universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Höhlenkunde

Knebel, Walther von

Braunschweig, 1906

Zwölftes Kapitel. Submarine Quellen und Meerschwinden als Beweise für das Vorhandensein von Höhlenflüssen

urn:nbn:at:at-ubi:2-3838

Zwölftes Kapitel.

Submarine Quellen und Meerschwinden als Beweise für das Vorhandensein von Höhlenflüssen.

1. Submarine Quellen. — Deutung derselben als Höhlenflüsse. — Erklärungsversuche durch Grundwasser. — Geologische Bedeutung der submarinen Quellen. — 2. Meeresschwinden. — Meermühlen von Argostoli. — Meeresschwinden von Abbazia. — Erklärungsversuche, Mousson, Fouqué, Wiebel. — Entstehungsgang der Meeresschwinden. — Meeresschwinde von Cette. — Inversion der Meeresschwinden. — Brackwasserquellen. — Bedeutung der Meeresschwinden für die Höhlenkunde.

---

1. Submarine Quellen. Ein Phänomen, welches längs der Küsten vieler Karstländer sehr häufig zu beobachten ist, sind die Süßwasserquellen, welche unterhalb des Meeresspiegels hervorbrechen.

Man hat sie von jeher als Ausflüsse unterirdischer Wasserläufe gedeutet, deren Strömung kräftig genug ist, um den hydrostatischen Gegendruck des vor der Quellöffnung befindlichen Meerwassers zu überwinden. Die unterseeisch einmündenden Bäche hatten somit gar nichts Eigentümliches und Merkwürdiges an sich; war man doch längst mit dem eigenartigen Phänomen der unterirdischen Flüsse in Karstgebieten vertraut! Man glaubte in den Vauclusequellen des Karstes bereits zahlreiche Orte des Hervorbrechens von Höhlenflüssen zu kennen. Daher erschienen auch zufällig submarin hervortretende Höhlenflüsse durchaus nicht bemerkenswert.

Neuerdings wird aber die Existenz der Höhlenflüsse bestritten und bezüglich aller Quellen des Karstes — auch der Riesenquellen — angenommen, daß sie dem Grundwasser entströmen [1]). Wenn dies wirklich zuträfe, so wäre man gezwungen, auch die sub-

---

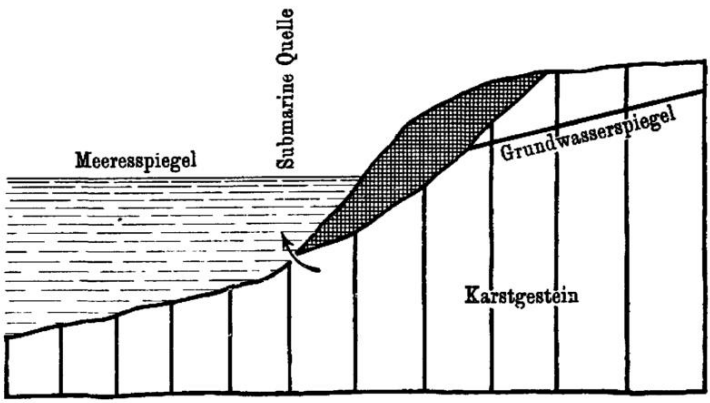
[1]) Der Ansicht Grunds haben sich auch andere Forscher angeschlossen; unter ihnen A. Penck. Vgl. A. Penck, Über das Karstphänomen. Wien 1904. Vorträge d. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, Heft I.

marinen Süßwasserquellen nicht etwa als unterseeisch einmündende Höhlenflüsse, sondern als hervortretendes Grundwasser anzusehen.

Gesetzt den Fall, daß diese Quellen wirklich dem Grundwasser entströmen würden, so müßte es nach dem im vorigen Kapitel Gesagten das angeblich „stagnierende" Grundwasser sein, welches hervortritt und sich also an jenen Orten nicht, wie man erwarten sollte, in Stagnation befindet.

Die Grenze zwischen stagnierendem und fließendem Grundwasser müßte also — falls von Grundwasser hier überhaupt ge-

Fig. 12.



Schematische Abbildung zur Erklärung des submarinen Ausflusses von Grundwasser

wasserundurchlässiges Gestein

redet werden darf — unterhalb des Meeresspiegels sein; ein Umstand, der höchst rätselhaft wäre.

Allerdings könnte durch lokale Verhältnisse dies wohl erklärt werden. Gesetzt, daß die Meeresküste nicht von Karstgesteinen gebildet werde, sondern von einer Zone wasserundurchlässiger Gesteine, welche nahe der Meeresoberfläche sich zwischen Meer und Karst schöbe, in der Tiefe aber sich verlöre, wie dies vorstehendes Profil (Fig. 12) andeutet, dann könnten submarin einmündende Grundwasserquellen zu verstehen sein.

Denn der ständig anwachsende Druck des auf der Landseite steigenden Grundwassers würde es dann vermögen, den hydro-

statischen Gegendruck des Meerwassers zu überwinden, welches mit dem Karst unterhalb der wasserundurchlässigen Gesteinszone in Berührung tritt. Infolgedessen könnte das Grundwasser trotz des darüber lastenden Meerwassers in der Tiefe als Quelle hervorströmen.

Solche Fälle mögen wohl vorkommen, aber sie sind doch rein lokaler Natur und sicher nicht häufig genug, um die große Verbreitung des Phänomens submarin einmündender, angeblich dem Grundwasser entstammender Quellen an den Karstküsten zu erklären.

Da nämlich das Karstgebirge von unzähligen Spalten durchsetzt wird, aus welchen das Grundwasser oberhalb des Meeresspiegels leicht hervorbrechen kann, ist es, wie gesagt, durchaus unerklärlich, warum es dennoch submarin austritt.

Auch Grund vermag es nicht, hierfür eine befriedigende Erklärung zu geben; vielmehr äußert sich jener Forscher folgendermaßen [1]:

„Das Abflußniveau des Karstwassers (fließenden Grundwassers) stellt der Meeresspiegel dar. Da nun aber das Karstwasser eine Mächtigkeit hat, so tritt es auch in größerer Höhe über dem Meere zutage. Andererseits ist der hydrostatische Druck des Karstwassers imstande, bis zu gewisser Tiefe den hydrostatischen Gegendruck des Meeres zu überwinden, so daß auch ein unterseeisches Abfließen des Karstwassers zu beobachten ist. Die Oberfläche des stagnierenden Grundwassers fällt daher auch am Meeresstrande nicht mit dem Meeresspiegel zusammen.“ (Karsthydrographie, S. 174.)

Warum aber das fließende Grundwasser den schwierigen submarinen Weg so oft wählt, wo es doch an der Oberfläche um vieles leichter hervorbrechen könnte, diese Frage wird von Grund gar nicht erörtert; auch ist seine Theorie nicht imstande, sie zu beantworten.

Dabei handelt es sich durchaus nicht etwa um ein unwichtiges Phänomen, sondern im Gegenteil um ein sehr häufiges. So sind beispielsweise an der istrischen Küste viele hunderte submariner Quellen zu beobachten. Bei Ika und bei Iccici an der

---

[1]) Wir zitieren diese Stelle wörtlich, weil sie am besten die Unsicherheit zeigt.

Ostküste Istriens kommen sie zu Dutzenden geschart vor. Sollten da überall so komplizierte Verhältnisse bezüglich der Lagerung der Gesteine vorliegen? — Nichts ist hierüber bekannt.

Demgegenüber vermag man die Existenz submariner Quellen viel einfacher und ungezwungener durch die Annahme von Höhlenflüssen zu erklären, welche ein hinreichend großes Gefälle besitzen, um den Gegendruck des Meeres zu überwinden. Durch die Zurückführung der submarinen Quellen auf Höhlenflüsse ist auch die große Häufigkeit dieses Phänomens in den höhlenartigen Karstgesteinen und das Fehlen derselben an anderen Küsten verständlich.

Wenn nun Höhlenflüsse an den Karstküsten, nach der großen Zahl der submarinen Quellen zu urteilen, häufige Erscheinungen sind, so kann man wohl mit Recht den Schluß ziehen, daß auch in verkarstetem Binnenlande Höhlenflüsse keineswegs selten sind. Die früher ganz allgemein angenommene Ansicht, daß es Flüsse seien, welche in Ponoren verschwinden und in Vauclusequellen wieder zutage treten, diese alte Meinung findet hierdurch eine erneute Bestätigung.

Ebenso wie auf dem Lande bedeutende Quellen — Vauclusequellen — zuweilen vorkommen, so finden sich auch solche unterhalb des Meeresspiegels an der Küste. Zu diesen submarinen Vauclusequellen gehören beispielsweise die Quellen der Aurisina bei Triest, welche bis zu 20000 cbm Wasser pro Tag liefern.

Denken wir uns den Meeresspiegel der Adria noch um wenige Meter anschwellen, so würde auch der Timavo nicht mehr als oberirdische Vauclusequelle dem Karst entströmen, sondern eine Reihe von submarinen Quellen — drei gewaltig große und viele kleinere — würden an seiner Stelle hervorsprudeln: es sind die jetzigen Arme des rätselhaften Höhlenflusses.

Hierbei kommen wir zu der wichtigen Frage, wie submarin einmündende Wasserhöhlen überhaupt entstehen können, wo doch das Wasser des Karstes, wie bekannt, infolge der hohen Klüftigkeit sich leicht einen Höhlenweg graben kann, dessen Mündung höher gelegen ist als der Meeresspiegel, so daß er den Druck des Meerwassers nicht zu überwinden braucht.

Dies ist nur durch ein anderes geologisches Ereignis zu erklären, nämlich durch eine Strandverschiebung, infolge deren die Öffnung einer bereits vorhandenen Wasserhöhle

unter den Meeresspiegel gekommen ist. **Submarine Quellen sind die Anzeichen einer positiven Strandverschiebung [1]).**

Bezüglich der istrischen Küste scheint dies auch durch eine Reihe anderer Umstände bewiesen zu sein [2]). Aber selbst wenn

---

[1]) Man unterscheidet zwischen positiven und negativen Strandverschiebungen. Positive Bewegungen äußern sich durch das Steigen des Meeresspiegels bzw. Sinken des Landes; umgekehrt bezeichnen negative Strandverschiebungen solche Bewegungen, zufolge deren der Meeresspiegel sinkt oder das Land sich hebt.

[2]) Über Strandverschiebungen an jenem Teile der Adria liegen eine Fülle von Beobachtungen vor. Dr. Vincenz Hilber hat sie einer kritischen Betrachtung unterzogen. V. Hilber: Geologische Küstenforschungen zwischen Grado und Pola am Adriatischen Meere, nebst Mitteilungen über ufernahe Baureste (Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse d. k. k. Akademie der Wissenschaften **118**, Abt. I). Hilber gelangt zwar auf Grund seiner 24tägigen Studien zu der schon von Suess ausgesprochenen Ansicht, daß Schwankungen des Meeresspiegels der Adria nicht allgemein nachweisbar seien, sondern höchstens ganz lokaler Natur sind. Indessen ist, wie Hilber selbst angibt, die Ansicht einer positiven Küstenverschiebung auf eine Reihe von nicht weniger als 27 Gründen fundiert, von denen im einzelnen zwar wohl nur wenige einwandfrei sind, deren Gesamtheit aber dennoch eine positive Strandverschiebung zu beweisen scheint. Ich lasse die Gründe hier folgen, weil sie den aus der Existenz submariner Quellen gezogenen Schluß auf eine positive Strandverschiebung bestätigen; folgende Erscheinungen sind es, welche auf ein Steigen des Meeresspiegels vielfach zurückgeführt werden (Hilber, S. 278, 279):

1. Die Küstengestalt (Einschnitte [auch Fjorde], Inseln).
2. Verwandlungen von Halbinseln in Inseln (Trau in Dalmatien, Sta. Maura im Ionischen Meere).
3. „Versunkene“ Inseln.
4. Weitere Ausdehnung des Landes zur Römerzeit.
5. Erweiterung eines Meerbusens (Busen von Korinth).
6. Versumpfung.
7. Vertiefung eines Flusses (Reczina bei Fiume).
8. Eindringen des Meerwassers in eine Flußmündung (Narenta).
9. Verminderung eines Flußgefälles (Timavo).
10. Versalzung eines Süßwassersees (Vranasee).
11. Stauung eines Wasserausführungsganges durch die Flut (Triest).
12. Alljährig notwendige Erhöhung der Plätze, über welche das Wasser in die Zisternen läuft (Venedig).
13. Annäherung des Meeres an die Häuser (Triest, Pola).
14. Verstärkung der Überschwemmungen durch das Meer (Triest, Piazza grande; Venedig, Markusplatz).

dies nicht der Fall wäre, so könnte man allein schon aus dem Vorhandensein unterseeisch einmündender Wasserläufe auf eine positive Strandverschiebung schließen.

So liefert die Höhlenkunde zuweilen wertvolle Beiträge zur Geschichte der jüngeren Krustenbewegungen unserer Erde.

Wir kommen also zu dem Ergebnis: Durch die Existenz submarin einmündender Quellen wird das Vorhanden-

---

15. Lage unterirdisch angelegter Räume in der jetzigen Höhe des Meeresspiegels (Lissa).
16. Gebäudereste, namentlich Mosaikböden unter dem Meeresspiegel.
17. Reste von Böden in einem tieferen Niveau, als für die Anlage wahrscheinlich.
18. Eine steinerne Treppe unter dem Meeresspiegel (Venedig).
19. Untermeerische Reste alter Häfen, besonders Molos.
20. „Versunkene" Pfähle (Fiume).
21. Überschwemmung eines romischen Begräbnisplatzes durch die Flut (Zara).
22. Vorkommen von römischen Aschen- und Weinkrügen, Sarkophagen (zum Teil „anscheinend wenigstens noch immer auf ihrem ursprünglichen Standorte" [Spalato]), Lampen, Salbenbüchsen, einem Marmorcippus im Meere.
23. Unterseeische Lage eines in den anstoßenden Fels gehauenen Kreuzes (Porto Ré).
24. Meerbespülte Inschrift (Xivogoschie, jedenfalls das Živogosče der Küstenkarte, südöstl. von Makarska).
25. In höheren Niveaus wiederholte Pflasterungen.
26. Aufgegebene Städteanlagen neben neuen.
27. Auftreten der Malaria an Stellen wahrscheinlich fieberfreier römischer Ansiedlungen.

Das verbreitete Phänomen der submarinen Quellen würde als das 28. Argument diese Reihe beschließen. Unseres Erachtens ist es auch als völlig einwandfrei anzusehen, was übrigens nur von den wenigsten der übrigen Argumente gilt.

Vielfach mag die positive Strandverschiebung ja nur eine scheinbare sein, indem sie auf einem Zusammensinken des lockeren Schwemmlandes am Ufer, oder auf einem durch Abrasion bedingten Rücktritt des Uferrandes beruht. Aber andere Tatsachen namentlich an Karstküsten lassen sich nicht durch eine positive Progression des Meeres in horizontaler Richtung, sondern nur durch eine solche in vertikaler Richtung erklären. Dazu gehört eben ganz besonders das häufige Phänomen submariner Quellen in jenen Gebieten.

Übrigens erwähnt beiläufig auch A. Penck bezüglich des Austrittes der bei St. Canzian verschwindenden Reka, daß er infolge Senkung des Küstenlandes unter den Meeresspiegel gekommen sei, ohne indessen diese Annahme näher zu begründen.

sein von Höhlenflüssen bewiesen. Aus der Häufigkeit unterseeischer Quellen folgt daher, daß das Phänomen unterirdischer Flüsse im Karst sehr verbreitet ist.

Noch deutlicher als die submarinen Quellen spricht ein anderes Phänomen für die Existenz von Höhlenflüssen: das sind die Meeresschwinden.

2. Meeresschwinden. Ein äußerst seltsames Karstphänomen, welches indessen nur wenig bekannt ist, da es in den wenigsten geologischen und geographischen Lehrbüchern erwähnt wird, sind die **Meeresschwinden.** Das Meerwasser strömt an diesen Orten in gleicher Weise, wie das Süßwasser der Flußschwinden (Ponore) in Klüfte und Höhlungen des Karstes.

Die am meisten bekannte Meeresschwinde findet sich auf der ionischen Insel Kephalonia nahe der Stadt Argostoli. Hier strömt an zwei Orten das Meerwasser mit großer Heftigkeit in scheinbar unbedeutende Öffnungen zwischen den Karstfelsen; auf etwa 150 000 cbm wird die Wassermasse angegeben, welche alltäglich daselbst verschwindet. Dabei ist die Strömung bedeutend genug, um zwei Mühlen zu treiben, deren Räder in künstlich geschaffene Höhlungen eingelassen sind. Man hat sie die Meermühlen von Argostoli genannt. Diese Meeresschwinden bilden eine Hauptsehenswürdigkeit des Ortes.

Das gleiche Phänomen beobachtet man auch am Südstrande von Abbazia an der istrischen Ostküste. Auch hier verschwinden an drei nahe benachbarten Stellen beträchtliche Quantitäten von Meerwasser. Es sind weit über 1000 Sekundenliter, welche scheinbar spurlos verschwinden. Den „Teufelsbrunnen“ hat man diese Lokalität benannt, wohl um das Schwerzuverstehende dieses Phänomens anzudeuten.

In der Tat, es wäre fast unmöglich zu erklären, wohin das Wasser fließt, wenn man nicht annehmen wollte, daß es an anderer Stelle dem Meere wieder zuströmt [1]). Aber auch dieser Kreis-

---

[1]) Es ist allerdings auch die Ansicht ausgesprochen worden — wenn sie auch nie bestimmt vertreten wurde —, daß das von den Meeresschwinden absorbierte Wasser in große Tiefen der Erde, an den Sitz des Vulkanismus herabdringe und dort infolge von Explosionen die in Küstengebirgen so häufige vulkanische Tätigkeit bewirke. Erstens ist hiergegen einzuwenden, daß der Vulkanismus doch viel zu

lauf ist durchaus nicht einfach zu deuten; trotzdem aber kann man sagen, daß dies hinreichend geschehen ist.

Zunächst hat man ganz richtig erkannt, daß die Meeresschwinden sich allein auf Karstgebiete beschränken oder, besser gesagt, beschränken können. Denn nur durch die dort herrschende hohe Klüftigkeit und das reich ausgebildete Höhlenphänomen ist es überhaupt möglich, daß das Meerwasser ins Gebirge eindringt.

Aber wie das dem Meere entströmende Wasser wieder ins Meer zurückgelangt, diese Frage ist auf verschiedene Weise gedeutet worden.

Die erste Erklärung verdanken wir Mousson. Nach dessen Ansicht dringt das Meerwasser auf Spalten in jene großen Tiefen hinab, in welchen weit höhere Temperatur herrscht. Dort wird es erwärmt und steigt auf einer anderen Stelle wieder empor. Dieser Kreislauf erklärt sich dadurch, daß das emporströmende erwärmte Wasser spezifisch leichter ist, als das in die Tiefe dringende kalte Wasser.

Sobald dieser Kreislauf einmal in Gang geraten ist, dann ist er physikalisch durchaus zu verstehen. Denn die Kraft, welche die Bewegung erhält, die Erdwärme, ist, nach menschlichem Maß gemessen, als unerschöpflich zu betrachten.

Vom geologischen Standpunkte aus läßt sich aber dagegen einwenden, daß erstens Spalten und Höhlenbildungen kaum in solch große Tiefen hinabsetzen können, und zweitens daß man, selbst wenn dies möglich wäre, nicht verstehen kann, wie dieser Kreislauf zuerst entstanden sei. Wenn zwei röhrenförmig gestaltete Höhlen in die Tiefe setzen und dort kommunizieren — warum dringt denn nur auf der einen Seite das Wasser in die Tiefe, während es auf der anderen emporsteigt? Der erste Anstoß zu der Bewegung ist von dieser Theorie nicht erklärt.

Aber selbst den Fall gesetzt, daß ein solcher sich wirklich finden ließe — wir müßten dennoch die Theorie Moussons als zu unwahrscheinlich verwerfen und der Ansicht J. Partschs bei-

---

ungleichmäßig tätig ist, als daß er das gleichmäßige Verschwinden des Meerwassers erklären könnte; zweitens befinden sich gerade die bekannten Meeresschwinden in Gebieten, welche durchaus frei von vulkanischer Tätigkeit geblieben sind.

pflichten [1]) —, nämlich, daß die Theorie nur das für sich hat, daß sie sich weder beweisen noch widerlegen ließe Die Annahme derselben kommt also einem Verzicht auf die Erklärung des Phänomens gleich, weil dadurch nur eine Reihe neuer Rätsel sich entwickelt.

Die zweite Erklärung für das Phänomen der Meeresschwinden von Argostoli wurde von Fouqué gegeben [2]). Die Theorie dieses Forschers setzt mit einer bestimmten Beobachtung ein. Es treten nämlich jenseits der kanalartig gestalteten Bucht von Argostoli eine Reihe von Brackwasserquellen zutage — ein deutliches Zeichen, daß die in den Quellen hervorbrechenden Wasser Zuflüsse vom Meere her haben.

Das Meerwasser, welches auf der einen Seite der Bucht in die Tiefe strömt, kommt nach Fouqué auf der anderen Seite mit Süßwasser gemischt als Brackwasserquell wieder hervor.

Auch nach dieser Erklärung haben wir ein kommunizierendes Höhlenrohrensystem, welches jedoch nicht, wie Mousson angenommen hat, in große Tiefen hinabzuführen braucht. Denn nicht die Erdwärme bewirkt das Wiederaufsteigen der von den Meeresschwinden absorbierten Wassermassen, sondern Süßwasserquellen, deren spezifisch leichteres Wasser sich mit dem schwereren Salzwasser mischt. Schweres Salzwasser dringt also in die Tiefe, während leichteres Brackwasser wieder emporsteigt.

Da nun in dem einen Schenkel des kommunizierenden Röhrensystemes sich schweres Meerwasser befindet, im anderen aber leichteres Brackwasser, so ist es sehr wohl zu verstehen, warum die brackischen Quellen oberhalb des Meeresspiegels wieder zutage treten können.

Die Theorie Fouqués hat vor der Moussons einmal das voraus, daß sie sich auf tatsächliche Beobachtungen stützt, und daß sie zweitens für die in Karstgebieten herrschenden Verhältnisse gleichsam zugeschnitten ist.

Unsere Fig. 13 gibt in einem schematischen Profil die Auffassung Fouqués wieder.

SW bedeutet Süßwasser, *BrW* Brackwasser, *MW* Meerwasser. Die Strömungsrichtung ist durch Pfeile angedeutet.

---

[1]) J. Partsch, Kephalonia und Ithaka. Petermanns geograph. Mitteil. 1890, Ergänzungsheft 98.

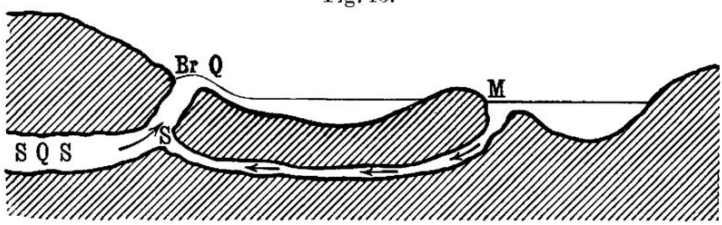
[2]) Archive des missions scientifiques 4.

Einen Umstand berücksichtigt aber die Fouquésche Theorie der Meeresschwinden ebenfalls nicht, nämlich die Entstehung einer solchen. Warum strömt das Meerwasser in den Bereich der aufsteigenden Süßwasserquellen? Sehr viel einfacher wäre es doch, wenn das süße Wasser, dessen spezifisches Gewicht geringer ist als das des Brackwassers, emporströmen würde, ohne erst salziges Wasser mitzunehmen!

Warum dies dennoch geschieht — die Erklärung hierfür verdanken wir Wiebel[1]). Nach dessen Meinung kommt das Meerwasser in den Bereich der Saugwirkung von Quellströmen. Deswegen vermischt sich Meer- und Süßwasser und steigt als Brackwasser empor.

Die Wiebelsche Theorie ist daher in ihrem Kernpunkt als die weiter ausgebildete Fouquésche Theorie aufzufassen. Sie erklärt die Verhältnisse in befriedigender Weise.

Fig. 13.



Schematisches Profil durch die Meeresschwinde von Argostoli.
S Q S Süßwasserquellstrom; *S* Saugpunkt; *M* Meeresschwinde; *Br Q* Brackwasserquelle.

Daß bezüglich des bestimmten Falles bei Argostoli Wiebel der Ansicht zu sein scheint, daß das Meerwasser an anderer Stelle (nämlich im Osten) hervorkommt, als Fouqué meint — das ist ohne Belang für die Theorie selbst.

Das Phänomen der Meeresschwinden hat jedenfalls hiermit seine Erklärung gefunden[2]).

Bei Argostoli haben wir indessen einen sehr komplizierten Fall des Phänomens der Meeresschwinden vor uns. Muß doch

---

[1]) Wiebel, Die Insel Kephalonia und die Meermühlen von Argostoli. Hamburg 1873.

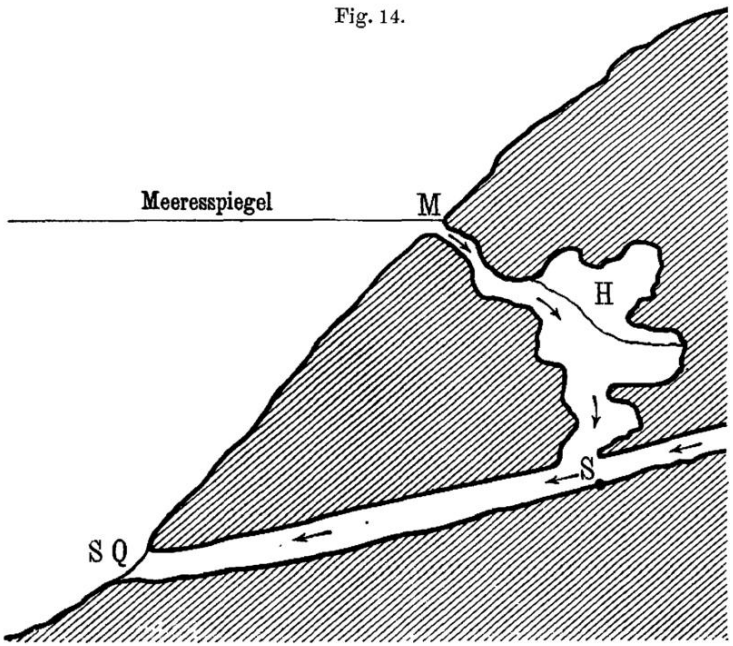
[2]) Die wiederholt von Martel ausgesprochene Behauptung, daß das Phänomen der Meeresschwinden bisher unerklärt sei, beruht also auf Irrtum.

das Meerwasser einen langen tunnelartig gestalteten Höhlenweg unterhalb der Meeresbucht — der östlichen nach Wiebel, der westlichen nach Fouqué — durchlaufen, bis es wieder emporsteigt!

Das dies wirklich geschieht, scheinen die Brackwasserquellen allerdings zu beweisen.

Aber im allgemeinen wird sich der Vorgang unseres Erachtens viel einfacher gestalten: Ein Höhlenfluß von bedeutendem

Fig. 14.



Schematisches Profil durch eine beliebige Meeresschwinde.
M Meeresschwinde; *H* Hohle; *S* Saugpunkt; *S Q* Submarine Quelle.

Gefälle mündet, wie die Fig. 14 zeigt, submarin ein. Infolge seiner heftigen Strömung reißt er die Luft der Höhlenräume *H* mit sich, mit denen die Wasserhöhle kommuniziert. Der Wasserlauf wirkt also vermöge seiner starken Strömung mithin nicht anders als die Wasserluftpumpe Bunsens. Die mit verdünnter Luft erfüllten Hohlräume wirken naturgemäß auf ihre Umgebung saugend;

und wenn Meerwasser in den Bereich der Saugtätigkeit kommt, wird es absorbiert.

Die treibende Kraft dieses Kreislaufes ist also der große Druck, unter welchem das Wasser eines Höhlenflusses hervorbricht. Durch diesen wird die saugende Tätigkeit bedingt. Als zufälliges Ereignis erscheint es, daß das auf Spalten in das Gebirge eindringende Meerwasser gerade in den Bereich der Saugwirkung kommt. Denn zumeist wird wohl Luft genügend eintreten können, daß es dessen nicht bedarf. Darauf beruht die Seltenheit des Phänomens der Meeresschwinden.

Würde man etwa bei dem Punkte *A* unserer Figur einen Schacht abteufen, welcher auf die Höhlenräume *H* mündet, wie es die punktierte Linie andeutet, so würde die Meeresschwinde zu laufen aufhören, weil durch die beträchtliche Luftzufuhr die saugende Kraft des Quellstromes gebrochen wäre. — Ein Experiment, welches praktisch durchzuführen naturgemäß großen Schwierigkeiten begegnen würde.

Was die Existenz submariner Quellbäche gelehrt hat, nämlich daß eine positive Strandverschiebung an den Orten ihres Hervorbrechens stattgefunden hat, welche die Quellöffnung unter den Meeresspiegel zu liegen brachte, das beweist natürlich auch die Existenz der Meeresschwinden.

Auch hier hatten wir einst einen oberhalb des Meeresspiegels einmündenden Höhlenfluß, welcher mit anderen Höhlungen im Gestein in Verbindung stand. Durch diese Höhlen konnte die Luftzufuhr vermittelt werden, welche durch die gleichsam „pumpende“ Bewegung des Höhlenflusses benötigt wurde. Nun kam die positive Strandverschiebung. Die Quellöffnung kam unter den Meeresspiegel zu liegen und das ständig steigende Meerwasser gelangte schließlich in den Bereich der Saugtätigkeit des submarin einmündenden Flusses, indem es bis zu jener Öffnung stieg, durch welche die Luft bisher aufgesaugt wurde. So entstand die Meeresschwinde.

Infolge der durch das strömende Meerwasser ausgeübten Korrosion bildete sich eine Schlundhöhle — analog den Ponorhöhlen der Flüsse. Wir haben somit den eigenartigen Fall, daß das Meerwasser vermöge seiner Strömung höhlenbildend wirkt.

Das Phänomen der Meeresschwinden muß bei fortdauerndem Steigen des Meeresspiegels schließlich ein Ende nehmen. Und zwar geschieht dies, wenn der hydrostatische Druck des über der Quellöffnung stehenden Meerwassers allmählich so hoch gestiegen ist, daß er dem Druck des submarin einmündenden Höhlenflusses gleich kommt. Dann hört die immer mehr verlangsamte Strömung, somit auch deren Saugwirkung auf, und mit ihr erstirbt das schon lange zuvor senil gewordene Phänomen der Meeresschwinden.

Bei noch weiterer Steigung des Meeresspiegels muß der Quellstrom schließlich seinen Lauf ändern. Dann bedient er sich als Ausflußkanal, wie zu erwarten, desselben Weges, auf welchem das Meerwasser zuvor in das Gebirge eingedrungen war; es findet eine **Inversion der Meeresschwinde** statt.

Die Meeresschwinde würde dann zu einer Süßwasserquelle werden. Bezüglich vieler Quellen, welche nahe dem Meeresspiegel submarin hervorbrechen, ließe sich die Frage aufwerfen, ob ihre Kanäle nicht zu einer früheren Zeit als Meeresschwinden angelegt waren.

Die hier niedergelegte Ansicht über das Problem der Entstehung von Meeresschwinden wird durch ein anderes Phänomen bestätigt, welches in einem anderen Karstgebiete, weitab vom eigentlichen Karst, im südlichen Frankreich beobachtet wurde.

Dort sind die Kalk- und Dolomitgesteine der Juraformation verkarstet. Als ein echtes, wenn auch seltenes Karstphänomen findet sich daher auch eine Meeresschwinde daselbst; sie ist in dem haffartigen Meerbusen von Thau im Norden der Stadt Cette gelegen. Der Schlund, in den sich das Salzwasser ergießt, führt den Namen Enversac (auch Enbersac und Embressac) [1]).

Dieser Ort ist merkwürdigerweise in der Literatur so gut wie unbekannt. Martel erwähnt ihn nur flüchtig, ohne aber näher auf die Umstände einzugehen. Er bemerkt nur, daß es, wie bei Argostoli, ein unerklärtes Phänomen sei [2]).

Wenn auch die Verhältnisse der Meeresschwinde von Enversac bisher keine besondere Beachtung gefunden haben, so ist darum nicht anzunehmen, daß sie unwichtig sei. Im Gegenteil,

---

[1]) Der Name Enversac leitet sich von „inversae aquae“ ab. Die Lokalität muß daher schon zur Römerzeit bekannt gewesen sein.

[2]) E. A. Martel, Les abîmes, p. 154. Das Phänomen ist aber keineswegs so unerklärlich, als Herr Martel es sich vorstellt.

sie besitzt eine Eigenschaft, welche sie vor allen anderen Meeresschwinden auszeichnet, eine Eigenschaft, durch deren rechtzeitige Kenntnis das Problem der Meeresschwinden weit früher seine richtige Deutung hätte finden können: sie ist nur im Sommer eine Meeresschwinde, im Winter aber eine Quelle.

Ich möchte dieses in der Tat sehr merkwürdig erscheinende Phänomen folgendermaßen erklären: Die Wassermassen, welche durch ihre heftige Strömung eine so große Saugwirkung ausüben, daß dadurch das Wasser in den Schlund von Enversac gezogen wird, wachsen zur nassen Jahreszeit (im Winter) in dem Maße an, daß sie in ihrem gewöhnlichen Bette nicht Raum genug finden, mithin andere Auswege sich schaffen müssen. Das Ergebnis ist, daß der Druck des Süßwassers schließlich stark genug wird, um die Strömung des eindringenden Meerwassers zu überwinden. Es steigt daher das süße Wasser in demselben Schlund empor, in welchem das Meerwasser zuvor in die Tiefe gestürzt ist.

Diese zeitweilige Inversion einer Meeresschwinde liefert meines Erachtens den direkten Beweis dafür, daß das Phänomen der Meeresschwinden auf Vorgängen beruht, welche nahe der Erdoberfläche sich vollziehen — daß es also nicht durch die Moussonsche Theorie erklärt werden kann, weil nach dieser Theorie die absorbierten Meerwassermengen keinen Schwankungen unterworfen sein können.

Die Verhältnisse von Enversac lehren ferner, daß die Inversion einer Meeresschwinde ein Vorgang ist, welchem sich nur unbedeutende mechanische Hindernisse entgegenstellen. Kann doch allein die vermehrte Wasserzufuhr der nassen Jahreszeit bewirken, daß die Inversion eintritt.

Die Meeresschwinde von Enversac ist bereits in einem gewissen Stadium der „Senilität“ angelangt. Das Meerwasser ist schon so weit gestiegen, daß es auf die in der Tiefe ausströmenden Wasser bereits einen sehr großen Druck ausübt, und die Strömung des submarin einmündenden Höhlenflusses ist gerade noch groß genug, um durch ihre Saugwirkung die Meeresschwinde hervorzurufen. Werden infolge höherer Wasserzufuhr die Druckverhältnisse geändert, so ist diese geringe Änderung bereits imstande, die landeinwärts gerichtete Strömung umzukehren. Lassen wir die positive Strandverschiebung, durch welche die Meeresschwinde entstanden ist, ihren Fortgang

nehmen, so wird in — geologisch gesprochen — kurzer Zeit die, wie wir sehen, „gealterte“ Meeresschwinde erstorben sein.

Wir müssen nun einer anderen Frage näher treten, nämlich woher es kommt, daß so wenige Meeresschwinden beobachtet sind, während submarine Quellen, welche doch ihre Entstehung veranlassen, so zahlreich sind. Dies erklärt sich durch verschiedene Umstände. Erstens sind die Meeresschwinden nur auf Karstküsten beschränkt und von diesen nur auf solche, an denen eine positive Strandverschiebung zu konstatieren ist. Zweitens ersterben die Meeresschwinden, sobald die Strandverschiebung einen gewissen Betrag überschritten hat. Dabei ist es sehr fraglich, ob das Meerwasser bei seinem Ansteigen abermals in den Bereich der Saugtätigkeit anderer Quellbäche kommen kann, so daß neue Meeresschwinden entstehen.

Dennoch mögen noch viele Meeresschwinden vorhanden sein, deren Existenz einesteils in der Literatur wohl irgendwo einmal Erwähnung getan, jetzt aber völlig in Vergessenheit geraten ist, anderenteils aber unbeobachtet geblieben ist.

Jedenfalls deutet ein anderes an Meeresküsten recht häufiges Phänomen darauf hin, daß Meeresschwinden des öfteren vorkommen müssen: das sind die Brackwasserquellen. Diese sind — von dem Fall abgesehen, daß sie steinsalzführenden Gesteinen entspringen — ein sicherer Beweis dafür, daß Meerwasser irgendwo in ihr Strömungsgebiet gedrungen sein muß. Die Meeresschwinden müssen also, wenn sie zumeist wohl auch nur sehr unbedeutend sein mögen, weit öfter vorkommen, als bisher beobachtet wurde. Ihre scheinbare Seltenheit mag fernerhin darauf zurückzuführen sein, daß die Meeresschwinden nur dann zu beobachten sind, wenn sie am Meeresspiegel oder nahe unter demselben sich finden; die tiefer gelegenen entziehen sich naturgemäß der Beobachtung.

Die Meeresschwinden haben wir als ein Karstphänomen bezeichnet. Das bezieht sich indessen nur auf die Art von Meeresschwinden, bei denen das Meerwasser in große Schlünde unter heftigem Wallen sich stürzt. So bei Argostoli, bei Abbazia, am Enversac.

Derjenigen Meeresschwinden aber, welche durch Eintreten des Meerwassers in die Spalten irgend eines klüftigen nichthöhlenführenden Gesteines entstehen, haben wir noch nicht gedacht.

Sie sind auch bisher niemals direkt nachgewiesen worden, vielmehr gibt sich ihr Vorhandensein nur gelegentlich durch das Auftreten von Brackwasserquellen zu erkennen. Diese naturgemäß nur sehr viel unbedeutenderen Meeresschwinden würden nicht zu der Reihe der Karstphänomene zu zählen sein.

Die echten Meeresschwinden aber, welche bisher beobachtet wurden, sind Karstphänomene. Sie sind in zwiefacher Hinsicht von großer Bedeutung: Einmal liefern sie den **sicheren Beweis für die Existenz unterirdischer Höhlenflüsse** und zweitens geben sie uns Zeugnis von einer wichtigen Kraft, der **Saugkraft der Quellen.**

Dreizehntes Kapitel.

Die Entstehung von Höhlenflüssen.

Übergang des Grundwassers in einen Höhlenfluß. — Zerklüftungszonen. — Grundwasserströme. — Höhlenfluß und Grundwasserstrom. — Entstehung der Zerklüftung. — Experimente Daubrées. — Zerklüftungszonen im Fränkischen Jura. — Zerklüftungszonen und Grundwasserströme in der Paderborner Hochfläche. — Saugkraft der Quellen. — Quellströme und deren Saugkraft. — Entstehung der Flußponore durch die Saugkraft unterirdischer Flüsse. — Rückwärtsschreitende Korrosion. — Nachlassen der Saugkraft bei zunehmender Verkarstung. — Zusammenfassung.

Da die Höhlen, welche den Flüssen des Karstes als Flußbetten dienen, nicht primär im Gestein vorhanden waren, sondern später durch das fließende Wasser als Erweiterungen von Spalten sich gebildet haben, ist die Frage nach der Entstehung der Höhlenflüsse zugleich die nach der Entstehung der Höhlen selbst.

In den stark zerklüfteten Karstgesteinen rieselt das Wasser auf den Spalten von der Oberfläche zur Tiefe, um dort in das Grundwasser überzugehen. Auf dem Wege, den es dabei zurücklegt, entfaltet es, wie wir gesehen haben (vgl. Kap. V), seine Korrosionstätigkeit und schafft sich Höhlungen im Gestein, welche als Abzugskanäle in die Tiefe führen. So entstehen einerseits