

Kalkschichten eine Urgesteinsüberlagerung zu verzeichnen war, müßte der Urangehalt ausreichen.

Die Datierungsmethoden mit Hilfe radioaktiver Zerfallsspuren würden es erlauben, jene Teile der sekundären Kalksedimente in Höhlen zu bestimmen, die sich bis jetzt der physikalischen Datierung — vor allem der Radiokohlenstoffmethode — entziehen. Bei Untersuchungen in Höhlen ergäbe sich noch eine weitere Möglichkeit der Auswertung: Aus dem absoluten, zur Bildungszeit gegebenen Urangehalt lassen sich nämlich Schlüsse auf die Art der Überdeckung ziehen. Die Endphase der Abtragung über der Höhle liegender Urgesteinsschichten sollte sich durch einen rapiden Abfall des anfänglichen Urangehalts äußern.

Literatur:

Huang, W. H., R. M. Walker, Fossil Alpha-Particle Recoil Tracks. Science 155, 1103 (1967).

Sippel R., Glover, E., Fission Damage in Calcite and the Dating of Carbonates, Science 144, 409 (1967).

Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung

Von Fritz Reinboth (Walkenried/Harz)

Die großräumigsten nichtalpinen Höhlen Deutschlands sind diejenigen in den Zechsteingipsen des südlichen Harzrandes. Bis etwa 1930 galten sie als diluviale Flußhöhlen, vor allem wegen ihrer tunnelartig angelegten, gewölbten Gänge parallel zu den Flußtälern (STOLBERG 1926). Nur eine Gruppe der großen Gipshöhlen wurde ausgenommen, nämlich die Mansfelder Schlotten, deren Tiefenlage über 100 m unter der Erdoberfläche die Annahme alter Flußsysteme unmöglich machte. Später wurden dieser Gruppe, deren Bildung man auf Lösungsvorgänge und Quellungserscheinungen zurückführte, noch weitere Höhlen zugeordnet, die zwar in Tagnähe lagen, aber keine natürlichen Eingänge — auch keine verstürzten — besaßen und somit gleichfalls schlecht in eine Flußtheorie hineinpaßten (STOLBERG 1930).

Bereits im Jahre 1912 war allerdings Karl GRIPP bei der Deutung des Formenschatzes der damals entdeckten Segeberger Höhle (Holstein) zu anderen Ergebnissen gekommen, nämlich zur Auslaugung der Hohlräume durch stehende Gewässer. W. BIESE blieb es vorbehalten, die in Segeberger gewonnenen Erkenntnisse (GRIPP 1912) auch auf die Harzer Gipshöhlen zu übertragen und die von GRIPP beschriebenen Laugformen auch hier nachzuweisen, wo sie allerdings weniger ins Auge springen als in Segeberger.

Die von GRIPP (1912) und BIESE (1931) definierten Hauptformen der Gipsverlaugung sind die horizontale Laugdecke und die abgeschräg-

ten, nach oben zurücktretenden Seitenwände, die Laugfacetten¹. Das Profil eines Laugganges ist somit ein auf der Spitze stehendes gleichschenkeliges Dreieck. Ausgangspunkt der Laugung ist z. B. eine wassergefüllte Kluft. Das gleiche Profil haben die Sinkwerke des ostalpinen Salzsolebergbaus. Die Laugdecke entspricht weitgehend dem Himmel dieser Sinkwerke, die Facetten den Ulmen.

Die Deutung dieser Formen nahm, wie erwähnt, bereits K. GRIPP vor. BIESE fügte u. a. die Erklärung der Gewölbprofile durch Verbruch hinzu, die hier nicht weiter von Interesse ist. Nach GRIPPs Ansicht entspricht die horizontale Laugdecke der Spiegelhöhe des laugenden Wassers, die somit über den gesamten Bildungszeitraum festliegen muß. Gelegentlich auftretende Hohlkehlen in den Facetten (Doppelfacetten) werden auf eine spätere, wieder über größere Zeiträume feststehende Stillstandsphase des Wasserspiegels zurückgeführt.

Die Facette ist die Projektion des Sättigungszustandes des laugenden Wassers. Wegen ihrer höheren Wichte sinkt die stärker gesättigte Lösung nach unten, so daß auf Grund dieser Tatsache die Laugintensität von oben nach unten abnimmt, d. h. die Lösung oben rascher voranschreitet. Soweit also GRIPP und BIESE.

Bei der letzten Betrachtung ist zu beachten, daß die Diffusion der Gipslösung der Staffelung des Wassers in verschiedenen stark gesättigte Niveaus entgegenwirkt. Es wird sich ein Gleichgewicht zwischen den Diffusionskräften und der Schwerkraft einstellen, das aber letzten Endes doch zu einer Zunahme des Gipsgehalts nach unten führen wird.

Aus zwei Seen der Jettenhöhle und aus dem See der Marthahöhle (beide bei Osterode/Harz) wurden zur Überprüfung des Sättigungszustands des Wassers Proben aus verschiedenen Tiefen entnommen und auf Wichte und Gipsgehalt untersucht. Die Wichteunterschiede der Proben blieben unter der Genauigkeit der verwendeten Mohrschen Waage. Die Gipsbestimmung erfolgte durch Ausfällung des Kalziums als Oxalat; ein Karbonanteil war nicht nachweisbar und wurde deshalb vernachlässigt. Die folgende Tabelle² enthält die Ergebnisse.

Entnahmestelle	Datum	Probe oben CaSO ₄ g/l	Probe unten CaSO ₄ g/l	Höhen- unterschied m
Marthahöhle	16. 8. 66	2,53	2,83	1,25
Jettenhöhle, Kreuzdom	16. 8. 66	1,80	1,90	1,10
Jettenhöhle, Rhumegrotte	16. 8. 66	2,09	2,37	1,70

¹ Die Laugfacetten haben übrigens keine Ähnlichkeit oder gar „gleichartiges Aussehen“ wie die Fließfacetten, wie im Speläologischen Fachwörterbuch (S. 26) angegeben wird.

² Die Werte sind umgerechnet. Soweit sie über der Sättigung liegen, entstammen die Ca-Ionen einem Karbonatanteil.

Diese Ergebnisse sprechen nicht gegen die Gültigkeit der von GRIPP und BIESE vertretenen Ansicht über die Bildung der Facetten. Bedenken ergeben sich aber, wenn man die zeitliche Entwicklung einer Facette im Gedankenexperiment verfolgt. Nimmt die Lösungsintensität des Wassers von oben nach unten beispielsweise linear ab, so würden die Facettenebenen bei fortschreitender Laugung um eine Achse kippen, deren Höhenlage der Lösungsintensität Null — Sättigung — entspricht. Ein junger Gang hätte somit steile, ein älterer flache Facetten, wobei im Zuge der Entwicklung sämtliche Neigungswinkel von 90° bis 0° durchlaufen werden. Die Beobachtung lehrt aber, daß der Neigungswinkel von Facetten mit Werten zwischen 40° und 50° ziemlich genau festliegt, soweit keine Störungen durch fließendes Wasser eingetreten sind. Vereinzelt sind steilere Facetten aus dachziegelartig übereinanderliegenden schmalen Facettenstreifen normaler Neigung zusammengesetzt, z. B. im Seitengang zur Teichgrotte der Priestersteinhöhle bei Neuhof/Harz. Schon aus diesen Überlegungen heraus kann der nach unten etwas zunehmende Gipsgehalt des Wassers nicht Bildungsursache der Facetten sein.

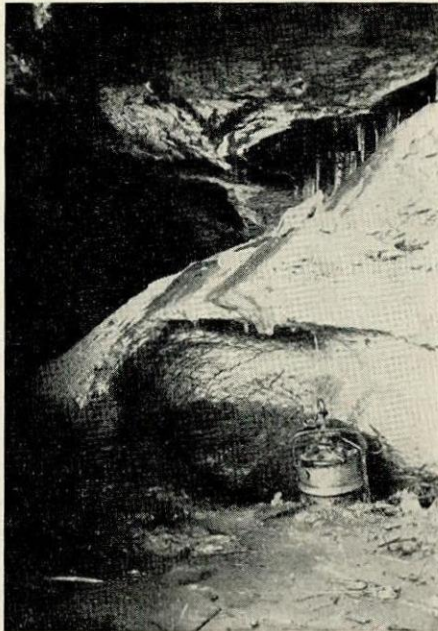


Abb. 1: Priestersteinhöhle bei Neuhof (Harz). Hinterlaugte Facette. Im unteren Teil der Auskolkung eine kleine Facette (dunkel), darüber eine konkave, überhängende Wand mit Laugnäpfchen. Die Laugdecke der Auskolkung hebt sich deutlich ab.

Gelegentlich trifft man Laugformen an, welche die Facettenebene gewissermaßen durchstoßen. Sie münden als Kuppeln oder Röhren mit scharfer Kante ohne Übergang in die schräge Fläche und erscheinen formal und zeitlich ohne jeden Zusammenhang mit der Facette. Außer einer Durchstoßung der sonst völlig unverletzten Facettenfläche ist an dieser bei der Entstehung der jüngeren Gebilde keine Veränderung erfolgt. Die Oberfläche der Facette ist offenbar durch eine Schutzschicht der weiteren Ablaugung entzogen. Die Schicht wird durch Lösungsrückstände gebildet, die bei Einstellung eines bestimmten Neigungswinkels liegenbleiben und den Lösungsvorgang erheblich behindern. Dieser Neigungswinkel ist gegeben durch den natürlichen Böschungswinkel, den der Rückstand unter Wasserbedeckung besitzt. Nur bei Verletzung des Schutzbelages kommt es zu neuerlicher Laugung, die die Facette gleichsam von hinten aushöhlt. Diese jüngeren Laugerscheinungen haben oft die Form von Kugelkalotten, deren unterer (nicht überhängender) Teil von einer kleinen Facette gebildet wird (Abb. 1). Sehr häufig lassen sich Facetten beobachten, die an der Wand verschieden hoch greifen, z. B. im Tanzsaal der Wimmelburger Schlotten (BIESE 1931, Taf. 10, Fig. 2 und 3) oder in der Priestersteinhöhle (Abb. 2). Vermutlich ist das Gewölbe des Tanzsaales kein Verbruchgewölbe, sondern in Analogie zu der kleineren Bildung der Priestersteinhöhle eine Laugform. Nach allen diesen Beobachtungen zu urteilen, entsteht die Facettenfläche nicht — was an sich denkbar wäre — bis zum Erreichen des kritischen Neigungswinkels in der von GRIPP vermuteten Weise, d. h. durch Kippung um die Sättigungsachse, sondern durch ihre ständige Erweite-

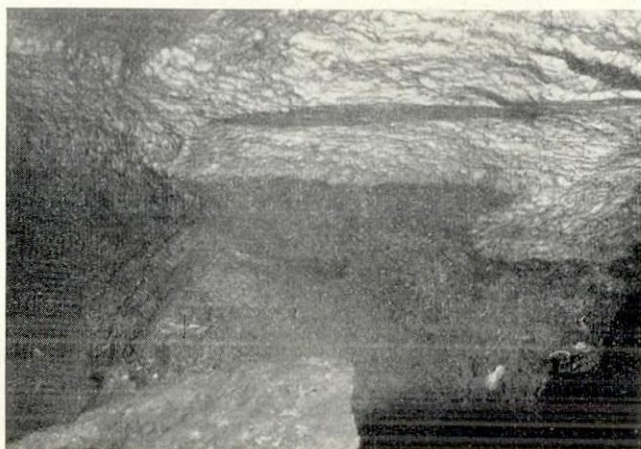


Abb. 2: Facetten im östlichen Höhlenteil der Priestersteinhöhle, verschieden hoch greifend. Die über den Facetten liegenden Wandpartien sind mit Laugnäpfchen bedeckt, auch oberhalb der kleinen Laugdecke.

rung nach oben auf Kosten der darüberliegenden überhängenden Wandteile bzw. der Laugdecke, was besonders bei den zuletzt aufgeführten Beispielen augenfällig wird. Die seitliche Laugung findet bei Erreichen der Facettenebene bzw. ihrer Verlängerung nach oben ihre Grenze. Ansatzpunkt der Facettenbildung kann jede winzige Schrägfläche werden, an der die Laugung infolge Liegenbleibens von Lösungsrückständen aufhört.

Liegen an einer Wand zwei solcher Ansätze übereinander, so schieben sich zwei Facettenebenen nach oben, wobei die untere die obere hohlkehlenartig unterschneidet. Die Hohlkehle bezeugt also keineswegs eine entsprechende Stillstandslage des Wasserspiegels und kann deshalb nicht zum Nachweis tektonischer Vorgänge, z. B. ruckweiser Hebung eines Massivs (BIESE 1931, S. 66), herangezogen werden.

Ein nicht selten auftretendes Profil ist ein Parallelogramm, bei dem zwei Seiten von Laugdecke und Sohle gebildet werden. Nur ein Stoß ist als Facette ausgebildet, während der andere überhängt und meist rundlich ausgelaugt ist. Die GRIPPSche Theorie versagt bei der Deutung des Profils und widerspricht ihm geradezu. Es ist nicht einzusehen, daß die Lösung auf der Facettenseite unten, auf der anderen dagegen oben gesättigter sein soll, ganz abgesehen von der postulierten Staffellung der Wichten. Die oben dargelegte Ansicht über die Ursache der Facettenbildung läßt sich auf diese Profile, die u. a. im Klinkerbrunnen, in der Priestersteinhöhle oder in der Segeberger Höhle zu beobachten sind, ohne weiteres anwenden.

Voraussetzung für die Bildung höherer Laugräume ist eine entsprechende Tiefenlage der Facettenansätze unter dem die obere Grenze jeder Laugtätigkeit darstellenden Wasserspiegel. Die Bildung einer Laugdecke ist im Frühstadium der Raumbildung nicht möglich, wenn der Wasserspiegel diese definiert; er liegt ja viel höher. Auffällig ist nun, daß Räume dieser Art, z. B. der Südsee in der Marthahöhle, bei einer gewissen Breitenentwicklung tadellos ausgebildete Laugdecken aufweisen. Eine entsprechende Stillstandslage des Wasserspiegels wäre zeitlich nach der Entstehung der 2 m höher liegenden Laugdecke des davorliegenden Raums (Düstere Halle) anzusetzen. Dann müßten aber Spuren dieser späteren Stillstandslage auch an den übrigen Stößen nachzuweisen sein. Der Südsee durchstößt unvermittelt die davorliegende Facette. Der heutige Normalspiegel liegt 2 bis 3 m höher, so daß ein dreimaliger Wechsel des Wasserstands — jedesmal mit längeren Zeiten völliger Konstanz — zu fordern wäre. Die Annahme, daß die Laugdecke des Südsees die ältere sein könnte, verbietet sich von selbst, da der Raum bergwärts zieht und deshalb jünger sein muß als der davorliegende.

Ein weiteres Beispiel liefert eine kolkartige Auslaugung in einer Facette am Eingang der Priestersteinhöhle (Abb. 1). Sie setzt unver-

mittelt in der sonst unverletzten Facette an und zeigt in ihrer unteren Hälfte eine umlaufende Facette, die gegen die kuppelförmige obere Hälfte scharf abgesetzt ist. Im Zenit der Kuppel ist ein kleines Stück Laugdecke gleichfalls scharf abgegrenzt. Es findet sich sonst in der ganzen Höhle kein Anhaltspunkt für eine Stillstandslage des Wasserspiegels in diesem Niveau. Selbst die Laugdecken benachbarter Räume liegen nicht immer in gleicher Höhe; so differieren z. B. die Laugdecken der einzelnen Teile des Vorraums der Priestersteinhöhle, der aus benachbarten Gängen zusammengewachsen ist, um einige Zentimeter (Abb. 3).

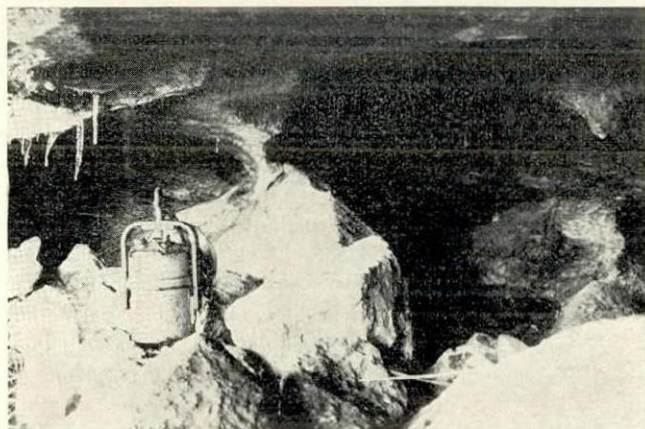


Abb. 3: Vorraum der Priestersteinhöhle. In der Bildmitte dachförmiger Rest einer weggelaugten Trennwand. Die Laugdecke liegt rechts im Bild höher als links.

Sprechen diese Beobachtungen schon gegen einen Zusammenhang zwischen Laugdecke und einem Wasserspiegel konstanter Höhe, so zeigen die Spiegelschwankungen sämtlicher Höhlen- und Erdfallgewässer noch deutlicher, daß die Konstruktion eines solchen Zusammenhangs unrealistisch ist. Durch irgendwelche Überläufe sind zwar immer Maximalwasserstände festgelegt, die aber nur in Ausnahmefällen erreicht werden (Klinkerbrunnen). Die Laugdecken liegen in der Regel unter dem Niveau dieser Überläufe. Schließlich definiert auch ein Überlauf nur bei völlig freiem Abfluß einen genau festgelegten Höchstwasserstand. Erfolgt er wie beim Klinkerbrunnen durch Röhren oder Verbruch, so ändert sich der Wasserstand wegen des Rückstaus immer noch mit der Schüttung der Zuflüsse.

Aus dem Befund ist zu folgern, daß die Laugdecke nicht mit einem Wasserspiegel zusammenhängt, sondern unter Druck entsteht. Die durch den möglichen Höchstwasserstand gegebene obere Begrenzung der

Laugtätigkeit kann nicht als Ursache der typischen Laugdecke angesprochen werden. Ein hiermit vergleichbarer Fall liegt bei der sogenannten intermittierenden Laugung im Sinkwerk des Salzbergbaus vor, bei der der Wasserstand aber vom Menschen geregelt wird. Der Laugvorgang spielt sich aber auch hier (erst recht natürlich bei der sogenannten kontinuierlichen Laugung unter Druck) am Himmel des Sinkwerkes ab.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die von BIESE (1933, S. 126) aus der Segeberger Höhle beschriebenen, auch am Südharz häufigen Laugtaschen hingewiesen. Diese Taschen führen in der Laugdecke unter 45° schräg nach oben. Die untere Fläche entspricht völlig den Facetten. Da diese Formen nur durch von unten nachdrückendes Wasser erklärt werden können, sprechen auch sie für Drucklaugung.

Daß horizontale Decken auch ohne Zusammenhang mit einem Wasserspiegel entstehen können, sei an einigen Beispielen erläutert. Sie können nicht als der allgemeine Fall gelten, zeichnen sich aber durch Anschaulichkeit aus. An senkrechten, wasserübertonnenen Wänden, z. B. Karrenwandungen, lassen sich häufig zahlreiche kleine, übereinander angeordnete Laugdecken beobachten³. Ein abfließender Wassertropfen bewegt sich an überhängenden Wandteilen langsamer. Da ihm für die Lösungstätigkeit mehr Zeit zur Verfügung steht, vergrößert sich der Überhang. Den Endzustand der Entwicklung bildet eine kleine Laugdecke. Möglicherweise sind manche Laugdeckenspuren unter Hohlräumen der Facetten auf diese Weise entstanden (Jettenhöhle, Kreuzdom).

In Räumen, die im Schwankungsbereich des Wasserspiegels liegen, werden tieferliegende Deckenteile häufiger benetzt und damit stärker abgelautet als höherliegende. Eine nicht ebene und horizontale Decke wird also unter den gegebenen Voraussetzungen im Laufe der Zeit nivelliert. Die gleiche Wirkung tritt ein, wenn der schwankende Wasserspiegel in Aufwölbungen nicht ebener Decken Luftkaltotten einschließt, die diese vor weiterer Ablaugung sichern. In diesem Falle genügen auch seltenere Schwankungen; das Gestein muß aber dicht sein, um die nachher unter Druck stehende Luft — die z. T. auch im Wasser in Lösung gehen würde — festhalten zu können. Am Südsee der Marthahöhle z. B., der nur alle paar Jahre wasserfrei ist, wäre diese Voraussetzung gegeben.

Da die angeführten Beispiele aber allem Anschein nach Sonderfälle darstellen, muß nach einer universell — also auch bei ununterbrochener Drucklaugung — anwendbaren Hypothese für die Bildung horizontaler Laugdecken gesucht werden. Sie würden sich z. B. als stabiler Zustand einstellen, wenn die Laugintensität im Bereich der Decke von oben nach

³ Diese Laugdecken weisen meist Laugnäpfchen auf, die an geneigten Deckenteilen in horizontal verlaufende Laugrillen übergehen. Diese Kleinformen sind bisher nicht genügend erklärt; als Wirbelbildungen in Schichtfugengerinne können sie nicht gelten (CRAMER/HELLER 1933, Abb. V, Abschn. 3).

unten zunimmt, so daß konvexe Deckenteile bevorzugt abgelaugt werden. Die Laugintensitätsänderung infolge von wictegestaffelten Sättigungsunterschieden erfolgt allerdings, wie oben erörtert, gerade umgekehrt; im Bereich der Decke selbst braucht dies aber nicht notwendig gültig zu sein (Nahbereich der Laugtätigkeit). Übrigens entspricht das Schwanken des Wasserspiegels dieser Forderung, da das häufigere Eintauchen tieferliegender Deckenteile einer größeren Laugintensität entspricht.

Möglicherweise beeinflusst die Neigung der Angriffsfläche die Lösungsgeschwindigkeit. Falls nämlich die Laugung an senkrechten bzw. überhängenden Flächen rascher voranschreitet als an horizontalen, bildet sich die letztere als stabiler Zustand aus. Inwieweit diese sehr hypothetischen Deutungen vom Standpunkt des Physikers vertretbar sind, wäre noch zu überprüfen.

Zusammenfassung

Die kritische Betrachtung der bisherigen Theorien zur Entstehung charakteristischer Laugformen in Giphöhlen im Hinblick auf in zahlreichen Südhartzhöhlen beobachtete Bildungsbedingungen führt zu erheblichen Widersprüchen. Es zeigte sich, daß die schrägen Seitenwände — Facetten — keinen ursächlichen Zusammenhang mit einer niveaunabhängigen Laugintensität haben. Das Liegenbleiben von Rückständen bedingt bei bestimmtem Neigungswinkel das Ende der Laugung; die sich bildende, geschützte Facettenebene erweitert sich nach oben. Die horizontale Laugdecke erweist sich als nicht niveaungebunden und bildet sich unter Druck.

Schrifttum:

- Biese W.:* Über Höhlenbildung, I. Teil: Entstehung der Giphöhlen am südlichen Harzrand und am Kyffhäuser. — Abh. preuß. geol. L. Anst., N. F., H. 137, Berlin 1931.
- ders.:* Über Höhlenbildung, II. Teil: Entstehung von Kalkhöhlen. — Abh. preuß. geol. L. Anst., N. F., H. 146, Berlin 1933.
- Cramer, H. und Heller, F.:* Das Karstphänomen im Grundgips des fränkischen Keupers. — Mitt. Höhl.- u. Karstforsch., 1933/1934.
- Gripp, K.:* Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle. — Jb. Hamburg. wissensch. Anst., 30, 1912.
- Regge, Hahn, Lienau:* Der Segeberger Kalkberg. — Bad Segeberg 1967.
- Reinboth, F.:* Neues vom Klinkerbrunnen bei Düna (Harz). — Mitt. Verb. Dt. Höhl.- u. Karstforsch., 11, 1965.
- Stolberg, F.:* Die Höhlen des Harzes. — Der Harz, 2. Sonderheft, Magdeburg 1926.

ders.: Die Sachsensteinhöhle bei Neuhof am Südharz. Eine Studie zur Schlottenfrage. — Mitt. Höhl.- u. Karstforsch., 1930.

ders.: Marthahöhle und Klinkerbrunnen bei Düna am Südharz. — Mitt. Höhl.- u. Karstforsch., 1935.

Trimmel, H.: Speläologisches Fachwörterbuch. — Wien 1965.

Wertvolle Hinweise für die vorliegende Arbeit gaben mir die Herren G. Laub (Hamburg) und O. Schaubberger (Bad Ischl), denen dafür an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Ebenso danke ich Herrn Meinecke (Clausthal) für die Auswertung der Wasserproben.

300 m Vorstoß in die unterirdische Donau

Von Jochen Hasenmayer (Pforzheim)

Die Donauversinkung bei Tuttlingen leitet die obere Donau unter der europäischen Hauptwasserscheide hindurch zum Hegau und damit in den Bodensee und in den Rhein. Sie bewirkt die Entstehung zweier getrennter Donauflüsse. An den Tagen der Vollversinkung (bis zu 300 im Jahr) liegt das Flußbett der Donau kilometerweit trocken.

Im Jahre 1874 wurde die erste Vollversinkung beobachtet, 1877 die erste Salzung durchgeführt. In den drei Hauptversickerungsstellen — in Zimmern, im „Brühl“ und hinter Fridingen — tritt das Donauwasser in die wohlgeschichteten Kalke des Weißen Juras Beta ein, durchquert auf einem Weg, der durch starke geologische Verwerfungen und tektonische Risse gebahnt sein müßte, die nach Süden einfallenden Kalkschichten und steigt, 11,7 km südlicher und 171 m tiefer, in den schwammten Bankkalken des Weißen Juras Delta als *Aachquelle* wieder an das Tageslicht. Mit einer Durchschnittsschüttung von 8700 l/sec (Mindestschüttung 1300 l/sec, Höchstschüttung 24 800 l/sec) ist der Aachtopf die größte deutsche Quelle. Die im ständigen Strome herauf-treibende grünlich-trübe Flut hat eine Temperatur zwischen 3° und 16° C.

Das Donauwasser legt den unterirdischen Weg außergewöhnlich schnell zurück (20—60 Stunden), reinigt sich nur wenig und behält in relativ hohem Maße seine Eigentemperatur bei. Diese Umstände machen es wahrscheinlich, daß im Berginnern ein geschlossener Wasserlauf oder ein Höhlensystem vorliegt. Höhlenforscher und Taucher fragten sich, ob diese hypothetischen „Donauhöhlen“ nicht durch den Aachtopf zu erreichen seien.

Der Aachtopf liegt am Rande des Städtchens Aach und ist drei Meter hoch aufgestaut. Seine Wasser treiben eine Mühle und ein

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: [019](#)

Autor(en)/Author(s): Reinboth Fritz

Artikel/Article: [Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung 75-83](#)