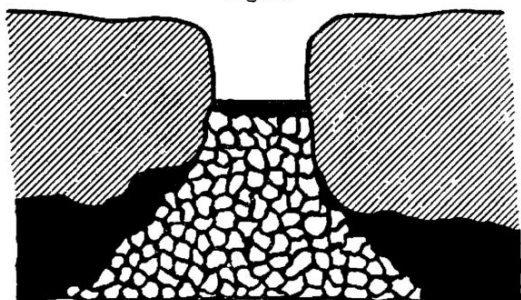
In den nur sehr spärlich bevölkerten Karstgebieten des südöstlichen Europa mögen Einbrüche von Höhlen weniger beobachtet sein; in verkarsteten Kulturländern jedoch, wie im Schwäbischen

---

<sup>1)</sup> Der Ausdruck „Felsdoline“ ist im Gegensatz zu den in Flußniederungen häufigen Schwemmlanddolinen gebraucht, welche mit ersteren, den echten Dolinen, nur die trichterförmige Gestalt gemeinsam haben, aber ganz anderer Entstehung sind. Solche Schwemmlanddolinen entstehen, wenn das in die Tiefe dringende Wasser größere Spalten in der Felsunterlage findet und in diese den Schwemmlandschutt hineinträgt.

und Fränkischen Jura, sind seit alten Zeiten durchaus glaubwürdige Berichte notiert über die nur durch Einstürze zu erklärende plötzliche Bildung von Dolinen — ein Vorgang, welcher auch in der Gegenwart sich daselbst vollzieht<sup>1)</sup>. Aber auch in anderen Karstgebieten hat man Kenntnis von plötzlich erfolgten Einbrüchen; so z. B. in Krain (bei Brunndorf 1889), in Frankreich im Jura-Departement bei Lons-le-Saulnier (1703, 1712, 1738, 1814, 1830) und an vielen anderen Orten. Es ist eines der Verdienste des verstorbenen österreichischen Höhlenkenners, des k. k. Regierungsrates Franz Kraus, den Einbrucherscheinungen in Karstgebieten seine Beachtung geschenkt und ihre Bedeutung richtig gewürdigt zu haben. Auch wir müssen den von J. Cvijić

Fig. 26.



Beispiel einer Einsturzdoline, in welcher das Schuttmaterial den Eingang zu einer Höhle versperrt.

geäußerten Zweifel an der Existenz von Einbruchsdolinen als völlig unbegründet fallen lassen.

Das gleiche gilt von dem zweiten Einwande Cvijićs gegen die Erklärung der Dolinen als Einstürze. Dieses stützt sich auf die Tatsache, daß die überwiegende Mehrzahl der Dolinen, nämlich die typisch schüssel- und trichterförmigen, nicht mit Höhlen in Verbindung stehen, folglich auch nicht durch Einbrüche erklärt werden können. Wir müssen aber auch diesen Einwand von der Hand weisen, weil die Beziehungen der Dolinen zu Höhlen durch die den Boden einer jeden Doline erfüllenden Schuttmassen sehr verdeckt sein können, wie es obenstehende Fig. 26 deutlich

---

<sup>1)</sup> Vgl. Dr. v. Ehmann: Die Versorgung der wasserarmen Alb mit fließendem Trink- und Nutzwasser. Stuttgart 1881.

erkennen läßt. Wenn somit die meisten Dolinen nicht mit Höhlengängen in Verbindung zu stehen scheinen, so kann darum doch nicht der Schluß gezogen werden, daß diese Beziehungen überhaupt fehlen. Äußerlich läßt sich eben der Zusammenhang in den meisten Fällen zwar nicht nachweisen; indessen ist es doch der Höhlenkunde zuweilen gelungen, die Höhlenarme, welche auf die Schuttmassen einer Einsturzdoline (vgl. vorstehende Figur) münden, aufzufinden. Ein Beispiel für einen solchen Fall ist die Stara apnenca-Doline, deren Schuttmassen die Adelsberger Grotte von jener von Otok scheiden, ohne daß eine der beiden Grotten mit ihr äußerlich im Zusammenhang stünde <sup>1)</sup>.

Gegen die von Cvijič versuchte Erklärung der Schuttkegel in Höhlen als Einschwemmungsprodukte haben wir uns bereits zuvor wenden müssen. Hier sei nur noch des letzten, scheinbar am schwersten ins Gewicht fallenden Einwandes gegen die Einsturzlehre der Dolinen gedacht. Cvijič hat die Flächenräume, welche die Dolinen in einem kleinen Teile des Fiumaner Karstes in der Nähe von Castua einnehmen, bestimmt; er konnte feststellen, daß auf der untersuchten, 1 qkm umfassenden Bodenfläche 40 Dolinen sich fanden, deren Flächenraum ein Zwölftel der gesamten Oberfläche ausmachte. Nun hat seinerzeit A. Schmidl annäherungsweise zu berechnen versucht, wieviel Flächenraum die Höhlen in dem Adelsberger Karst im Verhältnis zur Oberfläche ausmachen. Nach dieser Berechnung waren etwa drei Zehntausendstel der Oberfläche von Höhlengängen unterminiert. Wenn nun die Dolinen durch Einsturz von Höhlen sich gebildet hätten, so dürfte der von ihnen eingenommene Flächeninhalt nicht größer als jener der Höhlen sein — also nicht drei Zehntausendstel übersteigen. Da aber im Fiumaner Karst, wie J. Cvijič nachweisen konnte, ein Zwölftel der Fläche von Dolinen erfüllt ist, glaubt jener Autor folgern zu müssen, daß diese Dolinen anderer Entstehung seien, als durch Einsturz.

Nun ist aber die von Schmidl versuchte Berechnung des Flächenraumes der Höhlen ungenau; erstens sind in den letzten

---

<sup>1)</sup> Übrigens wäre es ja auch keineswegs erforderlich, daß eine Einbruchsdoline auf Höhlengänge führen müßte; denn wenn die Doline durch Einsturz einer Höhle entstanden ist, so kann die Höhle doch sehr wohl gänzlich vom Einsturzmateriale erfüllt sein, so daß sie als solche überhaupt nicht mehr vorhanden ist.

50 Jahren — und so weit liegen diese Beobachtungen zurück — sehr viele neue Höhlen entdeckt worden, sodann aber sind deren sicher noch sehr viel mehr vorhanden, als bekannt sind. Hierzu kommt, daß wir durch die Höhlenforschungen immer nur diejenigen Höhlen kennen gelernt haben, die in dem Niveau gelegen sind, in welchem die unterirdische Poik dahinrauscht. Nun sind aber die Höhlen — wie es beispielsweise bei der Adelsberger Grotte der Fall ist — auf sehr viele Niveaus verteilt. Der Flächeninhalt, welchen alle diese Höhlen in der Horizontalprojektion einnehmen, kann unmöglich auch nur annähernd genau geschätzt werden. Aber selbst wenn wir diese Zahl ermitteln könnten, so wäre immer noch in Betracht zu ziehen, daß durch die zahllosen Dolinen, welche sich im Gebiete des Adelsberger Karstes finden, doch möglicherweise frühere Höhlengänge verschüttet sein können, so daß also das Höhlenphänomen früher noch stärker ausgebildet gewesen wäre, als heute. Zu diesen unseren Gegenargumenten ist noch ein weiteres hinzuzufügen, nämlich, daß es nicht statthaft ist, zwei verschiedene Gebiete zu vergleichen: Wären im Fiumaner Karst mehr Dolinen, als Flächenraum im Adelsberger Karst von Höhlen erfüllt ist, dann könnten wir hieraus doch nur den Schluß ziehen, daß der Fiumaner Karst bei Castua in höherem Maße „verkarstet“ war als der Adelsberger. Als allgemein gültigen Einwand müssen wir endlich noch hinzufügen, daß man nicht ohne weiteres berechtigt ist, ein Gebiet von etwa 6 Quadratmeilen, also etwa 300 qkm Landoberfläche wie das des Adelsberger Karstes, mit einem Quadratkilometer zu vergleichen. Letzteres ist zu klein, um für die Berechnung des Durchschnittes der gesamten Oberflächenausdehnung der Dolinen auf der Flächeneinheit benutzt werden zu können. Wir sehen somit, daß alle die von Cvijić erhobenen Einwände gegen die Einsturztheorie nicht beweisend sind. Nur einem einzigen kommt eine gewisse Beweiskraft zu: dieser stützt sich darauf, daß zuweilen die schlotförmigen Dolinen sich verengern und dann wieder erweitern. Vorausgesetzt, daß die Verengungen nach unten nicht etwa auf Einschwemmungen von oben oder Einbrüche von Felsmassen zurückzuführen sind, haben wir es hier mit einer Dolinenart zu tun, welche nicht durch Einstürze hervorgegangen sein kann. Wir haben dann Gebilde der zweiten Gruppe von Dolinen,

welche unmittelbar vom Wasser durch subaerische Abtragung gebildet worden sind.

### **Durch subaerische Abtragung entstandene Dolinen.**

Auf S. 142 haben wir die unmittelbar vom Wasser an der Oberfläche (subaerisch) geschaffenen Dolinen von den mittelbar vom Wasser gebildeten Einsturzdolinen unterschieden. Die subaerisch gebildeten Dolinen, namentlich diejenigen von brunnenförmiger Gestalt, sind ihrer Entstehung nach nichts anderes als Höhlen, nur daß diese nicht in der Horizontalen, sondern in der Vertikalen ihre Längenerstreckung haben. Bei den mehr trichter- oder schüsselförmigen Dolinen würde der Ausdruck Höhle allerdings zu verwerfen sein — gleichwohl sind aber auch sie des öfteren, ebenso wie im Inneren des Gebirges die Höhlen, durch die chemische Kraft des Wassers, insonderheit des kohlenensäure-führenden gebildet.

Betrachten wir zunächst von den durch subaerische Abtragung gebildeten Dolinen diejenigen von brunnenförmiger Gestalt. Die Entstehungsart dieser ist bei weitem die einfachste aller Dolinen.

Sie werden bei der für Karstgebirge charakteristischen vertikalen Entwässerungsart durch die Korrosion des in die Tiefe herabrinnenden Wassers in Gestalt schlotförmiger Gänge geschaffen. Da die in den Karstgebieten versinkenden Wasser sich unterirdisch im Grundwasser oder in Grundwasserströmen bzw. in Höhlenflüssen vereinigen, so müssen auch die vom Wasser geschaffenen brunnenförmigen Dolinen in der Tiefe stets mit einer dieser drei „Grundwasserarten“ in Verbindung stehen — oder zum mindesten gestanden haben. Wenn das nun heute nicht mehr der Fall ist — und es ist in der Tat selten, daß die Dolinen auf unterirdisches Wasser münden —, so findet dies einestheils seine Erklärung darin, daß das Grundwasser bereits von seiner allgemeinen Ausbreitung gewichen und in bestimmte Grundwasserströme sich zurückgezogen hat.

Zum anderen Teil aber ist das Fehlen der Beziehungen zwischen Dolinenschächten und Grundwasser darauf zurückzuführen, daß die Zugangsspalten der Dolinen zu jenem durch herabgebrochene Gesteinstrümmer verschüttet sind. So finden sich am Boden aller Dolinen große Mengen von Gesteinsschutt und von oben eingeschwemmter Erde angesammelt. Denken wir

uns diese Zuschüttung lange Zeiten hindurch fortgesetzt, dann wird der Dolinenschacht erfüllt sein, und die ursprünglich brunnenförmige Doline hätte eine mehr trichterförmige Gestalt angenommen. Wenn nun durch die Verwitterung auch die oberen Ränder der Dolinen abgetragen werden, dann ist die Trichterform völlig hergestellt und wird dieser Zuschüttungsprozeß noch weiter fortgesetzt, dann entsteht schließlich eine Doline von schüsselförmiger Gestalt. Somit hätten wir eine der subaërischen Entstehungsweisen von Dolinen berührt; sie ist aber keineswegs die einzige. Denn wir hatten hierbei nur einen bestimmten Fall angenommen, in dem vorausgesetzt wurde, daß bei der hohen Zerklüftung der Karstgebiete das Wasser die Möglichkeit hatte, auf einer der Spalten in die Tiefe zu rinne, so daß diese zu einem Dolinenschachte erweitert werden konnte. Falls nun solche größere Spalten in der Felsmasse nicht vorhanden sind, so können diese auch durch viele kleine nahe benachbart gelegene ersetzt werden. Auf diesen kleinen engen Spalten versickert das Wasser naturgemäß bedeutend langsamer als auf einer einzigen großen Spalte. Infolgedessen hat es Zeit, seine volle Lösungskraft bereits an der Oberfläche zu entfalten. Es löst hier ganz allmählich den Kalk bzw. Dolomit auf und nimmt das gelöste Material mit in die Tiefe, während an der Oberfläche nur der unlösliche Bestandteil der Karstgesteine — die Terra rossa — zurückbleibt. Durch die Auflösung und Fortführung des Kalkes in die Tiefe muß sich naturgemäß an der Oberfläche allmählich eine Einsenkung bilden; wenn diese Einsenkung noch gering ist, dann haben wir eine schüsselförmige, wenn sie stärker ist, aber eine trichterförmige Doline. Es ist, wie schon gesagt, das Verdienst von J. Cvijić, diese Entstehungsart vieler Dolinen richtig erkannt zu haben. Unsere Abbildung zeigt ein Profil durch eine auf diese Weise entstandene Doline <sup>1)</sup> (Fig. 27).

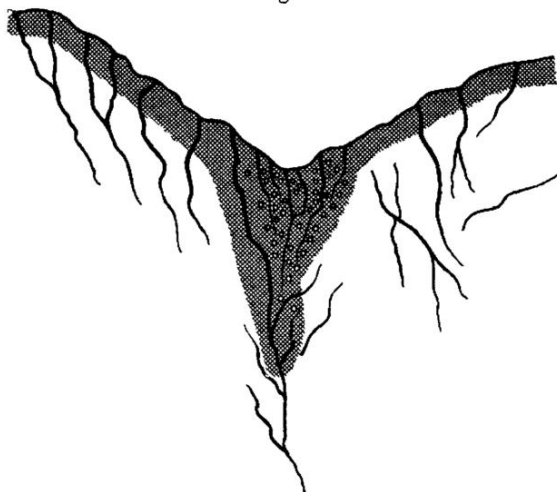
---

<sup>1)</sup> Streng genommen sind diese Dolinen überhaupt gar keine Karstphänomene. Denn das Wesentliche der „Verkarstung“ ist die Verlegung des Wassers — also auch der Wirkung des Wassers — von der Oberfläche in die Tiefe. Die Korrosionswirkungen an der Oberfläche sind somit nichts dem Karst Eigentümliches; sie können in jedem vom Wasser löslichen Gestein entstehen, auch wenn es keineswegs die Eigenschaften eines Karstgesteines besitzt.

Ebensowenig ist die Karrenbildung ein Karstphänomen. Die „Karren“ sind oft viele Centimeter tiefe Rinnen, welche das ober-

Zu der Gruppe der subaërisch entstandenen Dolinen müssen auch viele jener Ponore gezählt werden, von denen eingehender in dem Abschnitt über Höhlenflüsse berichtet wurde. Wir haben dabei des öfteren erwähnt, daß ein Fluß beim Betreten verkarsteten Gebietes von der Oberfläche verschwindet. Diese Flußschwinden, oder besser gesagt, die Löcher, in welche die Flüsse sich ergießen, also die Ponore, sind ihrer Form nach vielfach nichts anderes als Dolinen; und es bleibt ungewiß, ob nicht so manche der Dolinen,

Fig. 27.



Profilschnitt durch eine subaërisch gebildete Doline infolge Auflösung des Gesteins durch Sickerwasser (nach J. Cvijič).

welche heute zwar nicht mehr als Ponore in Tätigkeit sind, ehemals dennoch als solche angelegt wurden.

Hierbei muß auf eine vielfach verbreitete irrige Meinung aufmerksam gemacht werden, nach welcher der Fluß die als Ponor wirkende Doline geschaffen haben soll. Demgegenüber

---

flächlich rinnende Regenwasser durch seine Korrosionstätigkeit gegraben hat. Die einzelnen Rinnen eines Karrenfeldes sind durch schmale, scharfe Grate voneinander getrennt. Solche Karrenfelder finden sich auch im Karst; sie sind aber nicht dem Karst eigentümlich; sie sind kein Karstphänomen. Deswegen haben wir ihrer bisher überhaupt nicht gedacht.

müssen wir aber betonen, daß ein Fluß als solcher nicht imstande ist, eine Doline zu bilden. Die Entstehung einer Ponor-Doline ist vielmehr in anderer Weise, und zwar wie folgt zu denken. Der Fluß fließt über klüftiges Karstgestein; dabei werden von den Spalten zunächst nur kleine Quantitäten Wasser verschluckt, welche langsam in die Tiefe rieseln und dabei, ihre chemische Tätigkeit entfaltend, die vorhandenen Spalten zu Höhlen, bzw. Höhlenschloten erweitern. In dem gleichen Maße, in dem die Spalten mehr erweitert werden, wird auch dem Flusse immer mehr Wasser entzogen, bis schließlich der gesamte Fluß sich in die von Sickerwassern gebildete Ponor-Doline ergießt. Der Fluß als solcher hat somit nicht die Doline geschaffen, sondern die von ihm aus in der Tiefe sich verlierenden Sickerwasser haben es getan. Ganz ebenso kann auch die Dolinenbildung ohne Hinzutun eines Flusses allein durch die den Niederschlägen entstammenden Sickerwasser vor sich gehen; nur wird in dem Falle, wo durch einen Fluß ständig neues Wasser herbeigetragen wird, die Bildung von Dolinen sehr beschleunigt werden. Gänzlich unabhängig von Flüssen haben sich beispielsweise die vielen Hunderte von Dolinen gebildet, welche auf der Höhe des süddeutschen Juraplateaus vorkommen. Hinsichtlich sehr vieler derselben ist es jedoch zweifelhaft, ob sie nicht durch Einsturz von Höhlen entstanden sind und somit der Gruppe der Einsturzdolinen beizuzählen sind. Die allgemein dort übliche Bezeichnung „Erdfall“ für eine solche Doline läßt das instinktive Gefühl der Bewohner erkennen, nach welchem diese Löcher mit ehemaligen Höhlen in Verbindung gebracht werden. Daß bei vielen Erdfällen dies der Fall ist, haben wir bereits erwähnt; bezüglich vieler anderer Erdfälle aber darf man wohl annehmen, daß sie sich durch die von Cvijič so eingehend studierte sub-aërische Abtragung gebildet haben.

---

Da, wie die vorhergehenden Seiten gezeigt haben, die Bildung der Dolinen auf sehr verschiedene Weise vor sich gegangen sein kann, dürfen wir in der Bezeichnung „Doline“ nunmehr nur noch einen morphologischen Begriff, nicht aber einen geologischen erblicken. Denn geologisch stellt das Wort Doline sich nicht mehr als Einheit dar. E. Tietze hat daher die durch Einsturz gebildeten Dolinen als „echte Dolinen“ von den

| Wissenschaftliche<br>Bezeichnung                                     | Deutschland<br>(u. Deutsch-Österreich)                                                             | Frankreich                              | England                     | Andere Länder                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brunnenförmige<br>Doline oder Naturschacht                           | Schlund<br>Einsturzschlund<br>Erosions- (besser Korrosions-) schlund<br>Wetterlöcher<br>Windlöcher | Gouffres<br>Abîmes<br>Avens<br>Tindouls | Light holes                 | Jama (Krain)<br>Breždno (Krain) [= ohne<br>Boden, Abgrund]<br>Propast (Böhmen)<br>[= Abgrund]<br>Aerde pipes (Belgien)<br>[= Erdpfeife]                              |
| Dolinen<br>(nach Cvijič schüssel-<br>und trichterförmige<br>Dolinen) | Doline<br>Erdfall<br>Erdrichter<br>Karsttrichter<br>Höhle<br>Erdloch                               | Entonnoirs<br>Marnes<br>Bétoires usw.   | Swallow holes<br>Sink holes | Dolina (Krain) [= kleines<br>Tal]<br>Závrtky (Böhmen)<br>Vrtača (Serbien)<br>Vrčina (Dalmatien)<br>Dolac (Istrien)<br>Duliba (Kroatien)<br>Busi (Italien) [= Löcher] |

subaërisch gebildeten auszuscheiden versucht; nach Ansicht dieses Forschers waren die Einsturzdolinen die wichtigsten. Umgekehrt hat aber Cvijić, von der Ansicht ausgehend, daß die subaërisch gebildeten Dolinen die häufigeren seien, diese letzteren als „echte Dolinen“ bezeichnet. Der Ausdruck „echte Dolinen“ führt somit zu Verwechslungen und ist daher zu verwerfen. Ähnlich geht es mit vielen anderen Bezeichnungen, welche für die zur Gruppe der Dolinen gehörigen Karstgebilde in Anwendung gekommen sind. Wir haben uns hier im allgemeinen nur weniger Bezeichnungen bedient; da indessen in vielen geographischen Büchern andere Ausdrücke in Anwendung kommen, sind die häufigeren synonymen Bezeichnungen auf vorstehender Tabelle (S. 155) angeführt worden.

Es erübrigt nun noch einiges hinsichtlich der Verteilung der Dolinen auf der Oberfläche der Karstgebiete zu erörtern. Wie bereits hervorgehoben, sind manche Zonen der Karstgebiete mit Dolinen derart übersät, daß die österreichischen Geologen sich des freilich sehr naturalistisch klingenden Ausdruckes „blattersteppig“ für solche Terrains bedienten. In vielen verkarsteten Gebieten sind jedoch die Dolinen nicht in dem Maße verbreitet; dann kann man beobachten, daß die Dolinen sich auf gewisse stark zerklüftete Zonen des Gebirges beschränken. So haben wir bereits erwähnt, daß nach den Untersuchungen A. Neischls im Fränkischen Jura sich solche Zerklüftungen erkennen lassen, auf welchen die Dolinen verteilt sind.

Auch durch die wichtigen Studien von H. Stille im Gebiet der Paderborner Hochfläche wurden, wie bekannt, solche Dolinenzonen konstatiert, und zwar hier zugleich im Zusammenhang mit Grundwasserströmen.

Hinsichtlich der meisten dieser Dolinen herrscht jedoch Unsicherheit, ob ihre Entstehung auf subaërische oder subterrestrische Abtragung zurückzuführen ist; denn beide genetisch zu trennenden Gruppen von Dolinen kommen in der Natur stets nebeneinander vor. Dieser Umstand findet darin seine Erklärung, daß die stark zerklüfteten Zonen des Gebirges sowohl der subaërischen Dolinenbildung, wie auch der subterrestrischen Höhlenbildung günstig sind; wo aber letztere stattfindet, müssen auch Einbruchserscheinungen vorkommen können. Folglich finden sich auch stets die Einsturzdolinen neben den subaërisch entstandenen.

Innerhalb solcher, durch zahlreiche Dolinen ausgezeichneter Zerklüftungszonen treten vielfach nahe benachbarte Dolinen in ausgesprochen reihenförmiger Anordnung nebeneinander auf. Diese Dolinenreihen haben sich durch gleichzeitige Erweiterung einer längeren Spalte an mehreren Stellen gebildet.

Auch reihenförmig angeordnete Einsturzdolinen können zuweilen vorkommen. Ihre Entstehung ist dann auf Einbruch eines längeren Höhlensystems zurückzuführen; bei Besprechung der unterirdischen Donau-Rheinverbindung hatten wir erläutert, wie durch die bereits begonnenen Einbrüche allmählich eine ganze Reihe von Einbrüchen entstehen müssen, aus welchen schließlich ein ganzes Tal durch Einbruch entstehen kann. Dies führt uns jedoch bereits zu den im folgenden Kapitel zu besprechenden Erscheinungen.

---

## Fünfzehntes Kapitel.

### Die Bedeutung der Dolinen für die Entstehung von Tälern.

Fehlen der Erosionstäler in Karstländern. — Tektonische Täler. — Einsturztäler. — Tal der Sorgue (Vaucluse). — Rückschritt der Quellen infolge Einsturz von Quelhöhlen. — Vauclusetäler. — Dolinen als Talanfänge.

---

Da die Entwässerung echter Karstgebiete nicht an der Oberfläche stattfindet, sondern infolge der hohen Klüftigkeit des Gesteins in die Tiefe verlegt ist, können sich auch keine Täler durch die erodierenden Kräfte des Wassers bilden.

Wo sich in den Karstgebieten dennoch Talungen finden, muß ihre Bildung auf eine andere Entstehungsursache, als durch die Erosion zurückgeführt werden. Von dieser abgesehen, kennen wir nun noch verschiedene andere Ursachen für die Entstehung von Tälern: zunächst sind es die gebirgsbildenden (tektonischen) Kräfte, welche talbildend wirken können. „Tektonische Täler“ sind einmal die sogenannten Grabenbrüche, das sind langgestreckte Streifen Landes, welche sich zwischen