

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Eislöcher in Ueberetsch

Pfaff, Wilhelm

Innsbruck, 1933

III. Die Eislöcher

III. Die Eislöcher.

Außer dem zum Abschnitte II angeführten Schrifttume mögen hier noch die folgenden weitem Schriftwerke namhaft gemacht werden:

13. Paul Hölzl: Die Montigglerseen und die Eislöcher in der Gand. In: „Bozner Zeitung“, Jahrgang 1882, Nr. 158.

14. R. Daublelsky Ritter von Sterneck: Über die Eislöcher von Eppan in Tirol. In: Mitteilungen der Sektion für Naturkunde des österreichischen Touristenklubs, 1889, Nr. 6.

15. Eberhard Fugger: Eishöhlen und Windröhren. Im 24. bis 26. Jahresbericht der Oberrealschule in Salzburg, 1891—1893.

16. Franz Kraus: Höhlenkunde. Wien, 1894.

17. Gsell-Fels: Tirol. In: Bruckmanns illustrierte Reiseführer Nr. 71—74, Seite 165 (1898).

18. Hans Krammer: Eishöhlen- und Windröhren-Studien. In: Abhandlungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, 1899, Heft 1.

19. K. W. v. Dalla-Torre: Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein. In: Junk's Natur-Führer, Band I, Seite 278 (1911).

20. Die Höhle in Sport. Wissenschaft und Kunst. München, Alpenfreunde-Verlag, 1922.

21. Ernst Hauser und Robert Oedl: Eishöhlen. In: Kosmos, 1922, Seite 146 ff.

22. Albert Heim: Gebläse im Gebirge. In: Kosmos, 1923, S. 68 ff.

23. Karl Felix Wolff: Bei den Eislöchern. In: Dolomiten, Jahrgang 1931, Nr. 59.

Auf die umfangreiche Literatur über Höhlenkunde im allgemeinen und über Eishöhlen im besonderen kann hier nicht eingegangen werden. Wer sich dafür interessiert, findet ausführliche Literatur-Verzeichnisse in den oben unter 15. und 20. zitierten Werken, dann im „Kosmos“, Jahrgang 1928, Seite 213 ff., und in dem Aufsatz von Dr. B. Schwalb: „Übersichtliche Zusammenstellung literarischer Notizen über Eishöhlen und Eislöcher“, in: Mitteilungen der Sektion für Höhlenkunde des österreichischen Touristenklubs, 1887, Nr. 2 und 3.

Johann Jakob Staffler schließt in seinem oben unter II 1) angeführten Werke an die Beschreibung des Bergsturzes der Gand die folgende weitere Schilderung an: „Unter diesen chaotischen Steinmassen tiefen sich da und dort schaurige Löcher und Höhlen, in welchen man zur heißen Sommerszeit eine fast unerträgliche Kälte, selbst unvergängliches Eis, und an dessen Rand, merkwürdig genug, die blühenden Alpenrosen und den wohlriechen-

den Speik⁸⁾ findet. Diese Höhlungen sind unter den Ortsbewohnern als die Eislöcher in der Gegend bekannt.“

Etwas ausführlicher beschreibt Amthor a. a. O. dieses Phänomen: „Bei den Ruinen einer alten Kirche beginnt ein schlechter Fußsteig, welcher sich mühsam zwischen den gewaltigen Porphyrböcken des Bergsturzes durchwindet; er steigt eine Viertelstunde ziemlich steil empor und senkt sich dann in eine kleine Mulde mitten in einem unbeschreiblichen Chaos von kreuz und quer liegenden Felsen. Zwischen denselben öffnen sich weite Zwischenräume, die sich mitunter, wie es gerade die Gestalt der Felsen erlaubt, weiter verzweigen. Plötzlich fühlen wir beim Niedersteigen eine eiskalte Luft uns anwehen. Mit Erstaunen bemerken wir, daß zugleich mit der Temperatur die ganze Vegetation gewechselt hat: oben reift die Kastanie, einige Schritte in der Tiefe treffen wir die Alpenrose (blühend von Mai bis Juni), Saxifragen und ähnliche Kinder der Alpenflora. Am Grunde dieses sonderbaren Kessels erblicken wir tiefe Felsenspalten, von denen einige zugänglich sind und die auch im größten Hochsommer Eis enthalten.“

Ähnlich beschreibt auch Paul Hölzl die Eislöcher; am schwungvollsten aber ist die Schilderung, welche C. J. Platter von denselben gibt: „Knapp unter der hohen Felsenwand (des Gandberges) befindet sich eine kesselartige Vertiefung in der Steinwüste, einzelne Nadelbäume erheben sich an den Seitenwänden, all' die Blöcke, groß und klein, sind mit weichem Moos bekleidet, und während sonst Schnee und Eis sich vor der glühenden Sommerhitze auf die fernsten Alpengipfel zurückgezogen haben, weht hier eine seltsam kalte Luft, ein eisiger Windhauch zieht durch die Spalten und Risse des Felsenwirrals und die glatten Flächen der Riesenquadern sind vielfach in Eis verglast, sowie auch von den Wänden derselben mitunter meterlange Zapfen des hellblinkendsten Eises herniederhängen. Ringsherum herrscht der versengende Sommerbrand des Südens, unweit von der Stelle blüht die Mandel und reift die Traube, hier dagegen gemahnt ein reicher Flor der herrlichsten Alpenrosen an die Reviere des Hochgebirges, und der Eiszapfen werden durch Verdunstung im Luftstrom all' der Spalten und Höhlen immer mehr, je weiter der Sommer vorrückt, so daß gerade in der zweiten Julihälfte die Eppaner an den Eislöchern den bequemsten und billigsten Eiskeller haben.“

Aus diesen Darstellungen haben zumeist auch die spätern Schriftsteller, soweit sie überhaupt sich näher mit den Eislöchern

⁸⁾ Die Anführung des wohlriechenden Speiks unter den in den Eislöchern wachsenden Alpenpflanzen bei Staffler und den spätern seine Angaben wiederholenden Schriftstellern kann nur auf einem Irrthum beruhen, da keine der mit dem Namen „Speik“ bezeichneten wohlriechenden Pflanzen (*Valeriana celtica* L., *Primula glutinosa* Wulf., *Primula Auricula* L., *Achillea Clavenae* L.) in den Eislöchern vorkommt, und es nach Lage der Verhältnisse auch nicht anzunehmen ist, daß etwa zu Stafflers Zeiten eine dieser Pflanzen dort gewachsen wäre.

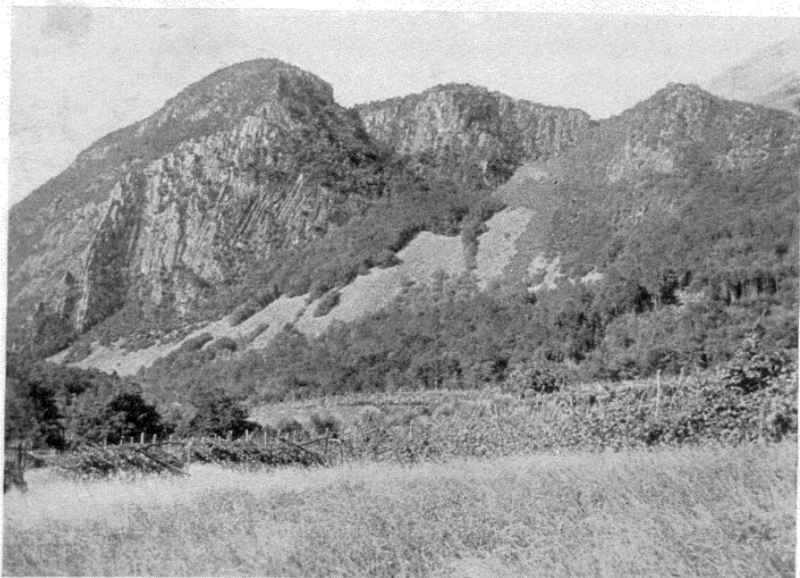


Abb. 2. Die durch den Bergsturz am Gandberge entstandene Sturzfläche und Geröllhalde.



Abb. 3. Der Ostwall der Eislöcher und die Talfurche von der Geröllhalde aus.

beschäftigten, geschöpft und sie fügen dem Bilde keinen erheblichen neuen Zug bei. Entkleidet man aber das bisher gewonnene Bild von den Ausschmückungen der Phantasie und hält nur dasjenige fest, was der streng sachliche Beobachter festzustellen vermag, so gelangt man zu den folgenden Ergebnissen:

Von der Mendelstraße am Fuße des Gandberges, bei ungefähr 505 m Meereshöhe ausgehend, steigt man gegen Norden auf holperigem Fußsteige über die abgestürzten Felsblöcke in 10 Minuten bis zu der schon öfters erwähnten Einsattelung zwischen Gandberg und Lambrechhügel (etwa 540 m) hinan; von da führt der Fußsteig steil abwärts in wenigen Minuten in die gleichfalls schon mehrfach erwähnte Talfurche hinab, und zwar zunächst in den tiefsten, etwa 515 m über dem Meer gelegenen Teil derselben, welcher einen fast rundum von steil aufeinandergeschichteten Porphyrblocken umgebenen „Kessel“ mit einem Durchmesser von 8 bis 9 Meter und fast ebenem, von Gras und Kräutern bewachsenem Boden bildet (siehe die Abbildungen 3 und 4). Steht man in dem Kessel, so hat man gegen Süden den „Südwall“ vor sich, eine Masse von abgestürzten Felsblöcken, schütter mit Nadelbäumen bewachsen, durch welche über die Einsattelung der Himmel durchscheint (Abbildung 4); gegen Osten zu liegt der ebenfalls mit Felsblöcken überschüttete und mit Baumwuchs bedeckte „Ostwall“ oder Lambrechhügel (Abbildung 3); auf der Westseite ragt über einem schmalen Baumstreifen eine steile, fast dreihundert Meter hohe, aus grobem, größtenteils unbewachsenem Gerölle und Blockwerk gebildete Geröllhalde empor (Abbildung 2), über welcher sich in mehreren Abstufungen steil das Mendelgebirge bis zur Höhe des Penegal (1742 m) erhebt; nur gegen Norden steigt das Gelände sanfter über abgestürzte, mit Strauchwerk und schütterem Baumwuchs bedeckte Felsmassen durch die etwas erweiterte, muldenförmige Talfurche, die „Mulde“ (Abbildung 5) etwa 200 Meter weit bis auf 535 m an, wo sich die Wasserscheide der Talfurche befindet; von hier führt der Weg nach Osten leicht ansteigend zur Höhe der Lambrech, nach Norden durch die Fortsetzung der Talfurche abwärts zum Strobelhofe und nach Gandegg; der Gandberg mit der Absturzstelle liegt südwestlich von dem Kessel (Abbildung 1 und 2).

In dem vorbeschriebenen Kessel und in der nördlich daran anschließenden Talmulde, vereinzelt auch in den niedern Teilen des Ostwalles, befinden sich nun die Eislöcher. Dies sind teils größere, teils kleinere Hohlräume von unregelmäßiger Gestalt, welche sich zwischen den abgestürzten Porphyrblocken öffnen und von denen man einzelne allenfalls als kleine Höhlen bezeichnen kann; sie besitzen alle nur geringe Tiefe, stehen aber augenscheinlich durch Spalten und Risse mit dem Innern des Sturzfeldes in Verbindung. Aus diesen Eislöchern strömt mit einer je nach Jahreszeit und nach andern Bedingungen wechselnden, aber auch bei den einzelnen Öffnungen ungleich großen Stärke, kalte Luft heraus, welche sich im Kessel und im angrenzenden Muldenstücke ausbreitet und da-

selbst die Luftschichte bis zu einer Höhe von etwa fünf Meter über dem Boden des Kessels erheblich abkühlt, was besonders an heißen Sommertagen beim Herabsteigen vom Sattel oder von der Wasserscheide sehr empfindlich fühlbar ist.

Ich habe im Laufe von mehr als 25 Jahren, während welcher Zeit ich die Eislöcher etwa 200 mal aufgesucht habe, zu allen Jahreszeiten und zu verschiedenen Tageszeiten mittelst eines genauen Schwingthermometers zahlreiche Messungen der Lufttemperatur in den Eislöchern selbst, im Kessel und auf dem Sattel vorgenommen, und dabei Folgendes festgestellt: In den Wintermonaten Dezember, Jänner und Februar ist die Temperatur im Kessel und in den Eislöchern nicht oder nur um wenig niedriger als außerhalb, und in dieser Zeit ist auch die Stärke der Luftausströmung nur eine geringe, ja sie hört oft in manchen Eislöchern ganz oder fast ganz auf, in seltenen Fällen zeigt sich sogar bei einzelnen Eislöchern ein schwaches Einströmen der Luft aus dem Kessel in die Löcher. Vom März angefangen wird die Ausströmung stärker, der Temperaturunterschied ein größerer; beide Faktoren nehmen in den folgenden Monaten stetig zu, und erreichen in den Monaten Juli und August ihr größtes Ausmaß; die aus den Eislöchern ausströmende kalte Luft erreicht in dieser Zeit eine Ausströmungs-Geschwindigkeit von mehr als einem Meter in der Sekunde; vom September bis zum November schwächen sich beide Effekte allmählich wieder ab, um im Dezember annähernd wieder zu verschwinden. In den drei Wintermonaten lag zumeist die Temperatur auf dem Sattel, im Kessel und in den Eislöchern fast gleichmäßig um Null Grad herum oder etwas unter Null; nur an wenigen Tagen senkte sie sich auf einige Grad unter Null und war im Kessel und in den Eislöchern etwas tiefer als auf dem Sattel und außerhalb desselben. Im März betrug durchschnittlich die Temperatur auf dem Sattel $+10^{\circ}$, im Kessel $+2^{\circ}$ und in den Eislöchern 0° C; im April und Mai auf dem Sattel $+16^{\circ}$, im Kessel $+5^{\circ}$, in den Eislöchern $+1^{\circ}$ C; im Juni auf dem Sattel $+19^{\circ}$, im Kessel $+7^{\circ}$, in den Eislöchern $+2.5^{\circ}$ C; im Juli und August auf dem Sattel $+23^{\circ}$, im Kessel $+9^{\circ}$, in den Eislöchern $+4^{\circ}$ C; im September und Oktober auf dem Sattel $+16^{\circ}$, im Kessel $+9^{\circ}$, in den Eislöchern $+5^{\circ}$ C; im November auf dem Sattel $+10^{\circ}$, im Kessel $+6^{\circ}$, in den Eislöchern $+3^{\circ}$ C. Der mittlere Temperatur-Unterschied zwischen Sattel und Kessel steigt also im Laufe des Jahres vom 0 auf 14° C, jener zwischen Sattel und Eislöchern von 0 auf 19° C: im allgemeinen ergeben die Messungen in den Nachmittagsstunden und bei heiterem Wetter größere Temperatur-Unterschiede als jene in den Vormittagsstunden und bei bedecktem Himmel, Messungen zur Nachtzeit würden jedenfalls die geringsten Unterschiede ergeben. Die absolut größten Unterschiede habe ich am 12. Juli 1911, um 4 Uhr nachmittags bei klarem Himmel mit $+24.5^{\circ}$ C auf dem Sattel, $+6.5^{\circ}$ C im Kessel (Unterschied also 18° C) und $+3^{\circ}$ C in den Eislöchern (Unterschied

also 21.5°C) festgestellt. An einzelnen Tagen ergaben die Messungen sehr erhebliche Abweichungen vom Durchschnitte: so am 17. Juni 1922 um $10\frac{1}{2}$ Uhr vormittags bei starkem Nordwinde auf dem Sattel und im Kessel ohne Unterschied $+17^{\circ}\text{C}$ (der Nordwind hatte also die kalte Luft aus dem Kessel hinausgeblasen), in den Eislöchern $+4.5^{\circ}\text{C}$; und am 16. April 1906 nachmittags 4 Uhr bei Südwind (der in den Kessel nicht eindringen kann, sondern darüber hinwegstreicht) auf dem Sattel $+19^{\circ}\text{C}$, im Kessel $+3.5^{\circ}\text{C}$ und in den Eislöchern $+1^{\circ}\text{C}$, also einen für die Jahreszeit ausnehmend großen Unterschied. Zu bemerken ist noch, daß das Ausströmen der kalten Luft aus den Eislöchern stets in deren ganzen Weite, also nicht etwa nur am Boden, sondern auch in der Mitte, an den Seiten und an der Decke erfolgt, und daß nur in sehr seltenen Fällen im Winter, wenn durch eine stärkere Schneeschicht die Luft im Kessel stark überkältet wird, ein schwaches Einsinken der überkälteten Luft in einzelne Eislöcher stattfindet; diese Tatsachen sind zumeist ohneweiteres durch das Gefühl wahrnehmbar, ich habe sie aber auch wiederholt durch das Einführen einer Kerzenflamme oder einer brennenden Zigarre an der Ablenkung der Flamme und des Tabakrauches nachgeprüft.

Die gelegentliche Verwendung eines feuchten Thermometers neben dem trockenen zeigte, daß die aus den Eislöchern ausströmende Luft mit Wasserdampf nahezu gesättigt ist, wozu es ja bei ihrer niedrigen Temperatur nur einer geringen Menge von Wasserdampf bedarf. Legt man an die Oeffnung eines Eisloches ein Stückchen Löschpapier, so ist es nach wenigen Minuten schon ganz durchfeuchtet.

Der Boden der Eislöcher selbst ist den größten Teil des Jahres über tatsächlich mit Eis bedeckt, und zwar im Winter und Frühjahr vollständig, im Frühsommer und Spätherbste nur in den inneren Teilen der größern Löcher. Wenn man jedoch tiefer in die Höhlungen und bis zu den Spalten des Hintergrundes der größern Eislöcher eindringt, was nur einem Kinde möglich ist, so findet man dort auch im Hochsommer immer noch Eis. Außerdem bilden sich nach Regengüssen an den Stellen, wo das Regenwasser in die Eislöcher einsickert, gelegentlich auch Eiszapfen, die bis über einem Meter lang werden können, und es beschlagen sich auch manchmal die Wände der Eislöcher mit einer Eiskruste. Im Hochsommer habe ich jedoch niemals Eiszapfen oder Eiskrusten in den Eislöchern gesehen, will jedoch die Möglichkeit nicht ausschließen, daß solche ausnahmsweise auch im Hochsommer vorkommen können; es ist aber jedenfalls übertrieben, wenn C. J. Platter behauptet, daß der Eiszapfen immer mehr würden, je weiter der Sommer vorrückt, so daß gerade in der zweiten Julihälfte die Eppaner an den Eislöchern den bequemsten und billigsten Eiskeller hätten. Der Boden des Kessels und der Mulde ist im Winter natürlich mehr oder weniger mit Schnee bedeckt, doch ist bei unsern schneearmen Wintern diese Schneedecke meist nur gering. Im Frühjahr hält

sich dieselbe nur so lange, bis der Stand der Sonne hoch genug ist, um über den Süd- und Ostwall in Kessel und Mulde hinein-zuscheinen, und es werden daher Mulde und Kessel meist schon im April, spätestens anfangs Mai vollkommen schneefrei, ungeachtet der darin herrschenden niedrigen Temperatur.

Außer in den Eislöchern des Kessels und der Mulde entströmt dem Sturzfelde der Gand noch an zwei andern Stellen kalte Luft in größerer Menge, und zwar am Südrande des Sturzfeldes in der Nähe der Ruinen des Georgskirchleins, und am Nordrande unweit vom Strobelhofe. An beiden Stellen ist diese Kältequelle zur Herstellung von sehr kalten Kellern benützt worden. Der Keller am Südrande ist aus solidem Mauerwerk hergestellt, nur die Rückwand wird eben durch die Blöcke der Gand gebildet, zwischen denen die kalte Luft einstreicht; dieser Keller besteht aus einem 3.20 m langem Vorraume und einem 5.30 m langen Hauptraume, beide Räume sind 2.70 m breit und 2.10 m hoch; der ganze Keller liegt ober der Erde und es scheint den ganzen Tag über die heiße Sonne des Südens auf sein Dach und seine Wände — trotzdem beträgt auch im Hochsommer die Temperatur im innern Raume nur wenige Grade über Null, und durch die geöffnete Türe des Innenraumes strömt in ihrer ganzen Höhe und Breite lebhaft kalte Luft in den Vorraum, und aus diesem, der auch sehr kühl ist, weiter ins Freie. Beim Strobelhofe sind zwei Keller an den Fuß der Gand oberirdisch angebaut, die durch den kalten Luftstrom kühl gehalten werden; sie sind zwar weniger luftdicht hergestellt als der Keller am Südrande, sind jedoch durch ihre Nordlage und durch Bäume vor der Sonnenbestrahlung ziemlich geschützt; in einem dieser Keller maß ich am 13. Mai 1922 die Temperatur mit $+6.5^{\circ}\text{C}$, und es wurde mir damals gesagt, daß sie auch im Hochsommer nie über $+8^{\circ}\text{C}$ hinaufsteige; aus den Spalten der Wände und der Türe strömte ebenfalls sehr fühlbar kalte Luft heraus.

Endlich befindet sich noch in der Nähe der Gand, unweit des Eppaner Schießstandes „Fuchseben“, in der Höhe von etwa 570 Meter über dem Meere, ein eigener kleiner Bergsturz, an dessen unterem Rande, welcher durch große, reichlich mit Moosen und Flechten bedeckte Porphyrböcke gebildet wird, ebenfalls aus Spalten und Ritzen sehr kühle Luft ausströmt. Die Temperatur derselben ist zwar nicht so niedrig wie in den Eislöchern (bei den im Juli und Oktober 1923 von mir vorgenommenen Messungen betrug sie $+6.5$ und $+8^{\circ}\text{C}$ gegenüber einer Außentemperatur von $+26$ und $+15^{\circ}\text{C}$), dafür ist aber die Intensität des Ausströmens viel größer als in den Eislöchern, so daß die Luftbewegung noch in einer Entfernung von 7—8 Meter, einmal sogar bis auf 15 Meter wahrzunehmen war und die Blätter eines vor der Spaltenmündung stehenden 11 m weit entfernten Strauches durch die ausströmende Luft in ständiger Bewegung gehalten wurden. Die Ausströmung der Luft erfolgt hier nicht in eine Mulde oder in einen Kessel, sondern auf ein schwach abfallendes bewaldetes Gelände, auf dem sich die kalte

Luft ausbreitet und dessen Luft-Temperatur sie immerhin um einige Grade abkühlt, so daß man beim Betreten dieses Geländes die Abkühlung sofort empfindet, wodurch Herr Professor Schmoranzner auf die Erscheinung zuerst aufmerksam wurde. Die Abkühlung ist hier aber augenscheinlich nicht groß genug, um eine außergewöhnliche Eisbildung zu bewirken.

Ueber die Frage, wie das eigenartige Kältephänomen der Eislöcher, das auch anderwärts vielfach, wenn auch nicht leicht in so ausgeprägter Weise wie in der Eppaner Gand auftritt, zu erklären sei, ist schon viel geschrieben worden, ohne daß bisher eine endgültige und allgemein anerkannte Erklärung gefunden worden wäre. Im Folgenden sollen die bisher aufgestellten Theorien aufgeführt und besprochen, und schließlich der Versuch gemacht werden, an ihrer Hand zu einer befriedigenden Lösung des Problems zu gelangen.

1.) Die älteste, aber auch noch in neuester Zeit, speziell für die Eislöcher in der Eppaner Gand von Gugenberger und von Klebelsberg vertretene Auffassung ist die, daß die auffallenden Kälteerscheinungen in den Eislöchern auf die Aufspeicherung von Winterkälte zurückzuführen seien. So sagt Gugenberger: „Es handelt sich um einzelne Hohlräume, die innerhalb des übereinandergetürmten Bergsturzmaterials zustande kamen und zufällig so abgedichtet wurden, daß ihre Oeffnungen nur auf der Oberseite liegen. In die sackartig abwärts gerichteten Hohlräume kann aus der Atmosphäre durch die Spalten nur schwere, kalte Luft einfallen. Sickerwasser gefrieren im Winter und da die Eislöcher selbst in einer geschützten Mulde liegen, verhindert der in ihr lagernde Kälte-see auch im Sommer den Zutritt wärmerer Luftmassen, so daß die Eismassen nicht zum Schmelzen gebracht werden können.“ Und Klebelsberg schreibt: „In den Hohlräumen (der Gand), tief zwischen den ins Riesenhafte gehenden Porphyrböcken, hält sich die kalte Winterluft den ganzen Sommer über.“

Nun gibt es tatsächlich sackförmige Höhlen, z. B. die Beilstein-Höhle in Steiermark, in welchen jahraus und jahrein eine gleichmäßige Temperatur von etwa 0°C herrscht, weil die im Winter in die Höhle fallende kalte und schwere Luft im Sommer durch den engen, trichterförmigen Ausgang nicht entweichen kann. Und es trifft auch gewiß zu, daß im Winter sich im Kessel der Eislöcher kalte Luft ansammelt, welche dazu beiträgt, den Boden und die Wände des Kessels abzukühlen. Die gemachten Beobachtungen bestätigen jedoch die Annahme nicht, daß diese Abkühlung viel unter die Temperatur der Luft außerhalb des Kessels hinabgehe; ebenso bestätigen die Beobachtungen nicht, daß die in dem Kessel sich im Winter ansammelnde kalte Luft aus dem Kessel in die Eislöcher und in die mit denselben zusammenhängenden Spalten und Höhlungen in nennenswertem Maße eindringe, vielmehr zeigen die Beobachtungen auch im Winter als Regel ein Ausströmen der Luft aus den Eislöchern in den Kessel oder einen Gleichgewichtszustand zwischen der Luft im Kessel und jener in den Eislöchern,

und nur ausnahmsweise ein geringfügiges Abfließen der Luft aus dem Kessel in die Eislöcher. Uebrigens trifft es auch sicherlich nicht zu, daß unterhalb des Kessels und der Mulde Hohlräume von größerer Ausdehnung vorhanden wären, welche eine nennenswerte Aufspeicherung von kalter Winterluft, also die Bildung eines „Kälte-sees“ ermöglichen würden, der sich bis in die Sommermonate erhalten könnte. Man bedenke doch, daß bei uns die mittlere Lufttemperatur nur im Dezember und Jänner, und auch da nur ganz wenig unter Null liegt, so daß das Mittel der drei Wintermonate nur -0.3°C beträgt; die aufgespeicherte Winterluft kann infolgedessen auch keine sehr niedrige Temperatur haben, und es würde daher schon eines ganz außerordentlich großen Kälte-luft-sees bedürfen, damit derselbe dazu hinreichen könnte, um durch den ganzen Frühling mit einer Mitteltemperatur von $+10.3^{\circ}\text{C}$, durch den ganzen Sommer mit einer Mitteltemperatur von $+19.6^{\circ}\text{C}$, und durch den ganzen Herbst mit abermals $+10.3^{\circ}\text{C}$ im Mittel ein ständiges Ausströmen von kalter Luft mit einer Temperatur nahe an 0 Grad aus den Eislöchern in den Kessel und in die Mulde zu ermöglichen. Ein so großes Luftreservoir kann unter dem Kessel und der Mulde unmöglich vorhanden sein, zumal der Porphyrfels keine natürlichen Höhlen enthält und auch die Natur des Bergsturzes das Vorhandensein großer Hohlräume unter Kessel und Mulde ausschließt. Denn die vom Gandberge abgestürzte Felsmasse ist doch, wie die Beschaffenheit des Sturzfeldes deutlich zeigt, beim Absturze in lauter einzelne Felsblöcke zerborsten, die übereinanderfallend wohl Klüfte und Spalten von kleinen Ausmaßen, aber unmöglich große Hohlräume freilassen konnten; und auch die ursprünglich vorhandenen Klüfte und Spalten müssen im Laufe der Zeit infolge von Verwitterung und Sedimentierung zum großen Teile durch zerkleinertes Felsmaterial, Geröll und Sand ausgefüllt und für Luft undurchlässig gemacht worden sein, so daß das in den Kessel und in die Mulde einmündende, gegen die Umgebung abgedichtete Spaltensystem nur einen verhältnismäßig geringen mit Luft erfüllten Raum enthalten kann.

Aus alle dem ergibt sich, daß die Theorie der Aufspeicherung kalter Winterluft nicht im Stande ist, das Kältephänomen der Eislöcher befriedigend zu erklären. Aber auch noch aus dem weiteren Grunde kann diese Theorie nicht als eine Lösung unseres Problems angesehen werden, weil ja nach dem ihr zugrunde liegenden Prinzipie die in die unterirdischen Spalten und Höhlungen eingesunkene kalte und schwere Winterluft niemals wieder aus diesen Höhlungen heraustreten könnte, da sich ja über ihr, zumal im Sommer, immer wärmere und leichtere Luft befindet, und daher ein Austreten der eingeschlossenen Winterluft höchstens insoweit möglich wäre, als sie im Laufe des Sommers etwa selbst erwärmt und dadurch ausgedehnt würde; dann könnte sie aber auch nicht als kalte Luft von 0 Grad oder wenig darüber in den Kessel und die Mulde austreten, wie dies tatsächlich bei den Eislöchern der Fall ist.

Alle diese Erwägungen führen somit folgerichtig zu der Erkenntnis, daß es sich bei dem Kältephänomen der Eislöcher nicht bloß um aufgespeicherte Winterluft handeln kann, sondern daß die aus den Eislöchern austretende kalte Luft das ganze Jahr hindurch von neu hinzukommender kalter Luft ersetzt und herausgedrängt werden muß.

2.) Den Ursprung dieser fortwährend neu zuwachsenden Mengen von kalter Luft sucht nun eine ganze Gruppe von Theorien in mannigfacher Weise in der Mitwirkung von Wasser. So schreibt Hölzl: „Fachmänner stellen die Behauptung auf, daß nur die schnelle Verdunstung durch starke Luftströmung, die allerdings in den vielen Gängen und Klüften dieser übereinandergeworfenen Felsmassen vollkommenen Zutritt hat, diese Naturerscheinung veranlasse.“ Ferners meint Buch: „Durch unterirdische Wasserbewegung scheint ein Luftzug hervorgerufen zu werden und durch Verdunstung des Wassers im Luftstrom eine Vereisung in den Spalten und Höhlen stattzufinden.“ Und Gsell-Fels sagt: „Die äußere Hitze entzieht dem Sickerwasser in den Klüften so rasch die zur Verdunstung nötige Wärme, daß die Luft bis unter dem Gefrierpunkt abgekühlt wird.“ Am ausführlichsten aber faßt Daublesky die in diese theoretische Gruppe gehörigen Möglichkeiten in folgender Weise zusammen: „Es wäre möglich, daß durch einen unterirdischen Wasserlauf die Luftströmung erzeugt wird, welche im Sommer kalt ist, da sie in den von der Winterluft abgekühlten Kanälen strömt. Es müßte sich irgendwo ein Gewässer, vielleicht der Abfluß eines Schneefeldes, in eine Erdspalte ergießen und nach Art der Wasserfälle Luft mitreißen und etwas komprimieren, so daß dieselbe in den unterirdischen Spalten und Klüften streicht und bei den Öffnungen ausströmt. Die mitgerissene kalte Winterluft kühlt die Wände der Spalten ab, so daß im Frühjahr die durchziehende Luft, besonders wenn sie aus großer Höhe in die Erde gelangt und daher ohnedies schon sehr kalt ist, in diesen Kanälen so abgekühlt wird, daß sie beim Entweichen aus der Erde Veranlassung zur Eisbildung gibt. Speziell für die Eppaner Eisgruben könnte man überdies noch vermuten, daß in dieser Gegend Ueberreste von Gletschern oder einer mächtigen Schneelawine durch später erfolgte großartige Felsabstürze überdeckt wurden und sich hiedurch konservierten; durch das sehr langsame Abschmelzen oder infolge des Durchflusses von Wasser wären Höhlungen im Eise entstanden, welche einbrachen und Veranlassung zur Tal- und Dolinenbildung an der Oberfläche gegeben hätten. Wenn auch diese Erklärungen so manches für sich haben und mehr Wahrscheinlichkeit zu haben scheinen, als andere Erklärungsarten, z. B. als jene, bei welcher das vom Kapillardrucke beim Austritte aus den Gesteinen befreite Wasser als Ursache der Abkühlung betrachtet wird, wobei jedoch die Luftausströmung unaufgeklärt bleibt — so glaube ich doch nicht, daß dieselben im Stande sind, alle Erscheinungen dieser und der übrigen sehr zahlreichen auf der Erde vorkommenden und sehr ver-

schiedenartigen Eisgruben und Eishöhlen zu erklären. Ich glaube vielmehr, daß die wahre Ursache dieser rätselhaften Naturerscheinung derzeit noch nicht völlig aufgeklärt ist.“

Eine weitere Theorie dieser Gruppe, welche die Ursache der Abkühlung in der Lösung von Salzen sucht, kann bei den Eppaner Eislöchern überhaupt nicht in Betracht kommen, da hier sicherlich keine Salze vorhanden sind, welche durch ihre Lösung die Kälteerscheinungen in den Eislöchern hervorrufen könnten. Gegenüber den Ausführungen Daublesky's aber möchte ich zunächst die phantastische Vorstellung von vorneherein gänzlich zurückweisen, als ob irgendwie Gletscherreste aus der Eiszeit oder Ueberreste einer mächtigen Schneelawine, welche unter dem abgestürzten Felsmateriale begraben wären, als Ursache des Kältephänomens der Eppaner Eislöcher in Frage kämen. Bekanntlich wirken sich in unserem Klima die Einflüsse der Außentemperatur im Boden nur bis zu einer Tiefe von 8–9 Meter aus, darunter zeigt der Boden bis zu 100 m konstant die Temperatur des an dem betreffenden Orte bestehenden Jahresmittels der Wärme; dieses Jahresmittel liegt auf der Gaudalpe aber zwischen $+9$ und 10°C , und es ist daher unmöglich, daß sich in der höchstens 30 m dicken Zwischenschicht zwischen dem Kessel der Eislöcher und dem darunter liegenden Felsgrund (siehe oben sub II) Reste eines Eiszeitgletschers durch mehr als 12.000 oder gar 16.000 Jahre erhalten können ohne fortzuschmelzen. Ähnliches gilt auch von etwaigen Resten einer Schneelawine: eine solche kann an dieser Stelle, solange das Klima annähernd das heutige ist, d. i. eben seit dem Ende der Eiszeit, nicht niedergegangen, und eine noch während der Eiszeit abgegangene Lawine müßte längst schon gänzlich zu Wasser geworden sein. Endlich besteht auch auf dem über den Eislöchern liegenden steilen Abhange des Mendelzuges nirgends und zu keiner Jahreszeit ein Schneefeld, von welchem ein kalter Abfluß zu den Eislöchern gelangen könnte. Es kommt also für die allfällige Anwendung dieser Gruppe von Theorien lediglich die Einwirkung flüssigen Wassers in Frage; und da die bezüglichen Annahmen der zitierten Schriftsteller nur ganz unbestimmt und hypothetisch gehalten sind, ohne auf die konkreten Verhältnisse bei den Eppaner Eislöchern einzugehen, so wird nun zu untersuchen sein, wie bei diesen Eislöchern die Wasserverhältnisse tatsächlich liegen, und ob dieselben die physikalische Möglichkeit bieten, aus ihnen eine annehmbare Erklärung für das Kältephänomen der Eislöcher abzuleiten.

Da muß nun vor allem darauf hingewiesen werden, daß sich in der Nähe der Eislöcher nirgends ein oberirdischer Wasserlauf oder eine oberirdische Wasseransammlung befindet, von welchem oder von welcher eine Einwirkung irgend welcher Art auf die Eislöcher ausgehen könnte. Durch eine von dem bekannten Rutengänger Herrn Dr. Franz Mittermair, welchem ich hiemit meinen verbindlichsten Dank ausspreche, vorgenommene genaue Begleichung des ganzen Gebietes der Eislöcher ist auch festgestellt wor-

den, daß sich im Untergrunde dieses Gebietes, abgesehen von einigen ganz unbedeutenden Wasseradern, kein fließendes Wasser befindet⁹⁾. Und mangels eines Zuflusses kann daselbst offenbar auch keine nennenswerte stehende Wasseransammlung vorhanden sein, zumal auch die im Niederschlagsgebiete der Eislöcher fallenden Niederschläge mit Rücksicht auf die durchlässige, geröllig-sandige Beschaffenheit des Bergsturz-Geländes und auf die bestehende starke Verdunstung zur Bildung einer Wasseransammlung nicht führen können¹⁰⁾.

Aus dieser Sachlage folgt nun unmittelbar, daß das Kältephänomen der Eppaner Eislöcher nicht „durch einen Luftzug infolge unterirdischer Wasserbewegung“ (Buch) erzeugt werden, und daß auch nicht, „ein irgendwo in einem Erdsplatt sich ergießendes Gewässer, welches nach Art der Wasserfälle Luft mitreißt und etwas komprimiert, so daß dieselbe in den unterirdischen Spalten und Klüften streicht und bei den Oeffnungen ausströmt“ (Daublelsky) die Ursache des Kältephänomens sein kann, da es eben bei den Eppaner Eislöchern keine Gewässer der vorausgesetzten Art gibt.

Ebenso ergibt sich aber aus den örtlichen Verhältnissen auch, daß nicht eine Unterkältung des Sickerwassers beim Durchsickern durch die Kapillarspalten des Gesteines und beziehungsweise beim Austritte aus denselben (Daublelsky) das Kältephänomen in den Eislöchern hervorbringen kann, da in so lockerem gerölligem Boden, wie er in unserm Sturzfelde vorhanden ist, das Sickerwasser gar nicht in die Haarspalten des Gesteines eindringt, sondern durch

⁹⁾ Insbesondere hat die Begehung der Gand mit der Rute auch festgestellt, daß die bei Kreuzweg zutage tretende reichliche Wasserquelle, von der man am ehesten vermuten könnte, daß sie mit dem westlich darüberliegenden Trichter der Eislöcher in Verbindung steht, tatsächlich von Südwesten her (aus der Gegend des Georgskirchleins) kommt, und daß ihr unterirdischer Lauf nirgends in die Nähe der Eislöcher führt, sondern stets unterhalb der Mendelstraße bleibt.

¹⁰⁾ Als Niederschlagsgebiet der Eislöcher ist der Trichter anzusehen, welcher von der Wasserscheide im Norden, dem Lambrechthügel im Osten, der Einsattelung im Süden, dem Gandberge und dem oberen Rande der Geröllhalde im Westen eingeschlossen wird und welcher einen Flächeninhalt von rund 65.000 Quadratmeter hat. Nach dem 16jährigen Durchschnitte der 3 Kilometer südlich von den Eislöchern gelegenen ombrometrischen Station St. Nikolaus berechnet sich der jährliche Niederschlag für den oben umschriebenen Trichter des Eislöchergebietes auf rund 900 Millimeter gleich 900 Liter auf den Quadratmeter. Hievon verdunstet die größere Hälfte schon oberflächlich teils direkt, teils durch Vermittlung der Pflanzen, die das Niederschlagswasser mit ihren Wurzeln aufnehmen und durch ihre Blätter wieder an die Luft abgeben; nur die kleinere Hälfte dringt in die Erde ein, wo sie in dem geröllig-sandigen Boden zurückgehalten wird und denselben auf geringere oder größere Tiefe durchfeuchtet, bis in trockenen Perioden und infolge der noch näher zu beschreibenden Luftströmungen auch dieser Wasservorrat wieder verdunstet wird. Zur Bildung einer Wasseransammlung kommt es aber auch nach den stärksten Niederschlägen weder im Kessel oder in der Mulde, noch im Untergrunde des ersteren oder der letzteren.

die ihm viel geringern Widerstand entgensetzenden Zwischenräume, Spalten und Ritzen des Gerölles und der Steine abfließt und durchsickert.

Nach Ausschluß aller dieser Möglichkeiten bleibt schließlich bloß noch die Frage offen, ob etwa das Kältephänomen der Eislöcher sich aus der durch Wasserverdunstung bewirkten Abkühlung der Luft erklären läßt. Diese Frage bedarf einer eingehenden Prüfung, da das Problem durchaus kein einfaches ist, so daß sich etwa mit Gsell-Fels kurzweg sagen ließe: „Die äußere Hitze entzieht dem Sickerwasser in den Klüften so rasch die zur Verdunstung nötige Wärme, daß die Luft bis unter dem Gefrierpunkt abgekühlt wird“, sondern die Beantwortung der obigen Frage vielmehr die Rücksichtnahme auf vielerlei verwickelte Verhältnisse erfordert.

Wenn eine Flüssigkeit sehr rasch verdunstet, das heißt in den gasförmigen Zustand übergeht, so muß sie hiezu eine gewisse Menge von Wärme (die Verdunstungswärme) in sich aufnehmen, welche je nach der Lage der Verhältnisse, insbesondere nach der Beschaffenheit und der Temperatur der Flüssigkeit und des sie umgebenden Gases sehr verschieden groß ist. Diese Verdunstungswärme wird der Umgebung der verdunstenden Flüssigkeit entzogen, also je nach Umständen dem etwa übrig bleibenden, nicht verdunstenden Teile der Flüssigkeit, dem sie umgebenden Gase, oder dem festen Körper, auf oder an welchem sich die Flüssigkeit befindet, oder auch zweien oder allen dreien dieser Medien zugleich. Die betreffenden Medien erleiden dadurch eine Temperaturerniedrigung, eine Abkühlung, welche man als Verdunstungskälte bezeichnet. Wenn man nun dieses Naturgesetz auf die Eislöcher der Gand anzuwenden versucht, so ergibt sich dabei die konkrete Fragestellung: ist es möglich, daß durch die Verdunstung des im Boden und in den Spalten und Ritzen des Eislöcher-Trichters enthaltenen Wassers der Boden selbst und die in ihm, in seinen Spalten, Ritzen und Höhlungen enthaltene Luft in solchem Maße abgekühlt wird, daß sich aus dieser Abkühlung das beständige Ausströmen kalter Luft aus den Eislöchern und die Eisbildung in denselben erklären läßt?

Um diese Frage zu beantworten, muß man sich gegenwärtig halten, daß die Intensität der Verdunstung und damit auch jene der Verdunstungskälte wesentlich abhängig ist von der Menge des vorhandenen Wassers, von der Menge der das verdunstende Wasser aufnehmenden Luft, von dem Feuchtigkeitsgehalte, den dieselbe schon besitzt, von der herrschenden Temperatur, und daneben auch vom Luftdrucke. Dabei ist noch insbesondere zu berücksichtigen, daß die Luft den Wasserdampf nicht in unbeschränkter Menge aufzunehmen vermag, sondern nur bis zu einer bestimmten Grenze, und zwar umso mehr, je wärmer sie ist; hat die Luft die ihrer Temperatur entsprechende Menge von Wasserdampf aufgenommen, so nennt man sie gesättigt. So ist z. B. die Luft mit Wasserdampf gesättigt, wenn sie bei einer Temperatur von 0 Grad in jedem Kubikmeter 4.6 Gramm Wasserdampf enthält, bei $+5^{\circ}\text{C}$ ist sie mit

6·7 Gramm, bei $+10^{\circ}\text{C}$ mit 9·3 Gramm, bei $+15^{\circ}\text{C}$ mit 12·6 Gramm, bei $+20^{\circ}\text{C}$ mit 17·0 Gramm Wasserdampf gesättigt. In gesättigter Luft findet keine weitere Verdunstung statt; steigt aber die Temperatur, so tritt sogleich wieder Verdunstung ein; sinkt dagegen die Temperatur, so scheidet ein Teil des unsichtbaren Wasserdampfes in Gestalt von sichtbaren Niederschlägen aus. Zumeist ist die Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt, sondern enthält nur einen Teil des Wasserdampfes, den sie aufzunehmen vermag; das Verhältnis des vorhandenen zu dem möglichen Gehalt an Wasserdampf in der Luft nennt man ihre relative Feuchtigkeit, welche in Prozenten ausgedrückt wird, z. B. die Luft hat 80 % relative Feuchtigkeit.

Aus dem Gesagten folgt sohin, daß, wenn im Untergrunde der Eislöcher nur wenig Wasser und wenig Luft vorhanden, wenn die Temperatur eine niedrige ist und die Luft ohnedies schon relativ viel Wasserdampf enthält, dort auch nur wenig Wasser verdunsten und sich nur geringe Verdunstungskälte bilden kann; daß dagegen, wenn für die Verdunstung eine große Wassermenge und eine große, nur wenig Wasserdampf enthaltende Luftmenge vorhanden und wenn die Temperatur eine hohe wäre, die Verdunstung eine ausgiebige sein und sich eine beträchtliche Verdunstungskälte entwickeln könnte; endlich daß durch ein Zusammentreffen der obigen Faktoren in ungleichen und mittleren Ausmaßen sich mannigfache Zwischenstufen für die Intensität der Verdunstung und der Verdunstungskälte ergeben könnten.

Halten wir nun die so gewonnene Erkenntnis zusammen mit demjenigen, was wir aus den früheren Abschnitten über die Beschaffenheit des Eislöchertrichters wissen, so müssen wir allerdings die Hoffnung, das Kältephänomen der Eislöcher durch Wasserverdunstung im Untergrunde derselben erklären zu können, aufgeben, da dort tatsächlich die Verhältnisse für die Verdunstung und die Bildung von Verdunstungskälte in jeder Beziehung ungünstig liegen. Denn im Untergrunde der Eislöcher sind ganz gewiß keine größeren Hohlräume oder gar Höhlen vorhanden, in welchen etwa eine größere Wasseransammlung bestände und darüber sich eine große Luftmenge ausbreiten würde, so daß eine ausgiebige Verdunstung im Gang kommen könnte. Der Zwischenraum zwischen dem Felsuntergrunde und dem Boden des Eislöchertrichters ist vielmehr mit dem zusammengesessenen Trümmermateriale des Bergsturzes ausgefüllt, welches wohl Spalten, Ritzen und kleine Gänge enthalten mag, aber keine größeren Höhlungen in sich enthalten kann, da diese unter dem Drucke der darauf lastenden Felsblöcke und Geröllmassen notwendig zusammenstürzen müßten; nur an der Oberfläche haben sich zwischen den abgerollten Felsblöcken eben die Eislöcher erhalten, welche aber auch alle nur sehr bescheidene Ausmaße besitzen. Der Untergrund der Eislöcher ist zwar gewiß immer mehr oder weniger feucht, da ja hier von dem allseits abhängenden Gelände der Umgebung immer etwas Feuchtigkeit einsickern muß;

recht groß darf man sich aber diese Feuchtigkeit auch nicht vorstellen, da ja auch das Gelände der Umgebung überall aus geröll- und sandreichem Materiale besteht, welches schon einen großen Teil des Niederschlagswassers zurückhält, und da es an einem Zuflusse von außerhalb des Trichters gänzlich fehlt. Es gibt also weder viel Wasser, noch viel Luft im Untergrunde der Eislöcher; zudem kann die dort vorhandene Luft auch keine große Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf haben, da die Luft in Gebirgsgegenden überhaupt schon eine durchschnittliche relative Feuchtigkeit von 60 bis 70% besitzt, und endlich kann es nach der Temperatur der aus den Eislöchern ausströmenden Luft keinem Zweifel unterliegen, daß auch die im Untergrunde der Eislöcher herrschende Temperatur stets eine niedrige, in der Nähe von Null Grad liegende sein muß, die also keine reichliche Verdunstung gestattet.

Alle diese Umstände lassen es somit ausgeschlossen erscheinen, daß im Untergrunde der Eislöcher, wenngleich daselbst die Voraussetzungen für eine mäßige Wasserverdunstung und die Bildung einiger Verdunstungskälte vorhanden sind, eine so starke Verdunstung stattfindet, daß dadurch das Kältephänomen der Eislöcher hinreichend erklärt werden könnte. Und dies muß umsomehr gelten, als ja die bloße Verdunstung von Wasser im Untergrunde der Eislöcher und die dadurch bewirkte Abkühlung der dort befindlichen Luft für sich allein überhaupt noch keine Erklärung dafür bieten würde, warum aus den Eislöchern das ganze Jahr hindurch kalte Luft ausströmt. Die abgekühlte und dadurch schwerer gewordene Luft müßte ja vielmehr im Untergrunde der Eislöcher liegen bleiben oder in denselben noch tiefer einsinken, und könnte nicht aus den Eislöchern an die Oberfläche der Erde treten. Wenn somit im Untergrunde der Eislöcher auch die Voraussetzungen für ein gewisses Maß der Abkühlung der Luft durch Wasserverdunstung gegeben sind, so muß dazu noch ein anderer Faktor hinzukommen, welcher eine beständige Luftströmung bewirkt, so zwar, daß ohnedies schon kalte Luft in die Zwischenräume, Spalten und Ritzen des Untergrundes hineingepreßt, dort durch Wasserverdunstung noch weiter abgekühlt und schließlich aus den Eislöchern in den Kessel und in die Mulde herausgedrückt wird. Erst wenn wir einen solchen Faktor aufgefunden haben, werden wir imstande sein, das Kältephänomen der Eislöcher wirklich aufzuklären.

3.) Dieser Faktor ist nun tatsächlich vorhanden, und zwar liegt er, wo ihn bisher noch niemand gesucht zu haben scheint, in der steilen Geröllhalde, welche sich unmittelbar über der Talfurche erhebt, in welcher die Eislöcher liegen (siehe die Abbildungen 1 bis 3); diese Geröllhalde wirkt wie eine Windröhre, sie erzeugt das „Gebläse“, welches die kalte Luftströmung in den Eislöchern bewirkt und fast ständig im Gang hält.

Unter einer Windröhre versteht man eine röhrenartige Ausbuchtung in einer Bergwand mit zwei in verschiedener Höhe gelegenen Öffnungen, einer untern und einer obern. In einem solchen

Röhrensysteme stellt sich nun jedesmal, wenn die Außenluft wärmer ist als die in der Röhre eingeschlossene, eine von oben nach unten gerichtete Luftströmung her: die in der Röhre eingeschlossene kältere Luft drängt bei der untern Oeffnung nach unten aus der Röhre heraus und es wird infolgedessen bei der obern Oeffnung warme Außenluft nachgesogen; diese überträgt ihre Wärme, indem sie sich zugleich selbst abkühlt, von oben her beginnend, auf das Gestein und verläßt schließlich, bereits stark abgekühlt, durch die untere Oeffnung die Röhre; immer bleiben somit die der untern Oeffnung benachbarten Röhrenteile am kältesten und die dort austretende Luft ist kälter als die Außenluft. Wenn umgekehrt die Außenluft kälter ist als die in der Röhre eingeschlossene, so strömt auch die Luft in der Windröhre in umgekehrter Richtung von unten nach oben, auch in diesem Falle aber bleibt stets der untere Teil der Windröhre am kältesten, da durch ihn die kalte Außenluft eingesogen wird und den untern Röhrenteil abkühlt.

Ganz in derselben Weise stellt sich auch in jeder schräg geneigten Schutthalde, in jedem Bergsturzhaufen eine bald absteigende kalte, bald aufsteigende warme Luftströmung, ein „Gebläse“ her; dabei braucht es durchaus keine Höhlen unter dem Massiv des Berges, und die Wege der Gebläse gehen oft nur wenige Meter unter der Oberfläche. Je höher und steiler die Windröhre ist, desto stärker wird das Gebläse und umso größer der Temperaturunterschied zwischen der untern und der obern Mündung. Ist das Innere der Windröhre feucht, so bringt die durchziehende Luft einen Teil der Feuchtigkeit zur Verdunstung, es wird dadurch die Luft selbst und auch die Windröhre abgekühlt und infolgedessen die Wirkung des absteigenden abkühlenden Luftstromes verstärkt, jene des aufsteigenden erwärmenden Luftstromes aber abgeschwächt. Infolgedessen begegnet man in der Wirklichkeit viel häufiger den kalten Gebläsen als den warmen und beziehungsweise die erstern sind viel merklicher als die letztern. Die kalten Gebläse werden vielfach auch praktisch verwendet, indem man über oder in sie Milch- und Käsekeller, ja selbst Weinkeller baut. Manche Gebläse gehen nach nasser Witterung und bei feuchtem Boden durch Verdunstungskälte weit unter die Bodentemperatur herab und setzen im Sommer in ihren Gängen sogar Eis an; schon seit langem sind viele solcher Eislöcher, jedoch kaum jemals unter vollkommen richtiger Erklärung der das Kältephänomen in ihnen bewirkenden Verhältnisse und Ursachen, beschrieben worden. Starker Schneefall stellt die Gebläse gewöhnlich durch Abschluß, sei es von oben oder von unten, oder auch von beiden Seiten ab.

Verwenden wir die so gewonnenen Erkenntnisse zur Erklärung des Kältephänomens der Eppaner Eislöcher, so kommen wir zu folgendem zusammenfassenden Ergebnisse: Die Eislöcher der Eppaner Gand sind eine eigenartige Verbindung eines Systems von Windröhren mit einem Kältespeicher. Die Windröhren liegen in der großen, steilen Geröllhalde, welche sich westlich ober-

halb der Talfurche erstreckt, in der die Eislöcher münden. Die obern Oeffnungen dieser Windröhren befinden sich wahrscheinlich am obern Rande der Geröllhalde, zum Teile wohl auch in der Geröllhalde selbst, und sind in dem lockern Gerölle nicht wahrzunehmen. Die Windröhren selbst verlaufen dann im Innern der Geröllhalde oder am Boden derselben nach abwärts und münden im Untergrunde der Eislöcher. Im Innern der Geröllhalde ist in einiger Tiefe das Feingerölle und der Sand (wie man sich durch Nachgraben leicht überzeugen kann) von den einsickernden Niederschlagswässern immer mehr oder weniger feucht und kühl, und das gleiche gilt auch von dem felsigen Boden der Geröllhalde; damit sind im größten Teile des Jahres die Bedingungen für einen kräftigen absteigenden Kaltluftstrom in den Windröhren gegeben. Dieser kalte Luftstrom dringt in den Untergrund der Eislöcher ein, welcher aus einem nicht sehr großen und nicht sehr tiefen, mit lockern Absturzmassen ausgefüllten und zufälligerweise nach unten und nach den Seiten überall abgedichteten Raume besteht. Auch das diesen Untergrund ausfüllende Material ist von dem von allen Seiten des Trichters, der das Niederschlagsgebiet der Eislöcher bildet, einsickernden Niederschlagswasser durchfeuchtet und überdies durch die Winterkälte abgekühlt; infolge der aus den Windröhren stets nachströmenden kalten Luft bleibt diese niedrige Temperatur auch in den Frühlings-, Sommer- und Herbstmonaten mehr oder weniger erhalten, ja es kommt nach Regengüssen bei besonders kräftiger Wirkung der Windröhren selbst in der warmen Jahreszeit zu einer Erniedrigung der Temperatur unter den Gefrierpunkt und zur Bildung von Eis am Boden und an den Wänden der Eislöcher und zur Entstehung von Eiszapfen aus dem Sickerwasser an ihrer Decke. Durch den Druck der aus den Windröhren fortwährend nachströmenden Luft wird die in die Spalten und Ritzen des Untergrundes gelangte und dort selbst durch Berührung mit dem kalten Gestein und durch weitere Wasserverdunstung noch mehr abgekühlte Luft aus den Eislöchern in den Kessel und in die Mulde herausgepreßt, wo sie infolge ihrer Schwere am Boden, besonders im Kessel, liegen bleibt und eine stagnierende Kaltluftschicht von etwa 5 Meter Höhe bildet, bis sie durch die Wirkung der Insolation, durch Vermengung mit der darüber liegenden wärmern Luft oder manchmal auch durch einfallenden Wind erwärmt und aus ihrer Bodenlage herausgehoben wird, um wieder anderer aus den Eislöchern herausdringender kalter Luft Platz zu machen. Im Winter kommt diese Luftbewegung ganz oder fast ganz zum Stillstand, da es an dem zur Erzeugung derselben nötigen Temperaturunterschiede zwischen Außen- und Innenluft fehlt; nur in Ausnahmefällen mag die Einstellung der Luftströmung auch durch starken Schneefall erfolgen, der die obern Oeffnungen der Windröhren verschließt. Im Frühjahr stellt sich die geschilderte Kaltluftströmung wieder her und es ist im Frühling und im Frühsommer die Eisbildung am stärksten, was wohl auf die Abkühlung des Untergrundes der Eislöcher im Winter, also auf Kältespeiche-

rung zurückzuführen ist. Im Hochsommer ist der Temperaturunterschied zwischen der Luft im Kessel und in der Mulde und außerhalb derselben am größten, die Eisbildung geht aber zurück, da sich sowohl die Windröhren als der Untergrund der Eislöcher allmählich etwas erwärmen, wiewohl bei weitem nicht im gleichen Maße wie die Lufttemperatur außerhalb des Kessels und der Mulde steigt. Im Herbst vermindert sich die Temperaturspannung zwischen der Luft innerhalb und außerhalb des Kessels und der Mulde, da die Außenluft mit dem Fortschreiten der Jahreszeit verhältnismäßig rascher an Wärme verliert als die Windröhren und der Untergrund der Eislöcher, und es ist daher im Herbst das Kältephänomen der Eislöcher viel weniger auffallend als im Sommer und im Frühling. Und mit dem Eintritte des Winters schließt sich durch fast gänzlich Aufhören der Luftströmung und der Temperaturdifferenz der Luft wieder der Kreislauf des Jahres. Eigentümlich ist dabei der Umstand, daß in den Eislöchern der Luftstrom stets nach auswärts fließt, höchstens allenfalls im Winter zeitweilig zum Stillstande kommt, und nur in ganz seltenen Fällen eine schwache Umkehr erfolgt, so daß die Luft aus dem Kessel in einzelne Eislöcher und deren Untergrund hinein und von dort durch die Windröhren der Geröllhalde nach aufwärts zieht, wie dies nach der Theorie der Windröhren stets dann der Fall sein soll, wenn die Außenluft kälter ist als jene in den Windröhren¹¹⁾. Diese (auch anderwärts oft beobachtete) Anomalie dürfte jedoch nur eine scheinbare sein und sich daraus erklären, daß infolge der eigenartigen Verhältnisse der Geröllhalde die Luft in den Windröhren derselben überhaupt nicht leicht wärmer werden kann als die Außenluft, indem einerseits die Wasserverdunstung in dem lockern Gerölle stets eine verhältnismäßig starke ist und der Luft in den Windröhren viel Wärme entzieht, und indem andererseits auch die von der Höhe des Pene-gals längs des Berghanges abfließende kalte Luft in die lockere Geröllhalde einsinkt und das Innere derselben abkühlt, während die im Kessel und in der Mulde und oberhalb derselben durch die Sonne erwärmte Luft (soweit eine solche Erwärmung überhaupt stattfindet) senkrecht in die Höhe steigt und daher die Geröllhalde

¹¹⁾ Doch scheint an einer anderen, tief zerklüfteten Stelle der Gand, welche an deren Außenseite oberhalb der Mendelstraße gelegen ist, eine Windröhre vorhanden zu sein, welche im Winter warme Luft nach aufwärts führt, da nach Angabe eines alten Jägers an dieser Stelle der gefallene Schnee stets auffallend schnell fortschmilzt. Der Mann glaubte diese Erscheinung auf unterirdisch fließendes, verhältnismäßig warmes Wasser zurückführen zu sollen, dessen Rauschen er auch gehört zu haben vermeinte. In Wirklichkeit fließt aber dort sicherlich kein Wasser, und auch das vermeintliche Rauschen war offenbar nur eine Sinnestäuschung, da von mir und von verschiedenen anderen Personen angestellte Hörversuche durchaus negativ ausfielen. Vielmehr wird es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um eine Windröhre handeln, welche bei niedriger Außentemperatur durch das zerklüftete Gestein aus der Tiefe warme Luft an die Erdoberfläche führt und dadurch das Schmelzen des Schnees bewirkt.

nicht erwärmt. Endlich ist auch noch zu berücksichtigen, daß die Geröllhalde ober den Eislöchern infolge ihrer Exposition gegen Nordosten den größten Teil des Tages im Schatten liegt und auch starker Abkühlung durch nächtliche Ausstrahlung ausgesetzt ist, wogegen die Insolation während der verhältnismäßigen kurzen Sonnenstunden keine große Erwärmung der Geröllhalde bewirken kann und diese wieder durch Steigerung der Wasserverdunstung und die daraus hervorgehende Verdunstungskälte aufgehoben wird. Jedenfalls kommt der Erhaltung einer niedrigen Temperatur in den Eislöchern und in ihrem Untergrunde auch der Umstand zustatten, daß die Eislöcher in einem ziemlich tiefen Trichter liegen, zu welchem nur der selten wehende Nordwind Zutritt hat, während alle andern Winde, namentlich auch der herrschende Südwind, darüber hinwegstreichen, ohne die in dem Trichter liegende kalte Luft in Bewegung zu bringen oder sich mit ihr zu vermischen.

Um die Richtigkeit der im Obigen dargelegten Beobachtungen an den Eislöchern der Eppaner Gand und ihrer Deutung zu kontrollieren, habe ich auch mehrfache Beobachtungen an andern Oertlichkeiten gemacht, welche ähnliche Kältephänomene zeigen, und dabei in allem wesentlichen eine weitgehende Uebereinstimmung feststellen können.

Den Verhältnissen bei den Eppaner Eislöchern sehr ähnlich ist die Situation in zwei kleinen Tälchen östlich oberhalb des Sees von Lasès im Trentino. Dort wird nahe am See eine mehrere hundert Meter hohe steile Geröllhalde durch einen gegenüberstehenden bewaldeten Hügel abgestaut und es entsteht dadurch eine etwa 250 Meter lange Talfurche, welche auf drei Seiten durch Berghänge abgeschlossen ist und in ihrem obersten, etwa 660 m über dem Meere gelegenen Teile eine kleine, flache Mulde bildet, während im übrigen das Tälchen sanft bis zum See (632 m) abfällt; ich bezeichne deshalb dieses Tälchen als das „Seetälchen“. In der Mulde, deren Boden mit grobem Gerölle, Platten und Blöcken aus Porphyrt bedeckt ist, herrscht eine auffallend kühle Temperatur, auch der Boden selbst ist sehr kalt; am Fuße der Geröllhalde strömt an mehrern Stellen kalte, nur wenig über 0 Grad messende Luft aus, und es findet sich dort bei einer bisher nur durch künstlich aufgeschichtete Platten und Blöcke geschützten Oeffnung, die aber unlängst mit einem regelrechten, durch eine massive Türe mit Vorhängeschloß verwahrten Eiskeller überbaut worden ist, selbst im Hochsommer gefrorener Schnee und Eis. Steigt man aus der Mulde des Seetälchens gegen Norden weiter aufwärts, so kommt man zunächst in ein Waldstück, welches nicht von einer Geröllhalde flankiert ist und normale Temperatur aufzeigt. Nachdem man jedoch etwa 200 Meter in horizontaler Entfernung und 70 Meter nach aufwärts zurückgelegt hat, kommt wieder eine Geröllhalde von der rechten Seite herab und auf der linken Seite erhebt sich wieder ein (etwas höherer) Hügel, dessen Abhang ebenfalls von Geröll bedeckt ist, so daß eine ganz ähnliche Situation entsteht, wie in dem Seetäl-

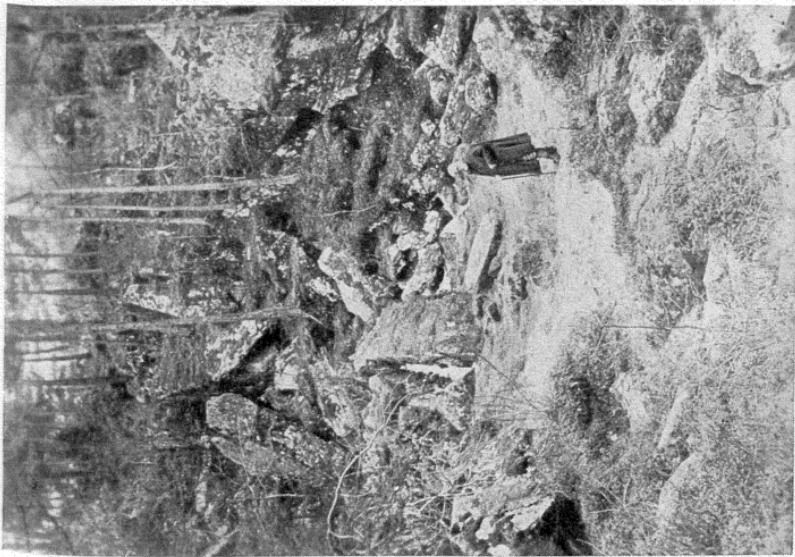


Abb. 4. Der Kessel der Eislöcher gegen Süden.
(Am Rande des Kessels Herr Professor Schmoranz.)

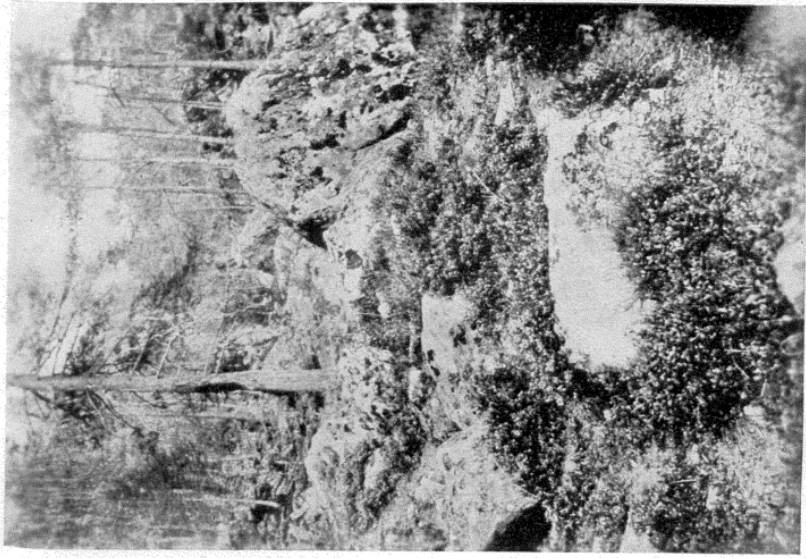


Abb. 5. Eine charakteristische Stelle aus der Mulde
der Eislöcher.

chen. Sogleich bläst einen auch bald von der rechten, bald von der linken Seite ein kalter Luftstrom an, und wenn man weiter fort-schreitet, passiert man in dem durch die Geröllhalden und den Hügel gebildeten obern Tälchen, das die Ortsbewohner selbst Val fredda (das kalte Tal) nennen, mehrere flache Mulden mit sehr niedriger Temperatur, so besonders bei 740 und 760 Meter Seehöhe. Hier befinden sich zahlreiche Eislöcher im Gerölle, aus welchen ein kalter Luftstrom herausweht und in welchen so viel Sommereis vorhanden ist, daß die Fischer des Sees von Lasès es zur Konservierung der gefangenen Fische verwenden können. Nach etwa 500 Meter verflacht sich zunächst der Hügel zur linken Seite und das Terrain beginnt sodann auf dieser Seite abzufallen — sofort hören die kalten Luftströmungen auf und man befindet sich wieder in normaler Temperatur. Auch in diesem Falle handelt es sich offenbar um Windröhren, die in den Geröllhalden kalte Luft nach abwärts leiten; sowohl in der Mulde am obern Ende des Seetälchens als in den Mulden der Val fredda wird dieselbe durch den gegenüberliegenden Hügelhang aufgehalten und zurückgestaut und bleibt sohin in den muldenförmigen Vertiefungen liegen, daher die dort herrschende niedrige Temperatur und die Eisbildung. Das Ganze stellt wie bei den Eppaner Eislöchern ein System von Windröhren mit natürlichen Kältespeichern, nur in kleinerem Maßstabe und in weniger vollkommener Ausbildung als in der Eppaner Gand dar.

Ein weiteres Beispiel eines solchen Windröhren-Systems, verbunden mit einem künstlichen Kältespeicher, bietet der „Kalte Keller“ unterhalb des Klosters Säben, ein Gasthaus, welches unter einer kaum 100 Meter hohen, terrassenförmig zu Weingärten ausgestalteten Geröllhalde an den Säbener Hügel angebaut ist und die von diesem Hügel im Gerölle herabsinkende kalte Luft in seinem Keller auffängt und speichert. Die Kältewirkung ist so groß, daß nicht nur der Keller das ganze Jahr hindurch auf wenige Grade über Null abgekühlt wird, sondern auch die darüber befindlichen Restaurations-Lokalitäten eine so auffallend niedrige Temperatur besitzen, daß einem ganz fröstelt, wenn man an einem warmen Sommertage eintritt. In ähnlicher Lage am Fuße einer Geröllhalde befinden sich auch die vielen andern „Kalten Keller“, welche über das Land verteilt sind, z. B. jener an der Brennerstraße, gegenüber der Mündung des Grödnertales, ein anderer bei Köstland u. s. w. Auch die beiden an der Eppaner Gand angebauten, schon oben erwähnten Keller des Strobllhofes und der Keller an der Südseite des Bergsturzes stellen nichts anderes dar als künstliche Speicher der durch Windröhren aus dem Bergsturze herabströmenden kalten Luft, sie stehen jedoch mit dem Windröhrensysteme der Eislöcher in keinerlei Verbindung. Und ein ähnlicher kalter Keller befindet sich auch am Grödnert Bergsturz beim „Dlat-scheschofe“ d. i. Eishofe.

Auch auf dem Kohlererberge am Fuße der Rotwand besteht eine Geröllhalde, an deren (eigens zu diesem Zwecke ab-

gedeckten) unterm Ende sich gleichfalls infolge Windröhrenwirkung mit künstlicher Kältespeicherung selbst im Sommer an mehreren Stellen Eis bildet. Dieses Eis wurde früher, bevor die Kunsteis-Erzeugung aufkam, von den Knechten der Seiter Bauernhöfe in kleinen Kesseln mehr als 1000 Meter herab zu Tal gebracht und an das Bozner Krankenhaus und an die Bozner Konditoreien abgeliefert; für ein solches Kesselchen Eis erhielten die Bauernknechte damals die bescheidene Entlohnung von 20 Kreuzern ¹²⁾.

In allen diesen Fällen ist der eigentliche Kältelieferant das Windröhren-System und beziehungsweise die Geröllhalde oder das Bergsturzfeld, welches als Windröhre funktioniert; und das Windröhren-System ist der wesentliche Bestandteil aller ähnlichen Eislöcher, kalten Keller und kalten Gebläse, die Wasserverdunstung und der natürliche oder künstliche Kältespeicher kommen nur als Verstärkungsfaktoren hinzu. Ein Windröhren-System kann aber auch ohne Kältespeicher bestehen und eine sehr fühlbare Kältewirkung hervorbringen, wie z. B. das oben erwähnte kalte Gebläse in der Nähe des Eppaner Schießstandes beweist, bei dem die ausströmende kalte Luft in keiner Weise aufgespeichert wird, sondern an einem Berghange abfließt. Eine bemerkenswerte Erscheinung ist es auch, daß die Himmelsrichtung, nach welcher die Geröllhalde oder das Sturzfeld exponiert ist, trotz der dadurch bedingten sehr verschiedenen Insolation keinen merklichen Einfluß auf die Wirksamkeit des darin befindlichen Windröhren-Systems auszuüben scheint; so ist die Geröllhalde ober den Eppaner Eislöchern gegen Nordosten, jene am Säbnerberg gegen Südosten, jene in Lasès gegen Westen, das Sturzfeld ober den Kellern des Stroblhofes gegen Norden, jenes ober dem Keller am Südfuße der Gand gegen Süden exponiert, ohne daß man einen merklichen Unterschied in der Kältewirkung feststellen könnte. Schließlich möge noch bemerkt sein, daß in den eigentlichen Eishöhlen, z. B. in jenen des Dachsteines und des Tennengebirges, die Frostwirkung und Eisbildung auf einem ganz andern Wege zustande kommt, was hier darzulegen nicht am Platze ist.

¹²⁾ Gefällige Mitteilung des Herrn Peter Eisenstecken.