

Die Auswaschungen an Klammwänden und die Richtung des Wasserlaufes.

Hinweise für die Deutung der Abflußrichtung ehemaliger Höhlengerinne.

Von Univ.-Dozent Dr. Otto Lehmann (Wien).

Inhalt:

Einleitung	S. 40
I. Die Nischen der Uferwirbel	S. 41
II. Andere Gebilde der Auswaschung	S. 43
III. Die Rolle der Karrenbildung	S. 47
IV. Zusammenfassung	S. 49

Einleitung.

Diese Untersuchung wurde angeregt durch Fragen, welche bei der Erforschung der großen Höhle im Tennengebirge keine sichere Antwort fanden, als dort im Frühjahr 1921 die Beauftragten der Wiener Akademie der Wissenschaften arbeiteten.¹⁾

Seit kühne und begeisterte Verehrer der Hochgebirgsnatur in den nördlichen Kalkalpen binnen wenigen Jahren ein Höhlenreich nach dem anderen durchkletterten und in seiner gewaltigen Ausdehnung erst entdeckten, fehlt es nicht an ebenso schwungvollen und kühnen Annahmen des früheren Vorkommens mächtiger Höhlenflüsse mit Längen von mehreren, ja von vielen Kilometern. Als Anhalt dafür beruft man sich auf Schotterfunde in den Höhlen und auf die Auswaschungsformen an ihren Wänden. Die Wissenschaft muß aber prüfen, bevor sie sich im einzelnen Falle solcher Annahmen bedient, ob diese durch die Beobachtungen sichergestellt werden können oder doch eine wahrscheinliche Theorie aufzustellen erlauben. In der großen Höhle des Tennengebirges gibt es nun Beobachtungen, die es zweifelhaft machen, daß dort die Röhre eines einheitlichen Flußlaufes vorlag. Es erscheint die andere Annahme ernsthaft zu erwägen, daß einst mehrere Gerinne die einzelnen Abschnitte der Haupthöhle benützten, die einen mit der Richtung zum heutigen Ausgang, die anderen ins Innere fließend. Jeder dieser Wasserläufe wäre also von oben aus Schloten oder aus schrägen Seitengängen gekommen, um nach Durchmessen einer flachen Teilstrecke in einen Schlund oder in mehrere zu verschwinden. Die heutige Höhle müßte man dann auf den Zusammenschluß der flacheren

¹⁾ Vgl. den Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien, Jahrgang 1921, Nr. 11. Sitzung der math.-nat. Klasse vom 6. Mai 1921. S. 79 bis 86. 4 Berichte über die Untersuchungen in der neuentdeckten großen Eishöhle im Tennengebirge von Lehmann, Pia, Hauser und R. Oedl sowie von O. Wettstein-Westersheim. Der Verein für Höhlenkunde in Salzburg gab dieser Höhle den Namen „Eisriesenwelt“.

Höhlenstrecken früherer Einzelgerinne zurückführen. Hier ist nicht zu erörtern, in welchen Teilen der Höhle schon jetzt eine Scheidung der Richtung verschiedener alter Wasserläufe als wahrscheinlich gelten kann und wo überall ein sicheres Urteil noch unmöglich ist. Denn sehr oft verrät ja aus bekannten Gründen das Gefälle der Höhlensohlen nichts über eine frühere Abflußrichtung, besonders wo Rindenbewegungen seither am Werke waren.

Um aber für jeden Fall eine Gewißheit wenigstens anzubahnen, die auch in anderen Höhlen der Erkenntnis diene, ist es nötig, Untersuchungen an noch vorhandenen Wasserläufen im Kalk vorzunehmen, und Gesetze oder doch Regeln in dem scheinbaren Gewirre ihrer Auswaschungsformen zu finden. Ich teile hier die Ergebnisse einer solchen Arbeit mit, welche in offenen Klammern am Tag ausgeführt wurde und daher auch ohne Hinblick auf Höhlen zur Kenntnis einiger Oberflächenformen der Klammern beiträgt.¹⁾

I. Die Nischen der Uferwirbel.

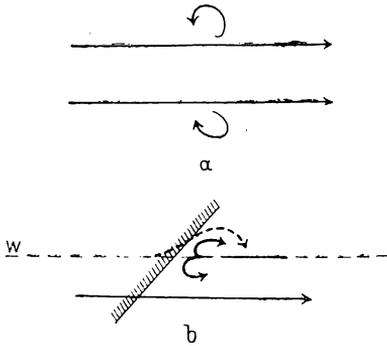
Die Unterlagen für diesen Aufsatz wurden gewonnen durch Untersuchung folgender Klammern und Schluchten in der Umgebung des Tennengebirges: Salzachöfen oberhalb Gollings und die talaufwärts anschließende Schlucht „Paß Lueg“, Lammeröfen, Eugenklamm bei Werfen und Liechtensteinklamm bei St. Johann im Pongau.

Die Uferwände dieser Schluchten werden am häufigsten von Wasserwirbeln und -walzen ausgestaltet, und zwar stets von rückläufigen Bewegungen im Sinne der Fig. 20.)²⁾ Sie ist so einfach wie irgendmöglich gehalten. Denn es war nicht nur ausgeschlossen, die Mittel feiner Untersuchungen anzuwenden, selbst das Bewegungsbild eindeutig mit den Benennungen auf Grund der hervorragenden Arbeiten Rehbocks und J. Lugeons zu erfassen, könnte ich nicht in jedem Falle hoffen. Hingegen wird nichts behauptet werden, zu dessen Erläuterung Fig. 20 nicht ausreichend herangezogen werden kann. Theoretisch, doch überall nicht wirklich, kann man flache und steile Wirbel, beziehungsweise auch Walzenformen unterscheiden. Es gibt aber an den Ufern auch solche, die um Achsen kreisen, die schräge zum

¹⁾ Wahrscheinlich ausführlicher über die allgemeine Mannigfaltigkeit des Gegenstandes handelt die Abhandlung von Jean Brunhes: *Le Travail des eaux courantes*. Freiburg in der Schweiz, Fragnière 1902. Leider wurde ich zu spät darauf aufmerksam, so daß ich sie mir derzeit nicht mehr verschaffen kann. In den Zitaten ist keinerlei Hinweis darauf, daß die Erscheinungen der Klammern unter dem Gesichtspunkt vorliegender Schrift erörtert werden.

²⁾ Bezüglich der Formen, des Mechanismus und der Benennung der unterschiedlichen kreisenden Wasserbewegungen verweise ich auf folgende Schriften: a) Rehbock Th.: *Betrachtungen über Abfluß, Stau- und Walzenbildung bei fließenden Gewässern* (Untersuchungen aus dem Flußbaulaboratorium der Techn. Hochschule. Karlsruhe. Festschrift, Berlin, 1917). Ausführliche Mitteilungen hierüber von Karl Fischer. *Zeitschr. Ges. f. Erdk.* Berlin, 1919. S. 169) b) Jean Lugeon: *Contribution à l'étude des phénomènes d'écoulement des cours d'eau. Résultats d'observations dans la gorge de la Jogne*. Bull. Soc. Vaudoise des sc. nat. Vol. 53. 1920, Nr. 199. Ausführliche Inhaltsangabe von mir in *Mitt. d. Geogr. Ges.* Wien 1921, S. 132. Lugeon hatte Gelegenheit, die Wildbachschlucht des abgeleiteten Chandelard bei Lausanne wieder unter Wasser zu setzen, sowie die Jogneschlucht vor und nach der technischen Verlegung des Flusses ganz genau zu untersuchen.

Ufer hin oder von ihm weg geneigt sind. Ja, ich glaubte öfter auch ein Schwanken der Achsen zwischen steilen und flachen Neigungen in der Zeit zu sehen. Es war stets vermisch mit den Erscheinungen, die am oberen Rand rückflutender Walzen vor Hindernissen sich einstellen, etwa entsprechend der Fig. 1, b. Die Uferwirbel im allgemeinen Sinn schmiegen sich oft in noch ganz kleine selbst eckigraue Vertiefungen der Wände und das Wasser macht

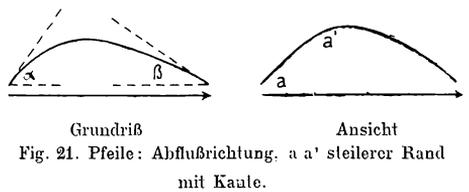


Vertiefungen der Wände und das Wasser macht daraus mit der Zeit regelmäßige Gebilde durch Lösung und Reibung mit dem „Schweb“ oder feinsten Sandwolken. Diese Gebilde sind Nischen. Ihr Grundriß ist in Fig. 21 links dargestellt, ihr aufrechter Umriß, am Beginn ihrer Entstehung, ist dem Grundriß sehr ähnlich. Das Bild 1 (Tafel II) zeigt dies links am Wasser.¹⁾

Alle solchen Nischen haben in Bezug auf die Richtung des Fließens untrügliche Merkmale.

Erstens ist der talaufwärts gelegene Winkel α des Grundrisses stets größer als β unterhalb, wobei $\alpha > 90^\circ$ werden kann. Zweitens umfaßt eine scharfrandige Kante den flußaufwärts liegenden Teil der Nische (a' in Fig. 21 und auf Tafel II, 1 links), während flußabwärts die Hohlform sich verflacht und in sanft geneigter weicher Randform ausläuft. Das Zusammen-

vorkommen dieser Grundriß- und Aufrißformen ist unter allen Umständen wichtig, wo man eine frühere Abflußrichtung feststellen will. Wenn mehrere solcher Nischen einander benachbart sind, springen zwischen ihnen Wandteile vor in der Form von Spornen oder Kulissen, und zwar gleichsinnig mit der Abflußrichtung. Den Grundriß davon zeigt Fig. 22. Die Vorsprünge werden zu scharfen Kanten, wenn die Nischen zusammenstoßen (in der Zeichnung rechts). Die Richtung des Vorspringens ist durch die Halbierungslinie des Kantenwinkels gegeben und kann ähnlich auch bei ungeschärften Kulissen gefunden werden. Beim Blick schräg talaufwärts sieht man dann ins Innere einer Reihe von Hohlräumen, talabwärts schauend hat man vor allem den Eindruck von Kulissen.



¹⁾ Die Bilder der Tafeln II und III zeigen alle mehrere Erscheinungen und man lasse sich nicht stören durch solche, die erst weiter unten behandelt werden.

Eine Augentäuschung bezüglich der Richtung, in der die Kulissen und Kanten vorspringen, tritt leicht ein, wenn man gerade aus einer solchen Stellung schräg talaufwärts blickt, manchmal aus Platzmangel auch blicken muß, daß man nur die in Fig. 22 links dick gezeichneten Wandteile der Nischen sehen kann. Dann stellt sich bei dem darauf nicht Vorbereiteten leicht die irrige Vorstellung ein, die andere, unsichtbare Seite der Vorsprünge sei zur sichtbaren ungefähr parallel (was in Fig. 22 links punktiert ist). So entsteht leicht der Trugschluß, man sehe talauf-

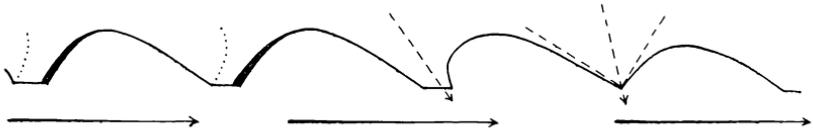


Fig. 22.

wärts gerichtete Vorsprünge. Auf Tafel III, 1, im rechten oberen Viertel wird dieser falsche Eindruck eben noch durch die Sichtbarkeit der flacheren Nischenseite oberhalb der einen Kante vermieden oder durch die schräge Aufsicht auf die Lücke nach einer herausgefallenen Platte richtiggestellt.

Jedenfalls kann man bei genauerem Hinsehen deutlich unterscheiden, wie solche Klammwände talaufwärts und wie sie talabwärts betrachtet aussehen. Die beschriebenen Formen sind zudem so häufig, ja vorherrschend, daß man selbst nach Schwinden des Wassers und bei zerstörtem Gefälle aus ihnen die Richtung des ehemaligen Abflusses erkennen würde. Dabei ist für den Anblick größerer Stücke einer Klammwand das Verhalten der Wirbel in längeren Zeiträumen maßgebend, während welcher der Fluß einschnitt. Erlischt der Wirbel allmählich, so schließt sich die Nische unten zu einer rundlichen Gesamtform (Tafel III, 1 rechts der Mitte). Das Erlöschen eines Wirbels kann wohl mannigfache Ursachen haben, z. B. das Heranwälzen eines die Hauptströmung teilenden Blockes. Bleibt aber ein Wirbel sehr lange aufrecht und in Kraft, so verlegt er sich während des Einschneidens langsam in der Richtung, wo seine stärkste Wirkung liegt. In allen Fällen der ungestörten Uferwirbel bedeutet das ein Talaufwärtsrücken, denn dort ist der Angriff auf das Gestein im Bereich der kleinsten Krümmungsradien oder nach Fig. 20 b, am stärksten. Dieser Vorgang kann in der rechten Hälfte von Tafel II, 1 aus den scharfen, lang gezogenen Nischenrändern abgeleitet werden. Wenn dann die obere Wölbung der Nische schon zerstört ist, so bleiben die schrägen, talaufwärts herablaufenden Kanten als Merkmal übrig.

II. Andere Gebilde der Auswaschung.

Im Vergleich zu dem, was bis jetzt erörtert wurde, treten alle anderen Kolke, Strudellöcher und verwandten Wasserwirkungen an den Klammwänden zurück. Die Wirbel in Klammern sind nicht immer nur kleine Abspaltungen der übrigen Strömung und als solche auf die nächste Nähe der Ufer beschränkt, sondern in schmalen

Betten und bei ruhigem Fließen die Hauptart der Fortbewegung des Wassers an der Oberfläche. Dieses kreist dann in Kesseln, deren Gestalt manchmal noch an die Grundform der Uferwirbel erinnert. In Fig. 23 ist dieser Eindruck auf der linken Zeichnung festgehalten. Sonst aber entstanden fast geschlossene Bett-Kessel, die nur noch schmale Verbindungen miteinander haben. Durch diese Pforten eilt das Wasser, um dann in jedem dieser Kessel eine mindestens an der Oberfläche recht einfache Rundbewegung auszuführen. Warum es so verschiedene

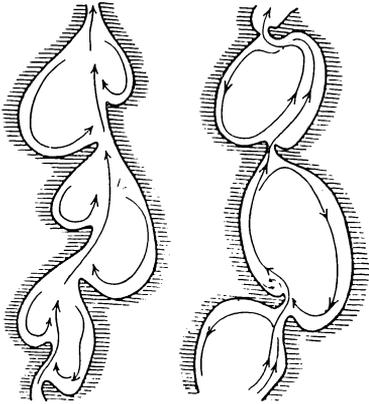


Fig. 23. Links nach Lichtbildern vereinfacht gezeichnet, rechts nach der Erinnerung an Form und Bewegung.

Strömungsverhältnisse gibt, kann hier nicht erklärt werden. Aber die Möglichkeit, die Abflußrichtung zu erkennen, wird auch hier oft geboten, wengleich nur durch die eigentümliche, talabwärts umbiegende Schnabelform an den Enden der oft talaufwärts gerichteten Vorsprünge. Die rechte Zeichnung der Fig. 23, wo man dies sieht, ist eine vereinfachte Wieder-gabe der Tatsachen auf der sanftest geneigten Bettstrecke der Lammeröfen unterhalb ihrer größten Enge. Weitere Schlüsse können auf Grund eines Erinnerungsbildes aus einer seit Verfall der Steiganlage so schlecht zugänglichen Klammstrecke nicht gezogen werden. Bevor man das tut, wäre zu untersuchen,

ob eine solche Bettgestaltung auch in kristallinen Gesteinen vorkommt.

Unabhängig vom Gestein wie die Nischen der Uferwirbel sind auch die „Mühlen“, die den Gletschermühlen gleichen (vgl. Tafel III, 1 links der Mitte); in ihnen leistet ein umhergewirbelter Stein, manchmal grober Sand die Hauptarbeit. Am Boden des Flußbettes sehen die Mühlen wie Töpfe aus, deren einige man auf Tafel III, 2 in den Boden einer Terrasse hineingestrudelt findet. Diese bergen in sich Sand. In den Wänden jedoch bilden die Mühlen Halb- bis Zweidrittel-Zylinder oder -Fässer. Auf der offenen Seite (gegen den Fluß) sind sie beiderseits von je einem schmalen Rande begrenzt. Daher schaut der eine dieser Ränder talaufwärts. Dieser ist von Haus aus nicht scharfkantig, wenn es auf Tafel III, 1 auch so scheinen könnte. Aber andererseits ist der Unterschied beider Ränder voneinander nicht groß und kann leicht verschwinden, wenn die Mühle verwittert. Dann eignen sich diese nicht mehr zu Kennzeichen einer Abflußrichtung. Ja, es könnte der dem früheren Wasserlauf entgegengerichtete Rand schärfer als der andere geworden sein und so verkehrte Vermutungen erzeugen. Man beachte nur, wie scharf durch eine spätere Absprengung der flußaufwärts gerichtete Topfrand geworden ist, den man auf Tafel III, 2 unten im Vordergrund sieht. So sind Mühlen durch ihre äußeren Umrisse bei der Höhlenforschung nicht zu brauchen. Anders steht es mit ihrer Innenseite, wenn sie noch

die Riefung nach Art eines Schraubengewindes zeigt, wie der eben erwähnte Topf oder die Mühle auf Tafel III, 1. Das Gewinde wurde im Sinne einer Auswärts-rückwärtsdrehung erzeugt und entspricht genau dem Verhalten des Uferwirbels der Fig. 20 a, beziehungsweise den festgestellten Gesetzen der Fließbewegung. Solche Riefen sind untrügliche Hilfsmittel für die Bestimmung der zugehörigen Abflußrichtung.

Mühlen sind in allen von mir beobachteten Klammern erheblich weniger zu sehen als Nischen nicht so bewehrter Wirbel. Während ich von diesen eine ganze Reihe von Aufnahmen machen konnte und dafür noch eine reiche Auswahl hatte, bin ich auf einen einzigen Ort gestoßen, an dem man wandnahe Mühlen und Töpfe in solcher Anzahl auf zwei Bildern festhalten konnte.

Die Mühlen können mit den vorher betrachteten Nischen nicht in irreführender Weise verwechselt werden. Hingegen besteht eine gewisse Gefahr, diese Nischen mit anderen Gebilden zu verwechseln, die wie folgt beschaffen sind. Es sind Mischformen von Wandnischen, in denen die Wirbelbildung durch hineinschießendes Wasser der Hauptströmung längere Zeit hindurch verändert oder gar aufgehoben wurde. Eines der selten zu sehen gewesenen Beispiele dieser Art zeigt Fig. 2, Tafel III am rechten Ufer, gegen den Vordergrund. Es ist vielleicht schon aufgefallen, daß man hier entgegen dem früher betonten schräg abwärts in das Innere einer Hohlform sieht und nicht talaufwärts, wie auf Tafel III, 1. Diese Nische steht also im Gegensatz zu den Hinweisen bei Fig. 22 und endlich auch zu Fig. 21. Denn der Nischenwinkel α ist kleiner als der Winkel β bei gleicher Anordnung der Buchstaben zur Abflußrichtung. Diese Besonderheiten der Hohlform auf Tafel III, 2 werden durch die Bewegung des Wassers erklärt: Es ist nämlich ein schöner rückläufiger Uferwirbel wohl vorhanden, aber Wassermassen einer, an der plötzlich einsetzenden, weißen Farbe deutlich erkennbaren Schnelle (vgl. den unteren Rand der Fig. 2, Tafel III), schießen bis in die Mitte der Nische vor und beschränken den Wirbel auf deren unteren, das heißt flußabwärts liegenden Teil. Dort hat er schon eine weitgehende Aushöhlung bewirkt. Sie ist stärker als die bei manchem gewöhnlichen Fall im flußaufwärts gelegenen Teil der Nischen erzeugte. Wenn nun in einer Höhle gerade eine solche besondere Hohlform vereinzelt erhalten wäre, was bei ihrer Seltenheit allerdings doppelt unwahrscheinlich ist, und wenn der Betrachter nur auf den Grundriß achtet, so könnte er sich bei Beurteilung der Abflußrichtung irren. Aber selbst dieser unwahrscheinliche Irrtum kann vermieden werden, wenn man die Vorderansicht der Nische auch beachtet und nicht nur den Grundriß. Diese Nische hat nämlich ihren schärferen Rand nicht über ihrem tiefer ausgehöhlten Teil, sondern über dem flacheren talaufwärts (gegen den Vordergrund zu) gelegenen. In der letzten Beziehung gleicht sie den gewöhnlichen Nischen. Und wie bei diesen liegt der stumpfe Winkel und das abgewaschene Ende des Vorsprungs flußabwärts, nur daß es eben hier mit der größten Tiefe der Nische zusammentritt. Dies spricht — nebenbei bemerkt — dafür, daß die Nische einst ganz regelmäßig begommen

habe, als die Ursache der Schnelle im Fluß noch nicht hervorgetreten war oder wo anders lag. So war in den Anfängen der heute flachere Teil der Nische tiefer ausgehöhlt, als die andere Hälfte. Dadurch verrät die ganze Form genauer betrachtet sogar das Richtige und kann keinesfalls mit den ungestörten verwechselt werden.

Noch etwas verringert die Gefahr einer Verwechslung: Wegen der Veränderlichkeit der Lage aller Gefällsbrüche und Schnellen im Bett können nicht leicht mehrere solcher Nischen hintereinander auftreten. So haben auch die nächsten kleineren, unterhalb (auf Tafel III, 2 im hintersten Mittelgrund) gelegenen Kolke schon wieder die gewöhnliche Grundrißanordnung, so daß die Kulissen dazwischen talabwärts weisen. Wer in Höhlen weittragende Schlüsse ziehen muß, wird daher gut tun, sich in derartigen Fällen nicht auf eine vereinzelt Auswaschungsform zu stützen. Wo übrigens in einer Höhle mehrere solcher, im Freien sehr selten gefundenen Nischen je dicht aufeinander folgen sollten, könnten die talaufwärts schauenden Vorsprünge nie Kanten aufweisen. Es gibt also genügende Sicherungen gegen Irrtümer.

Wird durch Hineinschießen hinreichender Wassermassen in Wandvertiefungen die Bildung von Uferwirbeln erdrückt oder nahezu unmöglich gemacht, so kann man von Auffangnischen reden. In der Liechtensteinklamm, wo es viele starke Schnellen gibt oder gab, ist diese Gattung der Kolke nicht gar so selten. Sie öffnen ihre Höhlung natürlich talaufwärts, wohin auch die Vorsprünge zwischen ihnen weisen. Diese aber sind keine Kulissen, tragen natürlich auch keine Kanten, sondern sie sind rundlich abgespült in der Form von Wülsten und Buckeln. Eine Mehrzahl von Auffangnischen erlaubt daher, die Abflußrichtung zu bestimmen, bei einer vereinzelt ist ziemlich das Gleiche zu beachten, was bei der vorher behandelten Mischform gesagt wurde.

Wo das Wasser ganz frei durch die Luft fällt, gibt es in dem Kessel am Fuße des Falles nur ein Kreisen, aber kein Weiterschließen. Oft aber prallen solche Fälle in der Luft schräge gegen die geglättete Wand. Geschieht das unter genügend großen spitzen Winkeln mit ausreichender Wassermenge, so schlägt der Fall Auftreffnischen in den Fels. Ihre Form gleicht einem Löffel, dessen stärkste Krümmung — gewöhnlich dem Stielansatz benachbart — dort liegt, wo das Wasser hinprallt, während es im Abgleiten den Auslauf in die Löffelspitze erzeugt. Der Längsschnitt durch diese steil absteigende Hohlform gleicht also durchaus dem wagrechten Schnitt in Fig. 21 links. Zeitweise zusammengefaßte Wasserstrahlen des Falles, Steine u. dgl. können bewirken, daß in die große Auftreffnische kleinere eingesenkt erscheinen.¹⁾ Wenn Wasserfälle die Wand nur streifen, so schleifen sie diese mit kaum merklichen Hohlflächen an. Dasselbe gilt übrigens auch von manchem Wasserschwall, der durch einen Block etwa geteilt oder abgelenkt die Uferwand streift. Man sieht solche Schliffformen wie Facetten in der Wand auf Tafel III, 1.

¹⁾ Aufnahmen dieser Formen gelangen nicht gut genug, um vervielfältigt zu werden.

Zum Beschluß dieses Abschnittes sei der einzigen Beobachtung gedacht, wo die Lagerung des Gesteins wesentlichen Einfluß auf die Form von Nischen der Uferwirbel hatte. Wonämlich dünnbankige, saigere Schichten parallel zur Klammwand stehen, wie dies in der Eugenklamm Werfener Schiefer und Dolomite tun, da haben die Nischen eine ganz eigenartige Gestalt, die Fig. 24 vergegenwärtige. Alle diese Formen liegen im Bereiche vorbeischießender Schnellen, die manchmal den Uferwirbel¹⁾ sehr einengen und auf einen ganz schmalen Streifen beschränken. Es ist

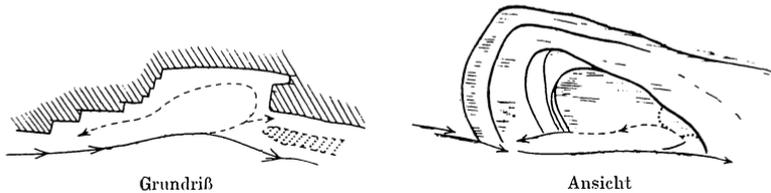


Fig. 24. Nach der Natur und nach Lichtbildaufnahmen gezeichnet.

daher keineswegs sicher, ob die Nischen auch bei ruhigem Flusse gerade so aussehen würden.

Die Nischen erhalten ihre Eigenart durch die zahlreichen Kanten der Schichtköpfe, die auch unter dem Anprall des Wassers bei der Sprödheit des Gesteins ziemlich scharf bleiben. Nur die ohrförmig flußaufwärts verlängerten Umrisse verraten, woher die Strömung kommt. Damit sind alle beobachteten Formen der Auswaschung an Klammwänden vorgeführt. Es sind überhaupt fast alle, die in den vier Klammern vorkommen, nur abgesehen von seltenen nicht ganz sicher deutbaren Mischformen.

III. Die Rolle der Karrenbildung.

Dachsteinkalk baut das Tennengebirge im Höhlengebiet auf, er herrscht in den Salzachöfen und im Paß Lueg und setzt den abgebildeten Teil der Lammeröfen zusammen. Wie viele andere Kalke neigt auch er, besonders in einzelnen Schichtbänken, zur Karrenbildung. Regen, Sicker- und Tropfwasser können Klammwände nachträglich sehr umgestalten, wie Tafel II, 1 in der mittleren dicken Kalklage links und ganz rechts erkennen läßt. Damit ist eine Zerstörung der Formen der Auswaschung im Gange. Die Kulissen auf Tafel III, 2 liegen ebenfalls im Bereich solcher Karrenbildung. In Höhlen wäre für manche Fälle ein eigenes Studium der Karrenbildungen nötig, um diese nachträglichen Veränderungen auszusondern.

Wichtiger sind hier die Karren, die das Flußwasser in Verbindung mit den Auswaschungen erzeugt. Auf zwei Arten geschieht dies: durch Brandungsspritzer

¹⁾ Wie man bemerke, gebrauche ich hier das Wort Wirbel im weitesten Sinne, den man sich drehendem Wasser geben kann.

und, in der Salzach, durch eine allgemeine Spiegelschwankung, wobei die ganze Wassermenge sich um 1 bis 2 *dm* an einem Orte abwechselnd langsam hebt und senkt, also unabhängig von den raschen Einzelbewegungen wogt. Bei der Senkung läuft das Wasser am Gestein ab, bei Beginn der Hebung spritzt es meist auf. Spritzer gibt es aber auch unabhängig davon. Diese Karrenbildung durch Spritzer ist sehr ähnlich jener durch die Meeresbrandung. Die bevorzugten Stellen zur Anlage solcher Karren durch das Flußwasser sind die Vorsprünge der Wände und die flachen, flußaufwärts blickenden Wandteile der Wirbelnischen. Auf Tafel II, 1 sieht man in der rechten Hälfte der großen Nische deutlich die abenteuerlichen Formen dieser Karren. Das Eindringen der Brandung ist durch die Verlegung des Wirbels in die linke, das heißt flußaufwärts gelegene Hälfte gefördert worden. Manchmal schmiegt sich in die Vertiefungen solcher Karren ein kleiner Wirbel und vergrößert sie zur Form eines Kolkes. Dies währt aber nur kurz, da die Gebilde dem beim Einschneiden tiefer sinkenden Flusse bald entzogen werden. Deutlich sieht man Flußwasserkarren auch auf Tafel II, 2. Die ganze, von den Schichten dortselbst auffällig unabhängige Hohlform können wir nun in ihre Bestandteile gliedern. Oben sieht man einen beiderseits ziemlich scharfrandigen Halbzylinder, aller Wahrscheinlichkeit nach eine Mühle. Als aus ihr der Stein entfernt worden war — vielleicht bei einem Hochwasser — fügte ihr der Wirbel unten als Erweiterung eine gewöhnliche Nische an; in deren flachem flußabwärts liegenden, etwas flußaufwärts schauenden Teil hat die Brandung Karren erzeugt. Die bevorzugten Stellen der Brandung und damit der Flußwasserkarren bringen es mit sich, daß deren scharfkantige Kämme flußaufwärts ragen, also umgekehrt wie die von den Wirbeln der Strömung erzeugten Kanten. Zugerundet werden die Karrenkämme nur darum nicht, weil sie der eigentlichen Strömung schon zurzeit ihrer Anlage entzogen sind. Später kann Regen- und Sickerwasser sie noch vergrößern, freilich auch etwas abändern. (Vgl. Tafel II, 1 links.) In Höhlen geht die Karrenbildung weniger einfache Wege als im Freien und so kann sie es dort merklich erschweren, ursprüngliche Auswaschungsformen soweit zu erkennen, daß man daraus etwas schließen darf. In Fällen aber, wie einer auf Tafel II, 2 festgehalten ist, erleichtern die Karren sogar das Erkennen der Abflußrichtung.

Alle diese Beobachtungen lassen sich aber für die Höhlenkunde nur in Höhlen verwerten, die nicht ganz mit fließendem Wasser erfüllt waren. In vollen natürlichen Druckstollen entstehen andere Strudelformen mit Gewinden und Spiralen. Aus diesen die Bewegung des Wassers abzuleiten, ist eine ungelöste Aufgabe, die man aber mit einigem Aufwand von Zeit und künstlichem Licht bewältigen könnte. Es kommt in Versturzhöhlen vor, daß ihre Wände Teile solcher Druckstollen anschneiden und entblößen, deren Formen aber nichts mit den hier behandelten zu tun haben und überhaupt nicht auf ein Gerinne in der Versturzhöhle zurückgehen.

IV. Zusammenfassung.

1. Als Auswaschungsformen an den beobachteten Klammwänden ließen sich unterscheiden:

- a) die Nischen aller rückläufigen Uferwirbel (häufigste Form von Nischen);
- b) die Mühlen, durch gewirbelte Steine oder groben Sand erzeugt. Der Drehsinn dieser Wirbel ist derselbe wie bei allen Uferwirbeln;
- c) die Auffangnischen (unterhalb starker Schnellen);
- d) die Auftreffnischen, durch Anstoßen frei fallenden Wassers erzeugt;
- e) die Kesselreihen als Bettform von Wand zu Wand bei sehr ruhigem Fluß.

Ferner wurde eine Mischform zwischen *a* und *c* behandelt.

2. In Höhlen eignen sich zur unzweideutigen Bestimmung der Richtung früherer, die Höhle nicht ganz ausfüllender Gewässer die unterschiedenen Formen unter:

- a) mit zwei oder mehr Kennzeichen;
- b) mit einem nicht immer deutlichen Merkmal;
- c) mit einem Merkmal bei größerer Anzahl (Richtung der abgewaschenen wulstigen Vorsprünge talaufwärts);
- d) mit einem Merkmal;
- e) mit einem Merkmal (Schnabelenden gewisser Vorsprünge).

3. Irrtümer können in Höhlen veranlaßt werden durch Mischformen, vereinzelte Auffangnischen und Karren. Die beiden ersten Gefahren kann man durch genauere allseitige Beobachtung vermeiden. Die Karren sind nur bei ohnehin schlecht erhaltenen Gebilden irreführend.

4. Aus dem Gesagten folgt eine erste Hilfe: Es gibt keine flußaufwärts gerichteten Kanten als Ergebnis der Auswaschung, mit Ausnahme des einen Randes von Mühlen, welcher Rand aber nicht ausgesprochene Schärfe besitzt. Alle anderen flußaufwärts gerichteten Kanten sind Karren, denen übrigens in verwitterten Höhlen noch einige Aufmerksamkeit gebührt. In der kalkfreien Liechtensteinklamm wurden überhaupt keine flußaufwärts gerichteten Kanten gefunden.

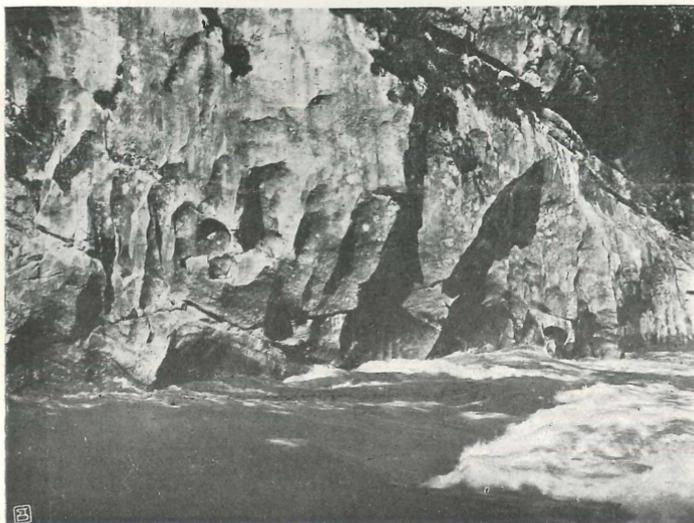


Fig. 1. Kolke und Karren der linken Schluchtwand. Die große Nische rechts wurde auf 3 m Höhe geschätzt. (Phot. O. Lehmann.)

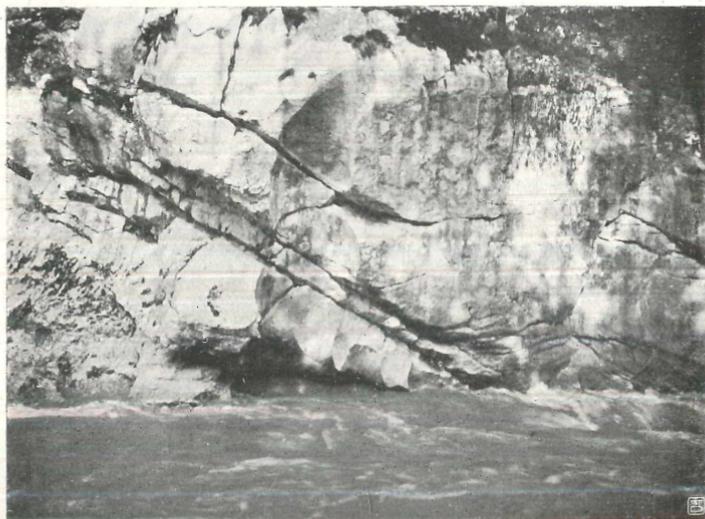


Fig. 2. Zusammengesetzte Ausstrudlung in der linken Wand, schätzungsweise 6 m hoch. (Phot. O. Lehmann.)

Aus dem „Paß Lueg“. Die Salzach fließt nach rechts.

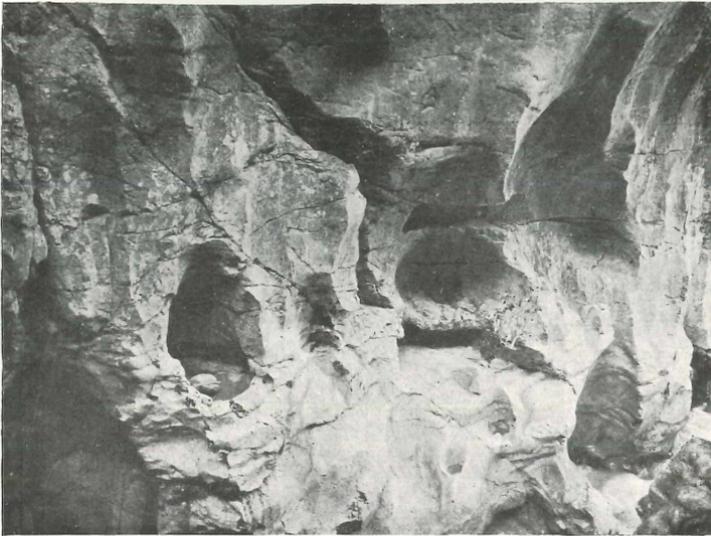


Fig. 1. Rechte Klammwand. Blick schräg-talaufwärts. Die Mühle mit dem Stein ist schätzungsweise 3 m hoch. (Phot. O. Lehmann.)

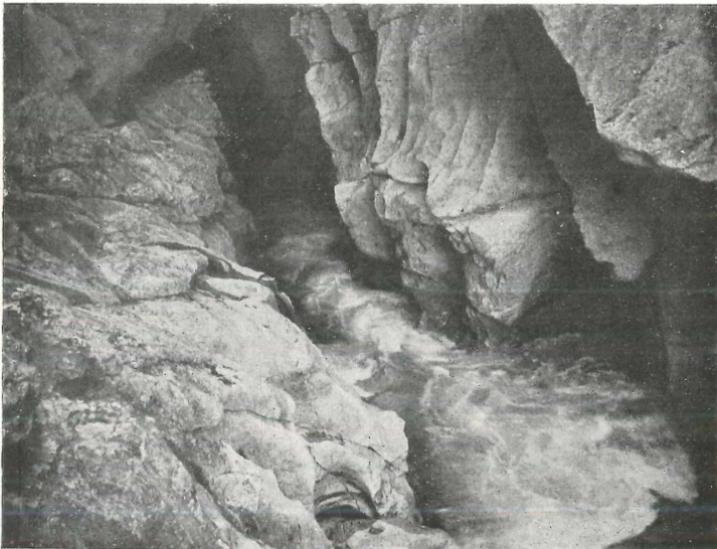


Fig. 2. Blick talabwärts fast von der derselben Stelle wie Bild 3. Die Bildebene ist ein wenig vornüber geneigt. (Phot. O. Lehmann.)

Aus den „Lammeröfen“ oberhalb der größten Enge.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der staatlichen Höhlenkommission](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [3_1922](#)

Autor(en)/Author(s): Lehmann Otto

Artikel/Article: [Die Auswaschungen an Klammwänden und die Richtung des Wasserlaufes 40-49](#)