

Die Hochseen.

Von Eberhard Fugger.

Zu den interessantesten Punkten, welche das Auge des Wanderers im Hochgebirge fesseln, gehören unstrittig die Seen, die meist in wilder, vegetationsarmer Gegend, fern von menschlichen Wohnungen, in ihrer durch nichts gestörten Ruhe und Einsamkeit, einen eigenthümlichen Reiz auf den Beschauer ausüben. Alle diese Scen gelten dem Volke als unergründlich tief. Untersucht man aber — freilich meist unter schwierigen Umständen, da in den seltensten Fällen ein Kahn zur Verfügung steht — die Tiefe, so ergibt sich gewöhnlich, dass diese eine sehr bescheidene ist, und das Wort „unergründlich“ wohl am besten durch den Ausdruck „unergründet“ zu ersetzen wäre. Die Tiefenverhältnisse ergeben dann meist eine Austiefung mit einem oder mehreren tiefsten Punkten, gegen welche hin sich der Seeboden senkt, also mit anderen Worten, die Form eines Beckens oder einer Mulde.

Die Formen der Mulden, wie sie sich durch die Tiefenmessungen ergeben, sind natürlich nicht mehr die ursprünglichen, sondern durch eingeschwemmtes Materiale verändert; der alte Boden ist jedenfalls viel weniger flach als der gegenwärtige, und demzufolge auch mehr trichterförmig und tiefer.

Ueber die Entstehung dieser Mulden gehen die Ansichten weit auseinander. Um eine richtige Vorstellung in dieser Beziehung zu erhalten, hielt ich es für nothwendig, die Form einer Reihe solcher Seebecken zu untersuchen, und habe dies auch im Laufe der letzten sieben Jahre, grösstentheils mit Unterstützung meines Freundes Professor Karl Kastner gethan. Die Art und Weise der Arbeit sowie ihre Resultate sind in den „Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde“ in den Jahrgängen 1890, 1891, 1893 und 1895 niedergelegt. Die Ansichten, welche ich über die Entstehung der Hochseen dadurch gewonnen habe, beehre ich mich in dem Folgenden vorzutragen, und erkläre hier ausdrücklich, dass ich dabei nur die Seen des Hochgebirges und keine anderen im Auge habe.

Eine Anzahl von Hochseen verdankt jedenfalls den ursprünglichen tektonischen Verhältnissen ihre Anlage. Die Alpen werden seit dem ersten Beginne ihrer Aufrichtung durch mechanische und chemische Erosion, oder wie man sich neuerdings auszudrücken pflegt, durch Erosion und Corrosion ununterbrochen denudirt. Und diese Zerstörung war und ist in den höher gelegenen Partien des Gebirges ungleich energischer und stärker als in den flacheren Regionen.

Stellen wir uns das Hochgebirge, und speciell dasjenige, welches mir am nächsten liegt, die Kette der Hohen Tauern, sowie überhaupt die Gebirge im Lande Salzburg in ihrer Gestalt nach der letzten Hebung vor. Dort wo sich heute der Hauptkamm der Centrakette in der beiläufigen Richtung von West nach Ost hinzieht, waren offenbar die Hauptbruchstellen der einzelnen Platten, von denen die eine Partie nach Norden, die andere nach Süden fällt, also ein äusserst zerrissenes Terrain mit zahlreichen aufstehenden Zacken, während nach Nord und Süd die Platten selbst abfallen und an ihren oberen Enden ebenfalls vielfach zerrissene, gezackte Kanten zeigen.

Durch Erosion haben sich diese Formen wohl bedeutend verändert; trotzdem können die ursprünglichen Formen an vielen Punkten die Uranlage für Seebildung abgegeben haben. Die Wasser, die sich in einer ursprünglichen Mulde ansammeln, finden wohl zwischen den Schichtflächen ihren Abfluss; wenn aber die Abflussöffnungen durch weniger leicht lösliches Materiale verstopft werden, so sammelt sich das Wasser zu einem Seebecken. Ist dasselbe überfüllt, so suchen die Wasser einen Abfluss und durchbrechen die Barrière an der Stelle, welche den geringsten Widerstand entgegensetzt.

Gar manche Hochseen mögen diesen Verhältnissen ihre Existenz verdanken. Doch sind wir kaum in der Lage, diese Entstehungsursache für einen bestimmten See anzusprechen, wenn derselbe in ungestörte Schichten eingebettet ist. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wo durch tektonische Veränderungen eine heute noch sichtbare Schichtenstörung hervorgerufen wurde, wo Verwerfungen auftreten, die wir als solche erkennen können, oder Biegungen der Schichten, die sich ja ebenfalls leicht nachweisen lassen.

Ein Beispiel eines derartigen ursprünglichen Sees im Kalkgebirge erwähnt Emil Böse in den Verhandlungen der k. k.

geologischen Reichsanstalt in Wien, 1895, Seite 252. Es ist der Funtensee auf dem Steinernen Meer, welcher zwischen zwei Verwerfungen von ziemlich bedeutender Sprunghöhe liegt.

Ein See, dessen Mulde ihre Entstehung einer natürlichen Faltung verdankt, ist der Seekarssee auf dem Gebirgskamme, welcher das Krimmler Achenthal vom Thale der Wilden Gerlos scheidet, und zwar auf der Seite, welche in's Achenthal abfällt. Der See liegt in 2234 Meter Meereshöhe in Gneis eingebettet. Vom Gebirgskamme im Südwesten zieht sich gegen den See ein Schneefeld herab, das in ein Felsgehänge endigt, welches karrenfeldartigen Schliff zeigt. Der Nordrand wird durch eine niedrige Felsbarriere abgeschlossen, welche in einer Breite von 10 bis 20 Meter beinahe in der Richtung von West nach Ost hinzieht. Diese Barriere ist derart geschichtet, dass die gegen den See gelegenen Schichten unter einem Winkel von 60 Grad gegen Süd, also gegen den See hin fallen, während der Gneis an der dem See abgewendeten Seite unter 35 Grad nach Nord fällt und diese Fallrichtung auch noch unten im Seekargraben in 1750 Meter Meereshöhe zeigt, obwohl zwischen der Seebarriere und der 380 Meter tiefer liegenden Seekaralpe ein Band von Hornblendegestein eingelagert ist. Die Länge des See's beträgt 310 Meter, seine grösste Breite 175 Meter; die tiefste Stelle mit 21·7 Meter liegt nahe dem nördlichen Ende, 30 Meter von der Barriere, welche von dem seichten Abflusse des See's durchschnitten wird. Dieser See gibt uns also ein Beispiel einer durch Faltung gebildeten Seemulde.

Zu den durch tektonische Veränderungen gebildeten Seen müssen auch diejenigen gerechnet werden, welche nach Art der sog. Kesselthäler entstanden sind. Kesselthäler sind bekanntlich Täler von dem Charakter normaler, breiter Erosionsthäler, welche aber thalabwärts durch eine Terrainerhebung, einen Querriegel, abgedämmt sind.

Um ihre Entstehung zu erklären, geht man von der Ansicht aus, die ja allgemein getheilt wird, dass die Täler vielfach älter sind als die Gebirge, welche sie durchsetzen. Die Flüsse haben sich in dem Maasse, als die Aufrichtung der Schichten ihr Bett abzdämmen suchte, weiter in das Gestein eingeschnitten und so das Thal als solches erhalten. Dort aber, wo die erodirende Kraft des Flusses mit der Aufrichtung der Schichten nicht Schritt zu halten vermag, dort wird sich ein Damm aus festem Fels dem Flusse entgegenstellen, das Thal abdämmen. Finden die Wasser

des Thales in ihrer Gesammtheit einen unterirdischen Abfluss, so bleibt der gebildete Damm unangetastet und es entsteht ein normales Kesselthal; wird jedoch nur ein Theil der Gewässer durch die unterirdischen Canäle abgeleitet, so bildet sich in dem Kessel ein See, der durch seitlichen Durchbruch oder Erweiterung seiner unterirdischen Abflussröhren wieder zum Kesselthal, oder durch Durchbrechen der hindernden Wände zum normalen Thal werden kann. Bekanntlich finden sich in Dalmatien und Bosnien manche Reste solcher jungtertiärer Binnenseen, die heute vollkommen trocken sind.

Derartige Seen sind nun allerdings nur aus dem Karstgebiete bekannt. Es ist aber gar kein Grund vorhanden, warum Abdämmungen nach Art der Bildung der Kesselthäler nicht auch in anderem Gesteine, in den krystallinischen Schiefern der Centralalpen aufgetreten sein sollten. Querriegel, deren Streichrichtung senkrecht zur Richtung des Thales steht, gibt es eine Menge in den Alpen, und Abflusscanäle können sich zwischen je zwei Schichtflächen gebildet haben und noch bilden. Und es gibt Hochseen genug, deren Grösse auf ein hohes Alter schliessen lässt, ein Alter, welches weit in die Präglacialzeit hineinreicht. Dass die Eiszeit die Seen nicht ausgefüllt, sondern dass gerade das Eis dieselben vor der Ausfüllung und Aufschüttung geschützt hat, wurde oft genug behauptet und zu beweisen gesucht.

Wir können also recht gut annehmen, dass manche grössere Hochseen, die wir heute sehen, sowie solche, deren trockene Reste wir als ehemalige Seebecken erkennen, nach Art der Kesselthäler durch Abdämmung eines Thales während der Aufrichtung des Gebirges in der Tertiärzeit entstanden sind. Bei dieser Art Seen ist es aber Bedingung, dass die Barrière, der Querriegel, durch welchen die Wasser ihren Abfluss finden, in seiner Schichtung senkrecht zur Thalrichtung steht, denn eine Abdämmung des Thales durch Schichten, welche der Thalrichtung parallel sind, eine Abdämmung eines Längsthales ohne Verwerfung ist nicht gut denkbar.

Besucht man das Hollersbachthal oder das Obersulzbachthal in Oberpinzgau, so durchschreitet man eine fast zusammenhängende Reihe von alten Seebecken, von denen einige allenfalls als Reste ehemaliger Kesselthäler gedeutet werden könnten. Bald nach dem Eintritt in das Hollersbachthal beginnt der Thalboden zu steigen, der Bach ist durch hölzerne Werke verbaut und bildet

künstliche Wasserfälle; oberhalb ist ein ebenfalls künstlicher Stausee angelegt als Ablagerungsort für die grösseren Geschiebe. Nun beginnt eine bedeutende Steigung des Thalbodens, während der Bach tief unten in enger Klamm dahinbraust. Ein Felsriegel sperrt das Thal ab; der höchste Punkt desselben am Wege liegt 1100 Meter, der tiefste innerhalb der Klamm 1046 Meter über dem Meere. Auf der Innenseite des Felsriegels liegt die Leitner Alpe. Diese Barrière wurde von Sonklar (die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern, 1866, Seite 72) irrthümlicherweise als Bergsturz oder Schuttkegel bezeichnet; eine in den letzten Jahren (1892 oder 1893) entstandene neue Wasserrinne entblüsst aber den Fels gerade von seiner höchsten Höhe bis zum Bache hinab. Hinter dem Felsriegel liegt das vorher erwähnte erste Seebecken, das eine Länge von mehr als einem Kilometer besitzt und dessen Breite sich auf 400 bis 500 Meter erstreckt. Der Thalboden ist ziemlich eben, in demselben liegt eine zweite Alpe, die Wirthsalpe, und erst innerhalb dieser beginnt der Thalboden wieder und zwar ziemlich gleichmässig zu steigen.

Im Eingange des Obersulzbachthales, gerade an der Grenze zwischen den Kalken der Silurformation und den azoischen Gebilden, liegt ein Querriegel aus hartem Gneis. Dieser erhebt sich 25 Meter über die Bachsohle, der Bach selbst hat sich eine Klamm von 20 Meter Weite durch den Riegel durchgearbeitet, und hinter, d. h. innerhalb der Klamm tritt eine Terrainsenkung auf, welche vom Bache mit verhältnismässig geringer Geschwindigkeit durchflossen wird. Diese Austiefung besitzt eine Länge von mehr als einem Kilometer und ist jedenfalls der Rest eines alten Seebeckens. Gegenwärtig wird diese Klamm verbaut, um hinter dem Riegel einen Stausee zu erzeugen, in dem sich das grobe Schuttmaterial ablagern soll, welches der Obersulzbach mit sich führt und welches zu zahlreichen Ueberschwemmungen des Salzachgebietes bis gegen Bruck hinab Veranlassung gegeben hat.

Ein zweites ehemaliges Seebecken beobachtet man weiter drinnen in demselben Thale bei der Wimm- und Posch-Alpe. Auch hier zieht sich ein Felsriegel quer durch das Thal, unterhalb desselben liegen am rechten Ufer die Kampriesalpen, während ihnen gegenüber am linken Ufer der Seebachfall über eine Felswand von mehreren hundert Metern in die Tiefe stürzt. Oberhalb des Riegels liegen die beiden vorher genannten Alpen. Die Wimmelalpe liegt 1500, die Mündung des Seebaches 1300 Meter

über dem Meere, die horizontale Entfernung der beiden Punkte beträgt nur 700 Meter bei einem Gefälle von 200 Metern. In die enge Schlucht, welche der Obersulzbach hier gebildet hat, stürzt sich derselbe als schäumender und brausender Wasserfall über eine Felswand von etwa 70 Meter Höhe und es beträgt daher sein Gefälle in dem übrigen Theile der Schlucht noch weit über 20 Procent. Der äussere Rand des durchbrochenen Querriegels ragt zu beiden Seiten des Baches noch mehr als 100 Meter über die Sohle der Wimmelpe empor. Nach den Isohypsen der Generalstabskarte ergibt sich hier ein Seebecken von mindestens anderthalb Kilometer Länge und 300 bis 400 Meter Breite.

Die beiden alten Seebecken des Obersulzbachthales können möglicherweise ebenfalls nach Art der Kesselthäler entstanden sein. Von gegenwärtig existirenden Seen ist mir aus eigener Anschauung keiner bekannt, welchen ich hieher rechnen möchte.

Manche Geologen behaupten, dass die Hebung der Alpen auch heut zu Tage noch vor sich gehe; so erklärt insbesondere Dutton in seiner Arbeit „Die Isostasie der Erdrinde“ in the American Journal of Science. 1892: Jene Theile der Erde, in welchen eine schnelle und grosse Stoffablagerung vor sich geht, seien im Sinken begriffen, während umgekehrt diejenigen, die durch den Einfluss der geologischen Agentien stets von ihrem Materiale einbüßen, sich heben. Dies würde eine zähe und teigartige Consistenz der Erdrinde voraussetzen, wobei aber verschiedene Störungen, Brüche u. dgl. nicht ausgeschlossen sind, so dass allenfalls einzelne Felsbänder einsinken, andere sich heben könnten, wodurch allerdings vielfache Veranlassung zur Seebildung gegeben wäre.

Manche Seen sind dadurch entstanden, dass bereits vorhandene Flussläufe durch Bergstürze oder plötzlich niedergegangene Schuttkegel abgedämmt wurden. Hinter dem Damme stauten sich dann die Gewässer zu einem See. Der Bockhartsee im Gasteiner und der Hintersee im Felberthale sind solche Abdämmungs- oder Stauseen. Der zuletzt genannte Hintersee liegt auf der zweiten Terasse des Felberthales, 1325 Meter über dem Meere, und soll seine Entstehung einem gewaltigen Erdbeben verdanken, das im Jahre 1495 die Centralalpen derart erschütterte, dass an mehreren Orten Bergbrüche entstanden, welche hier, in der benachbarten Schösswend und im Ammerthale, einem Seitenzweig des Felberthales, Seebildungen zur Folge hatten (Sonklar. Hohe Tauern. Seite 76). Eduard Brückner nennt in seinem Buche

„Die Vergletscherung des Salzachgebietes“, Seite 120, als Abdämmungssee den am Südabhänge der Centralkette gelegenen Dorfer See im Kalser Tauernthal, dessen Gewässer unter einem sich 12 Meter über den Seespiegel erhebenden Blockhaufen abfließen, der einem gewaltigen Bergsturz von der östlichen Thallwand sein Dasein verdankt. Bei Flattach im Möllthale ist sogar erst anfangs der Sechziger Jahre dieses Jahrhunderts durch einen Bergsturz ein neuer See entstanden (Sonklar. a. a. O. Seite 83).

Ich kenne diese Seen nicht aus eigener Anschauung. Dagegen kenne ich einige ehemalige Seebecken, welche durch Schuttkegel entstanden sind und sich heute noch auf den ersten Blick als aufgefüllten Seeboden zu erkennen geben.

Im Hollersbachthale, etwa 5 Kilometer innerhalb des früher beschriebenen alten Seebeckens der Leitner- und Wirthsalpe, befindet sich eine Stelle, wo zwei bedeutende Felsrinnen einander gegenüberstehen, die östliche kommt von der Lemperscharte, die westliche vom Lienzinger. Jede dieser Rinnen, in Oberpinzgau Klammen genannt, sendet eine gewaltige Masse von Schutt in die Tiefe, die beiden mächtigen Schuttkegel hatten sich mit einander vereinigt und so den Bach zu einem See abgedämmt. Ich konnte zwar nichts darüber erfahren, wann sich der Bach wieder den Weg durch den Doppelschuttkegel gebohrt hat, aber so gar lange her kann es nicht sein, vielleicht, etwas über hundert Jahre, denn der Raum innerhalb des Doppelkegels, der sogenannte Seeofen, ist fast vollkommen horizontal und nur ganz im Hintergrunde von Steinmaterial überschüttet. Der Bach schlängelt sich in zahlreichen Armen und zahlreichen Windungen durch dieses Seebecken, und den Boden bildet eine mehr als einen Meter mächtige Decke von Sand und Schlamm. Der Seeofen, 1482 Meter über dem Meere, wird von dem abdämmenden Schuttkegel im Mittel um etwa 10 Meter überragt, ist 700 Meter lang und 200 bis 300 Meter breit, und trägt eine Alpe, die Ofenalpe.

Der Enzinger Boden im Stubachthale, 1458 Meter, ist ebenfalls ein altes Seebecken, welches nach Peters noch in historischer Zeit als See existirt haben dürfte. Es ist ein sumpfiges Becken von 900 Meter Länge und etwa 200 Meter Breite, in welches sich über sehr steile Wände der Tauernmoosbach als prachtvoller Wasserfall stürzt, während in der obersten Ecke des Beckens der Abfluss der grossen Felsseen des Stubachthales, des Weissees und Grünsees, mit starkem Gefälle durch eine enge

Schlucht in die Tiefe eilt. Wildes Felsgeklüft begrenzt das untere Ende des Seebeckens und macht es sehr wahrscheinlich, dass auch dieses einem gewaltigen Bergsturze sein Dasein verdankt.

Ein interessantes Beispiel eines abgedämmten, noch jetzt existirenden Sees bietet der kleine oder obere Seebachsee in einem Seitengraben des Obersulzbachthales. Der Seebachfall, von dem anlässlich der Beschreibung des alten Seebeckens der Wimm- und Poseh-Alpe die Rede war, ist der Absturz des Seebaches, welcher aus dem grossen Seebachsee abfließt. Dieser See bildet den Boden eines grossen Trichters am östlichen Gehänge des Gebirgskammes, welcher das Obersulzbachthal vom Krimmler Achen-thale scheidet. Er liegt in 2067 Meter Meereshöhe und hat nahezu die Form eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen südöstliche Kathete 340, dessen südwestliche Kathete 420 Meter beträgt. An dieser letzteren Seite ist ein Stück des Sees, welches sich direct an den Fuss einer steilen Felswand anschmiegt, von der Hauptmasse des Sees durch einen Schuttwall von 8 bis 10 Meter Breite abgetrennt, der kleine Seebachsee oder Obersee.

Dieser hat ungefähr die Form einer Ellipse, deren grosse Axe von Nordwest nach Südost gerichtet und 90 Meter lang ist, während die Länge der kleinen Axe 56 Meter beträgt. Die grösste Tiefe des grossen Sees beträgt 14 Meter, die tiefste Stelle des kleinen Sees liegt ganz nahe an der Felswand, nahezu in der Mitte derselben und zeigt eine Tiefe von 12·2 Meter. Der Wasserspiegel des Obersees liegt beinahe 5 Meter höher als jener des grossen Seebachsees. Ueber die Felswand rieselt ein Bächlein, welches dem See sein Wasser zuführt; an der Ostseite ist der Abfluss, ein kleiner Bach, welcher sich mit einem Zufluss des grossen Sees vereinigt.

Die Entstehungsursache des Obersees lässt sich leicht auffinden. Der Damm, welcher ihn vom grossen Seebachsee trennt, ist das Material einer oder mehrerer Grundlawinen, welches sich an den Fuss von vorher abgegangenen Windlawinen gelagert hat. Diese letzteren enthalten fast nur Schnee, schützen und erhalten daher den Obersee, während die Grundlawinen denselben vom grossen See abdämmen.

Desor's Auswaschungs- oder Erosionsseen bilden mit Rücksicht auf ihre Entstehungsursache wieder eine weitere Art von Seen. Diese sind durch gewaltige Fluthungen oder Flüsse entstanden, welche den Boden ruckweise tief aufwühlten. Es sind

also Seen, welche am Fusse einer Felswand durch herabstürzende Wasserfälle gebildet worden sind. Man weiss, mit welcher kolossalen Kraft das Wasser eines Wasserfalles den Boden bearbeitet, auf welchen es auffällt. Der Tropfen höhlt den Stein aus. Bei Wildbachverbauungen wird jene Stelle, welche den Fusspunkt eines künstlichen Wasserfalles bildet, stets mächtig und mit besonderer Sorgfalt fundirt, um der riesigen Wasserkraft einen entsprechenden Widerstand entgegenzusetzen. Jeder Wasserfall erodirt überdies nach rückwärts, d. h. die Felswand, über welche er herabfällt, bröckelt sich fortwährend ab, und so zieht sich der Wasserfall, nachdem er den Boden an seinem Fusse ausgehöhlt hat, immer weiter zurück, um ebenso die aushöhlende Thätigkeit an seiner Sohle nach rückwärts hin fortzusetzen. Die erodirende Wirkung des Wassers, welches nach allen Seiten am Fusse des Wasserfalles herumgeschleudert wird, äussert sich aber auch nach beiden Seiten, nach rechts und links hin, und so kann ein See entstehen, der sich unter günstigen Umständen immer mehr und mehr erweitert.

In dem schon öfters genannten Hollersbachthale befinden sich zwei ehemalige Seebecken, deren Bildung auf die eben beschriebene Art vor sich gegangen sein dürfte. Im Hintergrunde des „Seeofens“ ist das Thal durch einen Felsriegel vollkommen abgesperrt, in enger Klamm stürzt sich der Hollersbach herab und auf der Höhe des Felsriegels steht eine Alphütte, die Innerofenhütte. Hinter dem Felsriegel liegt ein ziemlich enges Thal, von hohen Felswänden eingeschlossen, etwa 300 Meter lang, der sog. Innerofen, das dritte Seebecken des Thales. Der Boden ist mit Steintrümmern übersät und liegt an seinem unteren Ende etwa 6 Meter unter der Höhe des Felsriegels; über die Felswand am linken Bachufer stürzen zwei kleine Cascaden in die Tiefe, im Hintergrunde kommen über die Wand zwei mächtige Wasserfälle herab und vereinigen ihre Wasser unmittelbar am Fusse des Felsen; der eine rechts ist der Hollersbach, der andere links der Abfluss des Weissenecker Sees. Als Ursache der Entstehung des ehemaligen Innerofen-Sees ergibt sich hier ganz deutlich die aushöhlende und rückwärts erodirende Kraft der Wasserfälle.

Ein Weg führt am rechten Ufer des Hollersbaches aus dem Innerofen ziemlich steil aufwärts, nahezu 300 Meter hoch und man steht wieder auf einer felsigen Barrière, welche das vierte Seebecken, die Weissenecker Alpe, abschliesst und über diesen Seeboden 10 bis 12 Meter emporsteigt. Dieser letztere,

1900 Meter über dem Meere, ist mindestens 800 Meter lang und gegen 300 Meter breit. Der Bach fliesst ausserordentlich langsam, zertheilt sich in viele Arme und macht zahlreiche Windungen, bis er am unteren Ende des Seebodens die Barriere durchbricht und als Wasserfall in die Tiefe stürzt. Auch die Weissenecker Alpe ist rückwärts durch einen Felsriegel abgeschlossen, auch ihre Mulde ist das Product der rückwärts wirkenden Erosion des Wasserfalles, den der Hollersbach seinerzeit über diesen Felsriegel gebildet hat und in einer engen Klamm theilweise wenigstens noch heute bildet.

Irgend ein Beispiel eines grösseren, gegenwärtig existirenden See's von gleicher Entstehungsursache ist mir aus eigener Anschauung nicht bekannt, wohl aber gibt es von derartigen kleineren Seebecken Beispiele genug. Ich will nur eines erwähnen. In der Nähe des Abflusses des schon früher genannten grossen Seebachsees bildet das Ufer eine Halbinsel, an deren nördlicher Seite der ausfliessende Bach den Abschlusswall durchbricht und zwar in einer Breite von 2 Meter. Hier bilden sich Stromschnellen. Nach einem Laufe von 15 Meter sammelt sich das Wasser in einem kleinen Seebecken von 35 Meter Länge und 6 Meter Breite, dann treten die Ufer wieder nahe zusammen, es folgt abermals eine Stromschnelle auf etwa 20 Meter und wieder ein Sammelbecken von 27 Meter Länge und 10 Meter Breite, hierauf fliesst der Bach in engem Bett durch 37 Meter ziemlich ruhig; nun erweitert sich dasselbe bis zu 5 Meter, das Wasser fällt als Wasserfall über eine Wand von 6 bis 7 Meter in einen Sec von 38 Meter Länge und 15 Meter Breite und nun erst fliesst der Bach mit ziemlich gleichmässigem, nicht sehr grossen Gefälle in engen Ufern weiter, um später als schöner Wasserfall aus einer Höhe von mehr als 400 Meter in den Oberulzbach zu stürzen.

Seen, welche in Moränen eingebettet sind und welche trocken gelegt wurden, wie sich Desor ausdrückt, wenn man die Moräne durchbrechen wollte, heissen *Moränenseen*. Sie sind die Folgen der Unebenheiten vielleicht des Terrains, auf welchem sich der Gletscher bewegte, oder sie entstanden durch Verschiebungen im Material der Moräne, welche durch Veränderungen im Gefälle und dadurch in der Geschwindigkeit der Gletscherbewegung hervorgerufen wurden; oder sie stammen von der zeitweilig verschiedenen Menge und Art der Gesteine, welche unter die Gletscher-

masse kommen und zur Grundmoräne verarbeitet werden. Wahrscheinlich wirken alle diese Factoren zusammen, diese während der Gletscherbewegung sich fortwährend ändernden Vertiefungen hervorzurufen. Zieht sich der Gletscher zurück oder verschwindet er ganz, so bleiben diese Vertiefungen als seichte Moränenseen zurück.

Auch dadurch können derartige Seen entstehen, dass beim Rückgang eines Gletschers ein Stück desselben getrennt von der übrigen Eismasse liegen bleibt, als sogenannter „tochter Gletscher“ und dass dieser nachträglich von Moränenmaterial umgeben wird.

Ein solcher Moränensee befindet sich am Fusse der Moräne des Wildkargletschers im Thale der Wilden Gerlos in 2400 Meter Meereshöhe. Seine Fläche ist beinahe kreisförmig mit einer Ausbuchtung gegen West, aus welcher der See seinen Abfluss nimmt. Der Durchmesser von West nach Ost beträgt 60, jener von Nord nach Süd 50 Meter, die grösste Tiefe 2·8 Meter. Die Tiefenlinien laufen parallel der Uferlinie. Die Südseite des Ufers ist flach und sandig und dann von einer Moräne umgeben, welche grossentheils aus kleinen Steinen, Sand und Schlich besteht, das nördliche und östliche Ufer dagegen wird von grossen Gneisblöcken gebildet, welche sich zu hohen, massigen Mauern aufthürmen; der Seeboden selbst ist feiner Sand. Gegen den Ausfluss hin bilden mächtige Blöcke eine Insel. Die Farbe des Sees, im Gegensatze zur tiefdunkelblauen Farbe des benachbarten Wildkar- und Seekarsees ist beinahe milchweiss mit einem Stich ins Blaue.

Manche kleine alpine Hochseen verdanken ihre Existenz der abscheuernden Wirkung der Gletscher. Diese Gletscherseen sind überaus seichte Becken, welche „lediglich den etwas tiefer ausgehöhlten Partien innerhalb eines stark ausgebildeten Rundhöckerterrains entsprechen, innerhalb deren sich Wasser angesammelt hat“ (N e u m a y r, Erdgeschichte. 1886. I. Seite 516.) Die Wirkung der Gletscher ist hauptsächlich eine abschleifende, sie ist aber auch verwitternd in Folge der Temperaturschwankungen ihres Bodens, welche durch die Druckänderungen an einer und derselben Stelle des Gletschergrundes stattfinden. Diese Druckänderungen treten dort am häufigsten ein, wo die Bewegung am gestörtesten ist, also beim Uebergang von Firnfeld in die Gletscherzunge (F i n s t e r w a l d e r, Zeitschrift des Deutschen und Oester-

reichischen Alpenvereines. 1891. Seite ff. 75.). Es finden also Austiefungen des Bodens durch Glacialerosion sicher statt. Auch die ununterbrochene chemische Einwirkung des Gletscherwassers auf die Unterlage, d. h. die Auflösung des Bodens durch das Wasser des Gletschers, mit welchem er fortwährend in Berührung ist, die Corrosion, muss in nicht absolut homogenen Gesteinsmassen Austiefungen erzeugen. Doch darf man die Wirkung der glacialen Erosion und Corrosion nicht überschätzen.

Es ist dies jedoch ein Thema, welches vielfach umstritten wurde und noch wird; ich werde mich mit demselben nicht weiter beschäftigen.

N e u m a y r führt als ein vorzügliches Beispiel dieser Gletscherseen einen der kleinen Seen an, welche unter dem F e l b e r t a u e r n, nahe dem Wege von diesem nach Mittersill im Pinzgau liegen. Ein ganz kleiner Gletschersee war Mitte der Achtziger Jahre dieses Jahrhunderts am Ende des O b e r s u l z b a c h g l e t s c h e r s zu sehen, derselbe war etwa 40 bis 50 Quadratmeter gross und 50 bis 60 Centimeter tief. Auch die kleinen G e i e r s e e n im Nadernachthale dürften hieher gehören. Das Nadernachthal ist das westlichste Seitenthal der Salzach an ihrem linken Ufer, in Phyllit. Oberhalb der Gruberhochalpe, 2230 Meter, zieht sich eine Terrasse hin, in welcher sich eine Reihe kleiner, miteinander in Verbindung stehender Seen befindet. Auf der Terrasse erhebt sich ein felsiger Rundhügel von 4 Meter Höhe, an seinem Nordostrande liegt der grössere See mit einer Fläche von über 1000 Quadratmeter und 70 bis 80 Centimeter Tiefe. Mehrere kleinere Seen schliessen sich an diesen an und umgeben den Hügel an drei Seiten.

Wieder eine besondere Art von Seen bilden die Karseen, deren Untersuchung ich mir zur speciellen Aufgabe gestellt habe.

Unter Kar versteht man überhaupt jede grössere kessel- oder muldenförmige Vertiefung des höheren Gebirgsterrains (S i m o n y. Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturw. I. 216) meist eine breite, fast rechteckige Wanne, welche sich von einem Gebirgskamme thalabwärts zieht; die eine Seite desselben bildet der Gebirgskamm selbst, auf dieser Seite aufstehend folgen der Neigung thalwärts zwei mehr oder weniger parallele Felsrippen und die vierte Seite, welche dem Gebirgskamme parallel wäre, fehlt, d. h. ist offen. Die Kare treten häufig gesellig auf, ein Kar legt sich an das andere und zwischen den einzelnen Karen erheben

sich Felskämme und Grate, welche die Gebirgserosion noch nicht vernichtet hat und welche die Kare untereinander scheiden. In vielen Fällen ist das Kar gegen die Thalseite hin nicht vollkommen offen, sondern seine Gestalt nähert sich mehr derjenigen einer Mulde oder eines Trichters, der tiefste Punkt des Kares liegt tiefer als der tiefste Punkt der gegen das Thal hin offenen Seite, d. h. es ist das Kar gegen das Thal durch einen Felsriegel abgeschlossen. Dass das Kar keine ursprüngliche Bildung, sondern eine Wirkung der Erosion ist, braucht nicht erst bewiesen zu werden. Professor Eduard Richter hat anlässlich eines Vortrages bei der Naturforscherversammlung in Wien im Jahre 1894 die Entstehung der Kare in trefflicher Weise geschildert.

Auf dem Boden der Kare finden sich nun hin und wieder Seen, die sogenannten Karseen, eigentliche mit Wasser gefüllte Felsbecken, oft von bedeutender Tiefe. Richter schildert die Entstehung von Karseen ungefähr in nachstehender Weise: Lange vor der Eiszeit hat die Karbildung begonnen, in den Karen entwickelten sich Wasserläufe, Bäche, die am unteren Ende des Kares Klammen und Wasserfälle erzeugten. Nun kam die Eiszeit; die Kare erweiterten sich, die Karböden wurden abgeschliffen, Moränen wurden angehäuft, die vorhandenen Klammen durch Moränenmaterial verstopft. Dadurch wurden beim Rückgange des Eises Kare in Seen verwandelt, da das Wasser sich einen anderen Auslaufpunkt aus dem Karboden suchen musste. Richter sagte, er habe keinen Karsee gefunden, bei welchem nicht auch diese Erklärung möglich wäre,

M. Vacek beschreibt in den Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien. 1894, Seite 444. von dem oberen Nonsberg alte, d. h. schon vor der Glacialzeit bestandene Schluchten, welche an einzelnen Stellen von glacialen Schuttströmen gekreuzt und verlegt wurden. Die Bäche stauten sich durch die Verlegungen zu Seen, bis die Wasser seitwärts irgendwo einen neuen Abfluss fanden und die Schlucht wieder entleert wurde. Diese Erscheinung bildet eine Stütze für Richter's Erklärung der Karseen.

Für diesen Fall aber müssen die Reste der Schutt- oder Moränenmassen heute noch zu finden sein.

Diejenigen Karseen jedoch, welche ich genau untersucht und gemessen habe, und es sind deren gegen dreissig, alle im Lande Salzburg, besitzen eine Barrière aus festem anstehenden Fels

und nirgends eine Spur irgend eines Stückes eines abschliessenden Moränenwalles. Die Karseen, die ich untersucht habe, sind reine Felsbecken, Aushöhlungen in festem anstehenden Fels, fast alle ohne irgend eine sichtbare Spur einer Störung der normalen Lagerung der Schichten, aber auch ohne jedes Anzeichen, dass je einmal eine grössere Wassermenge nach Art eines erodirenden Wasserfalles hier gewirkt haben könne.

Die Entstehung dieser Felsbecken könnte nun aber noch immer nach Art der Bildung der Kesselthäler erklärt werden, wenn nicht bei einzelnen von ihnen die Schichtung des Gesteines, die am ganzen Umfange des Sees nirgends eine Verwerfung oder andere Störung zeigt, parallel dem Abflusscanale, also senkrecht zur Richtung der Barrière wäre, welche nicht bloss den See, sondern auch das Kar oder die Mulde an der offenen Seite abschliesst. In diesem Falle kann doch von einem Emporsteigen der Schichtplatten, wenn ich mich so ausdrücken darf, nicht die Rede sein.

Woher also das Felsbecken, woher die Barrière, in welche sich die Abflussrinne des Sees eingefressen hat?

Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir analoge trockene Felsbecken in's Auge fassen.

Auf den Plateau's der Kalkalpen trifft man häufig auf trichterförmige Vertiefungen im Boden und zwar in allen Dimensionen. Die grösseren sind meist kahl und auf ihrer Sohle liegt Steinschutt oder Schnee, die kleineren dagegen sind mehr oder weniger mit Vegetation bedeckt. Die Formen der Kalktrichter sind äusserst mannigfaltig: fast horizontale Flächen mit üppigem Graswuchs, die nur an einzelnen Stellen kleine Vertiefungen und dann natürlich auch mehr Feuchtigkeit enthalten; flache Mulden mit kurzem Graswuchs, an deren tiefsten Punkten stellenweise der Humusboden oder gar der nackte Felsboden entblösst ist; ausge-tiefte Löcher, die nur Moosvegetation tragen; tiefe Gruben ohne oberirdischen Ausgang oder vollkommene Trichter von bedeutenden Dimensionen, in denen höchstens an den oberen Rändern Krummholz steht, während die tieferen Partien nur nackten Fels und Schutt und Schnee zeigen. Alle diese Gebilde sehen wir bei einer Wanderung über ein Kalkgebirge, und alle diese Gebilde sind mulden- oder trichterförmig ohne jede oberirdische Abflussöffnung. Es sind Austiefungen an der Gebirgsoberfläche in allen Stadien der Entwicklung und ihre Entstehung ist nur auf chemische und mechanische Erosion zurückzuführen.

Im Humusboden, der den Kalkfels bedeckt, entwickelt sich Kohlensäure, welche sich zum Theil im Regen- oder Schneewasser auflöst, mit dem Kalkboden, den wir uns mehr oder weniger horizontal vorstellen müssen, in Berührung kommt und hier auflösend wirkt. Das Wasser wird, da es eine absolut ebene Fläche nicht gibt, der vorhandenen tiefsten Stelle zueilen und sich hier sammeln, bis es durch irgend eine Ritze im Boden oder längs einer Schichtfläche einen Abfluss in's Innere des Berges findet. Dass solche kleine Ritzen oder Spalten überall im Kalkgebirge vorhanden sind, bedarf keines besonderen Nachweises. Das Wasser fließt durch diese Ritzen ab, um an irgend einer anderen tiefer gelegenen Stelle wieder zu Tage zu treten; das aufgelöste Material wird dabei mitgeführt und an einer anderen Stelle, gleichgiltig ob im Innern des Berges oder im Freien, wieder abgesetzt.

Geht dieser Process durch lange Zeit in solcher Weise vor sich, so wird die Vertiefung im Boden immer grössere Dimensionen annehmen und die Form der Austiefung wird sich immer mehr und mehr der eines Trichters nähern. Die stetig zunehmende Vertiefung bewirkt einen stets grösser werdenden Zufluss von Wasser, so dass schliesslich die Grube in den unteren Partien vegetationslos wird. Die Austiefung schreitet fort, der anfangs unbedeutende unterirdische Abflusscanal erweitert sich, die Vegetation zieht sich immer weiter aufwärts und neben der chemischen Wirkung des kohlensauren Wassers beginnt die mechanische Erosion ihre Thätigkeit.

Sind zwei oder mehrere solche Trichter einander benachbart, so können durch ihre stetige Erweiterung die Scheidewände fallen und dadurch ein grosser Trichter mit mehreren Abzugscanälen entstehen. Beispiele solcher Doppeltrichter finden sich an verschiedenen Stellen des Untersberges.

Aber auch an hochgelegenen Orten, wo keine Vegetation den Boden bedeckt, müssen derartige tiefe und weite Trichter und Mulden entstehen, wenn anfangs eine nahezu ebene und horizontale Fläche gegeben ist und auf Schichtflächen oder durch andere Spalten die Möglichkeit eines unterirdischen Wasserabflusses gegeben ist. Hier wirkt auf den Boden allerdings nur fast reines, kohlensäurearmes Wasser und zwar hauptsächlich das Schmelzwasser der über dem Boden liegenden Schnee-, Firn- oder Gletschermassen. Aber wir wissen ja, dass auch reines Wasser gar nicht unbedeutende Quantitäten von Kalkstein zu lösen im Stande ist.

Das Wasser, welches auf den Boden kommt, wird auch in diesem Falle etwas Kalk auflösen und nach einer der tiefen Stellen, die sich in den Unebenheiten der gedachten Ebene vorfinden, abfließen. Das Wasser nagt sich seinen Weg durch die Spalten im Kalke oder längs der Schichtflächen hin, und so wird unter der Schne- oder Eisdecke sich ebenfalls allmählig eine Aushöhlung im Boden bilden, die sich immer mehr erweitert und vertieft und schliesslich zum Trichter oder zur Mulde wird.

Die Form der entstandenen Austiefung hängt hauptsächlich von dem Grade der Löslichkeit und Verwitterbarkeit des Gesteines ab, auf welches die verschiedenen corrodirenden und erodirenden Kräfte einwirken, und schwankt zwischen der weiten flachen Mulde und dem engen tiefen Schachte.

Auch im Schiefergebirge, gleichgiltig ob Phyllit oder Glimmerschiefer, findet man Mulden und insbesondere Gruben und Rinnen ohne oberirdischen Abfluss in reicher Menge; flache muldenförmige Vertiefungen im Boden mit Vegetation bedeckt, meist sehr feuchte und nasse Stellen, oder Vertiefungen von mehreren Metern Tiefe bei geringer Breite, aber oft beträchtlicher Länge. Die Längsrichtung stimmt fast immer mit der Richtung des Streichens der Schichten überein. Der Boden solcher Rinnen enthält meist üppige Vegetation, während die steilen Wände nur einzelne Pflanzen zeigen, die sich in irgend eine passende Ritze eingebettet haben. Diese Rinnen, bei denen, wie schon erwähnt, die Breite die geringste Dimension zeigt, finden sich auf Plateaus und auf schmalen Kämmen, aber ebenso auch längs der Gehänge. Und ihre Entstehung müssen wir uns in ähnlicher Weise denken, wie die Entstehung der Trichter und Schächte im Kalkgebirge. Auch hier wirkt kohlen-saures Wasser und kohlen-säurearmes Wasser auflösend auf das Gestein und findet zwischen den Schichtflächen Gelegenheit genug in die Tiefe abzufließen.

Da die Schieferberge oberflächlich mehr und leichter verwittern als die Kalkberge, was schon in der schieferigen Structur und der Zusammensetzung des Gesteines begründet ist, so bieten sich für den Abfluss der Wässer nicht bloss einzelne Punkte, wie häufig im Kalkgebirge, sondern es bieten sich ganze Linien längs der Schichtflächen dar. Dadurch wird die Gestalt der Austiefung modificirt. Während im Kalk der Umfang der Grundform einer Mulde meist der Kreisform sich nähert, zeigt dieser im Schiefergebirge die Gestalt eines länglichen Rechteckes. Ist in der Schiefer-

rinne die Abflussöffnung im Boden einige Zeit verstopft, so findet keine weitere Austiefung mehr statt, wohl aber wird eine Erweiterung der Mulde nach der Richtung hin erfolgen, nach welcher die Wände die meisten Angriffspunkte zeigen, also nach der Breite. Durch irgend welche Ursachen findet sich nun wieder eine Abflussöffnung und damit beginnt auch wieder die Austiefung. Und wir haben auch hier die Wirkung der Corrosion und Erosion, welche sich gegenseitig unterstützen und wodurch endlich tiefe weite Mulden auch im Schiefer entstehen.

Im Gneisgebirge beobachtet man ebenso wie im Schiefergebirge zahlreiche flache Mulden von länglicher oder auch fast kreisförmiger Gestalt, besonders auf breiten Kämmen und zwar fast immer auf den Schichtenköpfen. Auch hier sind es dieselben Agentien, welche die Vertiefungen erzeugen, das Wasser mit und ohne Kohlensäure und die mechanische Verwitterung. Und besonders die letztere ist hier von grosser Bedeutung.

Auf den Münchsberg in Salzburg wurde in jüngster Zeit (1895) eine neue Fahrstrasse gebaut, welche theilweise in Conglomeratfels eingeschritten wurde. Das Conglomerat enthält Kalke, Schiefer, Hornsteine und Quarze, Gneise und andere Gesteine als Rollsteine durch ein kalkiges Bindemittel verbunden. An den einzelnen frisch behauenen Wänden wurden auch einzelne dieser Rollsteine zerschlagen, so dass sie frische Bruchflächen zeigen. In dem eben verflossenen Winter (1895/6) liess sich nun die Verwitterung durch die Frostwirkung geradezu prächtig beobachten. Die meisten Rollsteine zeigten ihre Bruchflächen fast unverändert, nur die Mergel zeigten eine dünne mehligte Schicht als Ueberzug, die Gneise aber — und ich sah an der betreffenden Felswand keine einzige unverwitterte Gneisbruchfläche — hatten ihre Oberfläche mit einer Kruste von mehreren Millimetern Dicke bedeckt, welche aus einem teigigen Grus von Quarz- und Feldspathkörnern vermischt mit zerbrochenen und verbogenen Glimmerblättchen bestand. In ähnlicher Weise verwittern auch die Glimmerschiefer.

D r y g a l s k i (Ein typisches Fjordthal. Richthofen-Festschrift) erklärt die Entstehung der Felsenbecken im Gneisboden eines trockenen Fjords in Grönland in folgender Art: Der Boden verwitterte an einzelnen Stellen durch Spaltenfrost, Feuchtigkeit und vor Allem durch die Sonnenstrahlen besonders stark. Der dadurch gebildete Schutt wurde dann durch vordringende Gletscher weggeräumt und das Becken so gewissermaassen gereinigt. In dem

Becken sammelten sich die Wasser dann zu einem See. Drygalski schreibt also dem Gneis eine tiefgehende Verwitterungsfähigkeit zu.

Nicht bloss die mechanische Verwitterung ist bei Gneis und wohl auch bei Schiefergesteinen eine bedeutende; auch die Löslichkeit dieser Gesteine in reinem und in kohlensaurem Wasser ist durchaus nicht gering anzuschlagen. In unseren chemischen Laboratorien bezeichnen wir allerdings eine Menge von Substanzen als unlöslich, die wir im grossen Laboratorium der Natur im Wasser aufgelöst finden. Welche Substanzen sind durch die chemischen Analysen in natürlichen Quellwässern noch nicht nachgewiesen worden? In der Natur gibt es nichts absolut unlösliches, alle Substanzen lösen sich mehr oder weniger leicht im Wasser, wenn dieses stetig auf sie wirkt. Insbesondere gilt dies von den Mineralien, welche unsere Berge zusammensetzen. Betrachten wir nur die wichtigsten Gesteinsarten: Kalk, Dolomit, Phyllit, Glimmerschiefer, Gneis und Granit; so haben wir als die herrschenden Mineralien Calcit, Dolomit, Quarz, Glimmer und Feldspath.

Zahlen über die Löslichkeit dieser Mineralien finden sich in verschiedenen Büchern angegeben. Doch sind die darauf bezüglichen Versuche meist im Kleinen, im Laboratorium und zwar mit gepulvertem Materiale und meist nicht in reinem, sondern häufig mit kohlensaurem oder humussaurem Wasser ausgeführt. Ich wollte die Einwirkung des fliessenden und des stehenden Wassers im Grossen erfahren und hing meist abgerundete und an der Oberfläche glatte Rollsteine aus dem Flussschotter, die vorher gewogen wurden, in Netzen einzeln in's Wasser.

Die erste Partie wurde in Netzen von Eisendraht an Drähten in den Almcanal gehängt, welcher durch den Salzburger botanischen Garten fliesst und dessen Wasser eine Geschwindigkeit von etwa einem halben Meter in der Secunde besitzt. Es waren Steine in dem Gewichte von 40 bis 113 Gramm, also einer Oberfläche von 7 bis 10 Cubikcentimeter. Sie hingen vom 13. Jänner bis 7. Februar 1895 genau 601 Stunden im Wasser. Leider waren sie alle ziemlich rostig geworden, und liess sich der Rost mittels Abwaschen mit Wasser nicht entfernen. Trotzdem zeigte sich, nachdem sie im Luftwasserbade getrocknet waren, beim Wägen ein bedeutender Gewichtsunterschied. So verlor

Granit	0·1005 %	Albitamphibolit	0·0264 %
Quarz	0·0325	Grünschiefer	0·0260 „
Amphibolit	0·0106 „	Epidotschiefer	0·0015 „

Silurkalk . . .	0·0047 %	Rauhwacke . . .	0·0198 %
Werfner Schiefer	0·0202 "	Dachsteinkalk	0·1140 "
Wettersteinkalk.	0·0333 "	Tithonkalk . . .	0·0124 "

An den Steinen liess sich absolut nichts beobachten, was darauf hinweisen würde, dass der Gewichtsverlust etwa durch mechanisches Loslösen einzelner Theile entstanden wäre. Derselbe kann nur herrühren von der mechanischen Reibung zwischen dem ganz klaren Wasser und den frei in demselben, einzeln hängenden Steinen, sowie von der chemischen Auflösung der letzteren im Wasser.

Nachdem die Steine bei diesem ersten Versuche rostig geworden waren, wählte ich für eine zweite Untersuchung andere Rollsteine im Gewichte von 21 bis 110 Gramm, die in Netzen aus Hanfschnüren an Hanfschnüren in's Wasser gehängt wurden. Sie hingen diesmal vom 16. Februar bis 13. März, genau 600 Stunden im Wasser des Almcanales, und auch diesmal zeigte sich nach dem Trocknen und Wägen eine bedeutende Gewichts-differenz. Es verlor

Granit	0·0327 %	Silurkalk schwarz	0·0445 %
Gneis	0·0186 "	Silurkalk weiss	0·0406 "
Glimmerschiefer	0·0489 "	Werfner Schiefer	0·0166 "
Kalkglimmerschiefer	0·0353 "	Muscheldolomit	0·0071 "
Quarz	0·0083 "	Wettersteinkalk	0·0648 "
Amphibolit . . .	0·0174 "	Hauptdolomit . .	0·0257 "
Serpentin	0·0261 "	Dachsteinkalk . .	0·0127 "
Grünschiefer . . .	0·0237 "	Tithonkalk	0·0173 "
Epidotschiefer . .	0·0218 "		

Nur der Granit besass eine Bruchfläche, alle übrigen Steine waren allseitig rund und glatt abgerollt. Auch diesmal zeigten die Steine keinerlei Spuren davon, dass sich irgend ein Theilchen mechanisch losgelöst hätte; und ist sohin auch dieser Gewichtsverlust grösstentheils auf Rechnung der chemischen Löslichkeit zu setzen, da denn doch die mechanische Abreibung zwischen klarem Wasser und Stein nur eine sehr unbedeutende sein kann.

Nun wurden dieselben Steine und noch einige andere in stehendes Wasser gehängt. Herr Ingenieur und Residenzschloss-verwalter Galle stellte mir zu diesem Zwecke bereitwilligst einen Teich im Parke des kaiserlichen Lustschlosses Hellbrunn bei Salzburg zur Verfügung, in welchem das Wasser beinahe stagnirt und eine Strömung nicht zu bemerken ist, obwohl es sich stetig erneuert.

Hier wurde zwischen zwei Figuren ein Draht gespannt und an diesen mittels Schnüren die einzelnen, in Netzen eingeschlossenen Steine in gegenseitigen Entfernungen von etwa einem Meter angehängt. Die Tiefe des Teiches ist ungefähr anderthalb Meter, und hingen die Steine so, dass sie von der Oberfläche des Wassers und dem Boden des Teiches ziemlich gleich weit entfernt waren.

Sie befanden sich vom 25. Mai bis 29. October 1895 durch 3767 Stunden im Wasser. Nachdem sie wieder herausgenommen, getrocknet und gewogen waren, zeigte sich nachstehender Gewichtsverlust:

Granit	0·0108 %	Feldspath körnig	0·1483 %
Glimmerschiefer .	0·0151 „	Quarzphyllit .	0·0510 „
Kalkglimmerschiefer	0·0251 „	Silurkalk schwarz	0·0445 „
Quarz	0·0077 „	Silurkalk weiss	0·0235 „
Amphibolit . .	0·0130 „	Werfner Schiefer	0·0578 „
Serpentin . . .	0·0949 „	Wettersteinkalk	0·0344 „
Grünschiefer . .	0·0213 „	Hauptdolomit .	0·0212 „
Epidotschiefer .	0·0117 „	Dachsteinkalk .	0·0296 „
Feldspath krystallis.	0·1490 „	Tithonkalk . .	0·0894 „

Gneis und Muscheldolomit gingen leider verloren, da die Schnüre, an denen sie befestigt waren, rissen, und sie dadurch in den Schlamm des Bodens einsanken. Der Granit hatte, wie schon vorhin erwähnt, eine Bruchfläche, der krystallisirte Feldspath zwei rauhe Flächen, und der körnige Feldspath zeigte überallhin unebene Flächen und Rauheiten. Bei den glatten Steinen liess sich nichts erkennen, was darauf schliessen liesse, dass der Gewichtsverlust einer anderen Ursache als der Löslichkeit im Wasser zuzuschreiben ist; bei den Feldspathen kann man allerdings eine derartige Behauptung nicht aufstellen wegen der vorhandenen Rauheiten an der Oberfläche. Doch scheint der fast gleiche Gewichtsverlust beider Steine darauf hinzuweisen, dass dieser ebenfalls nur durch die Auflösung bedingt wurde.

Um nun die gefundenen Zahlen untereinander vergleichen zu können, berechne ich die sämmtlichen Gewichtsverluste auf 10.000 Stunden, wobei allerdings angenommen werden muss, dass die Lösung stets in gleicher Weise ununterbrochen vor sich gehe, und wobei auf den Einfluss der Wassertemperatur auf die Löslichkeit der Gesteine nicht Rücksicht genommen wird. Es ergeben sich dadurch die Zahlen, die in der nachfolgenden Tabelle aufscheinen, wobei I und II, die Resultate der Versuche im fliesen-

den, III. jene des Versuches im stehenden Wasser, ausgedrückt in Procenten, bedeuten.

	I.	II.	III.
Granit	1·6722	0·5450	0·0287
Gneis	—	0·3100	—
Glimmerschiefer	—	0·8150	0·0401
Kalkglimmerschiefer	—	0·5883	0·0666
Quarz	0·5408	0·1383	0·0204
Amphibolit	0·1764	0·2900	0·0345
Albitamphibolit	0·4393	—	—
Grünschiefer	0·4326	0·3950	0·0565
Epidotschiefer	0·0250	0·3633	0·0311
Serpentin	—	0·4350	0·2519
Feldspath krystallis.	—	—	0·3955
Feldspath körnig	—	—	0·3937
Quarzphyllit	—	—	0·1354
Silurkalk schwarz	0·0782	0·7417	0·1181
Silurkalk weiss	—	0·6767	0·0624
Werfner Schiefer	0·3361	0·2767	0·1534
Muscheldolomit	—	0·1183	—
Wettersteinkalk	0·5541	1·0800	0·0913
Rauhacke	0·3295	—	—
Hauptdolomit	—	0·4283	0·0563
Dachsteinkalk	1·8968	0·2117	0·0786
Tithonkalk	0·2063	0·2883	0·2373

Die Zahlen der Reihe I. und II. differiren sehr bedeutend; es ist allerdings dabei zu beobachten, dass die zu dem Versuche verwendeten Steine in beiden Fällen nicht dieselben waren. Vielleicht ist auch die Einwirkung des Eisenrostes von Einfluss auf die grössere Löslichkeit einzelner Steine. Doch beweisen die vorstehenden Zahlen zur Genüge, dass auch Gesteinsarten wie Phyllit, Gneis und Glimmerschiefer, ja selbst Magnesiumsilicate wie Serpentin, in Wasser löslich sind; und zwar nicht bloss in kohlenensäurereichem Wasser, was Richard Müller durch seine Versuche bereits 1867 (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien. Mineral. Mitth. S. 25—48) nachgewiesen hat, sondern auch in kohlenensäurearmem Wasser, wie dies die Wasser des Almcanales und der Hellbrunner Teiche sind. Ich will aus den vor-

stehenden Zahlen hier absolut keine andere Folgerung ziehen, als die, dass sich die verschiedenen Gesteine im Wasser auflösen, und glaube, dass dies durch die Versuche als nachgewiesen anerkannt werden muss. Dass die Löslichkeit unter verschiedenen Bedingungen sehr verschieden ist und dass manche Gesteinsarten sich leichter, andere sich weniger leicht lösen, ist eine Thatsache, welche keiner weiteren Erwähnung bedarf.

Diese Löslichkeit der Gesteine macht uns die Möglichkeit der Austiefung des Bodens zu Becken und Mulden, sowie die Möglichkeit der Bildung und Erweiterung der unterirdischen Abzugscanäle glaubhaft und wahrscheinlich. Diese Löslichkeitsverhältnisse erklären uns auch, dass wir Karrenrinnen, die ja doch hauptsächlich das Product der chemischen Auflösung des Gesteines an geneigten Flächen sind, nicht bloss im Kalk, sondern auch, wenn gleich in geringerer Menge, im Gneisgebirge finden.

Dass die Karrenrinnen im Gneis verhältnismässig selten sind, hat seinen Grund in der grossen mechanischen Verwitterung, welcher derselbe zufolge seines schieferig-körnigen Gefüges unterliegt, wodurch die gebildeten Rinnen bald wieder zerstört werden.

Es handelt sich noch darum das Vorhandensein von unterirdischen Abflusscanälen, welche die Wasser aus dem Becken oder Trichter abzuführen haben, nachzuweisen. Im Kalkgebiete kennen wir derartige unterirdische Gänge in Menge und zur Genüge, und es ist ganz überflüssig Beispiele davon anzuführen. Solche Gänge ziehen sich meist entlang einer Schichtfläche hin. Aber auch im Schiefer und Gneis finden sich Spalten und Canäle im Gestein, und es gibt überhaupt „wenig Felsmassen, welche nicht von manigfachen, den Zusammenhang schmälern den, ja selbst vollständig unterbrechenden Theilungsflächen durchzogen wären“ (Simony, Jahrbuch des österr. Alpenvereines. VII. 1871, S. 9); ein Beweis hiefür sind die Quellen, die an den verschiedenen Punkten zu Tage treten. Auch wissen die Ingenieure, welchen das Geschäft der Wildbachverbauung in den Alpen obliegt, recht gut, dass „der Wasserlauf zwischen den Schichtflächen“ eine der Hauptursachen von Bergstürzen und anderen Erdbewegungen ist (Die Wildbachverbauung in den Jahren 1883—1894. Herausgegeben vom k. k. Ackerbauministerium. Wien 1895. S. 5—15). Ja, es gilt als Regel, dass von der Niederschlagsmenge, welche ein Gebiet betrifft, ungefähr ein Drittel in die Tiefe sickert (Neumayr, Erdgeschichte I. 370).

Die Wege, welche das einsickernde Wasser im Boden nimmt, sind natürlich von den verschiedensten Verhältnissen abhängig; sie können sich durch die auflösende Wirkung des Wassers, durch den Druck des gestauten Wassers, ja selbst durch die abreibende Wirkung des im durchfliessenden Wasser enthaltenen, aber nicht gelösten festen Materials erweitern; sie können aber andererseits gerade durch das letztere wieder ganz oder theilweise verstopft, also verschlossen oder verengt werden.

Stellen wir uns irgend ein Becken vor, welches auf die vorher beschriebene Art entstanden ist, d. h. durch die corrodirende und erodirende Wirkung des Wassers, das sich einen unterirdischen Abfluss gesichert hat, so wird es nur von dem Verhältnisse der Menge des zufließenden und abfließenden Wassers abhängen, ob der Trichter leer bleibt oder sich mit Wasser füllt und somit ein See entsteht.

Hat sich erst das Becken mit Wasser gefüllt und treten dann Verhältnisse ein, welche bewirken, dass sich Zufluss und Abfluss das Gleichgewicht halten, dann sehen wir einen See, dessen Abfluss nur unterirdisch vor sich geht, einen sogenannten abflusslosen See. Professor Magnin aus Besançon beschreibt in seinem Buche *Les lacs du Jura 1895* (im Auszug in *Spelunca. 1895. S. 68—71*) 32 Seen im Jura, welche an ihrem ganzen Umfange keine oberirdische Abflussrinne besitzen. Andere Seen daselbst haben für gewöhnlich nur einen unterirdischen Abfluss, doch besitzen sie auch einen oder mehrere oberirdische Abflussrinnen, welche jedoch nur bei Hochwasser fungiren.

Ein See mit unterirdischem Abfluss, den ich selbst untersucht habe, ist der Brandlsee an der Ostseite des Kammes zwischen Fuscher- und Kapruner-Thal im sogenannten Hierzbachthale. Der See, welcher weder in der alten noch neuen Generalstabskarte aufscheint, liegt 2180 Meter über dem Meere, in der Tiefe eines Kares; er ist an der Nord- und Westseite, theilweise auch im Süden von steilem Gehänge eingeschlossen und nur an der Ostseite ist ziemlich niedriges Ufer, welches in Nordost einen schmalen, zwei Meter hohen Damm bildet. Die Form des Sees ist die eines grossen lateinischen L, die eine Seite dieser Figur beträgt 130, die andere 105 Meter Länge, die Breite ist durchschnittlich 40 bis 45 Meter, die Fläche des Sees etwa 0.77 Hektar. Der geringen Grösse entspricht auch die geringe Tiefe. Der See ist in zwei Becken abgetheilt, ein kleines nördliches und ein grösseres südliches; die

grösste Tiefe im ersteren beträgt 4·0, im letzteren 3·7 Meter, die Verbindungsstelle der beiden Becken ist 2·5 Meter tief. Der See erhält zwei Zuflüsse, besitzt aber keinen sichtbaren, oberirdischen Abfluss. Der Abfluss muss daher unterirdisch und zwar ziemlich regelmässig sein, denn obwohl ich den Brandlsee mindestens fünfmal besuchte, fand ich seinen Wasserstand immer gleich hoch.

Mir ist der Brandlsee ein sprechendes Beispiel eines echten Felsensees oder Trichtersees; es waren ursprünglich zwei Trichter, die Abflussstellen waren und sind noch jetzt die tiefsten Punkte der beiden Becken, Zufluss und Abfluss halten sich das Gleichgewicht. Das Gestein, in welchem die Becken ausgehöhlt sind ist Glinnerschiefer, das Streichen der Schichten ist West-Ost, die Richtung der Barrière Nord-Süd, der Abschluss des Beckens geschieht also nicht durch die Schichtung des Gesteines, wie dies bei Kesselhälern der Fall sein müsste, sondern die Schichtung steht senkrecht auf der Barrière.

In den Rinnen im Schiefer, den Mulden im Gneis brauchen nur die unterirdischen Abflussöffnungen verstopft zu sein, damit ein See entsteht, und derartige junge Seebildungen findet man im Gebirge in Menge. An den Gehängen der Schiefergebirge finden sie sich überall in den verschiedensten Dimensionen, im Gneis sind sie vorzugsweise an jenen Stellen, die einen grossen Theil des Jahres mit Schnee bedeckt sind.

Auf dem Bergkamme, der sich von der Rudolfshütte im Stubachthale zur Medelzhöhe hinaufzieht, sind zahlreiche derartige kleine Mulden und Seen, von denen mehrere keinen oberirdischen Abfluss besitzen; dann einige grössere, welche in vollkommen abgerundetem Terrain in die Schichtenköpfe sich eingefressen haben. Der grösste dieser Seen liegt in 2625 Meter Meereshöhe, ist 92 Meter lang und an seiner breitesten Stelle 50 Meter breit, seine tiefste Stelle wurde mit etwas über 2 Meter gemessen. Er liegt in die Schichtenköpfe eingebettet und ist ohne oberirdischen Abfluss.

Auf demselben Kamme, jedoch von der Rudolfshütte nordwärts, zählte ich ebenfalls eine Reihe von kleinen ganz ähnlichen Seen, aber von geringeren Dimensionen, darunter ebenfalls einige ohne sichtbaren Abfluss.

Ein Mittelding zwischen den Seen, welche nur einen unterirdischen Abfluss in der Tiefe des Beckens besitzen, und jenen, bei denen sich die Wasser des Sees eine klammartige Oeffnung durch die abschliessende Barrière gebildet haben, ist der Felbling-

sce. Er liegt ungefähr 17 Kilometer östlich von der Stadt Salzburg auf dem Felblingberge, der sich an der Südseite des Fuschlsees hinzieht. Das Gestein des Berges ist dolomitischer Kalk, der See befindet sich 1079 Meter über dem Meere auf dem Boden eines grossen normalen Kalkgebirgstrichters, der an der Nordostseite offen ist; an der entgegengesetzten Seite zieht sich der Bergkamm kaum 70 Meter höher hin. Eine Seite des Trichters ist Alpboden, mehr als zwei Drittel des Seeumfanges sind mit dichtem Walde bestanden. Der See ist elliptisch, 170 Meter lang, 120 Meter breit. Der Trichter behält sein gleichmässiges Gefälle bis gegen den Seespiegel und erst hier verflacht sich der Boden allmähig. Die Form des Seebodens ist eine sehr regelmässige, die Tiefenlinien sind nahezu concentrisch und nur die Mitte ist mehr oder weniger eben. Die grösste gemessene Tiefe beträgt 10·8 Meter.

Die offene Seite des Trichters wird durch einen Felswall abgeschlossen, der durchschnittlich etwa 20 Meter höher als der Seespiegel ist. Der Abfluss der Wässer ist anfangs oberirdisch, d. h. der See verengt sich gegen die Barrière hin zu einem Bach von etwa 2 Meter Breite und 8 Meter Länge; dieser Bach verschwindet dann, indem er sich in den Fels des Walles einbohrt. An der äusseren Seite des letzteren beobachtet man keinen Ausfluss, sondern erst etwa 80 Meter tiefer treten einige Quellen zu Tage, welche wahrscheinlich den Seeabfluss bilden.

Dieser See entstand sohin wie jeder andere Kalktrichter und besass seinen Abfluss vorerst an seiner tiefsten Stelle; als dieser sich verstopfte, suchten sich die Wässer anfangs einen oberirdischen Abzug, fanden aber bald wieder die Möglichkeit in die Tiefe zu dringen und bildeten sich nun an oder in dem Umfangswalle einen neuen unterirdischen Abzugscanal.

Diejenigen Seen, welche ich im Hochgebirge am häufigsten gesehen, möchte ich als normale Felsenseen bezeichnen. Es sind Felsbecken in Karen oder Trichtern, deren Boden mit Wasser erfüllt ist, welches sich durch eine Felsbarrière einen oberirdischen Ausweg in das Thal erzwungen hat. Das Felsbecken selbst aber ist dadurch entstanden, dass die Wasser, welche das Kar oder den Trichter bilden halfen, anfangs durch einen unterirdischen Canal abflossen, welcher bereits vorhanden war und sich in vielen Fällen zwischen den Schichtflächen befindet. Der stete Zufluss des Wassers vertiefte allmähig den Boden muldenförmig und erzeugte ein mehr oder weniger trichterförmiges Becken. Erst als

die unterirdischen Abflusscanäle unzureichend waren, die zufließenden Wassermengen abzuführen, oder als sie sich durch die allzu grosse Zufuhr schwerlöslicher Stoffe oder aus irgend einem anderen Grunde verstopft hatten, bildete sich der See, der sich dann mangels hinreichender unterirdischer Abflusscanäle einen oberirdischen Abflusscanal an der Stelle des geringsten Widerstandes suchte. Der lehrreichste Typus eines solchen normalen Felsensees ist der schon früher erwähnte Seebachsee im Obersulzbachthal. (Fig. 1.)

Dieser bildet die tiefste Stelle eines Trichters von gewaltigen Dimensionen, welcher in die östliche Abdachung des Seebachkammes, d. h. des Gebirgskammes zwischen Krimmler Achen- und Obersulzbachthal eingegraben ist. Am Rande des Trichters erheben sich aus dem Hauptkamme der Seebachschrofen 2780 Meter, der Hinterthalkopf 2957 Meter, der Söllnkarkopf 2901 Meter und der Foisskarkopf 3112 Meter; vom Seebachschrofen zieht sich ein Kamm fast genau gegen Ost und vom Foisskarkopf ein solcher gegen Nordost; beide Seitenkämme werden immer niedriger und unbedeutender und enden schliesslich in dem steilen Gehänge, welches gegen den Obersulzbach abfällt. Auf dem letzteren Seitenkamm befindet sich 2400 Meter die Foisskar- oder Seebachscharte, der Uebergang vom Seebachkar ins Foisskar. Die Luftlinie zwischen Seebachschrofen und Seebachscharte beträgt etwas mehr als 2·5 Kilometer. Ich sass am 17. August 1887 mit Professor Paul Groth in der Einsattelung zwischen Seebachschrofen und Kleefeldkopf, wir betrachteten den Trichter von oben. Seine Grösse ist von hier aus gesehen so bedeutend, dass wir unwillkürlich beide den Gedanken aussprachen: diese Austiefung kann unmöglich die erodirende Wirkung eines Gletschers sein.

Der Trichter ist gegen Osten offen, aber auch nur theilweise. Der Abfluss des Sees, der in dieser Richtung stattfindet, hat sich in eine Felsbarrière von 12 bis 14 Meter Höhe eingefressen. Diese letztere erstreckt sich in der Richtung von Südost nach Nordwest, die Schichten der Glimmerschiefer, in welche der See eingebettet ist und welche auch die Barrière bilden, stehen nahezu senkrecht auf diese Richtung; der Vorwall ist also keineswegs durch Aufrichtung von Felsschichten entstanden und der Abfluss geht parallel der Schichtung vor sich. Das Gestein des Seebachkares oder Seebachtrichters ist eine stets wechselnde Folge von verschiedenen, aber ganz normal gelagerten Schichten von Gneisen, Glimmer-

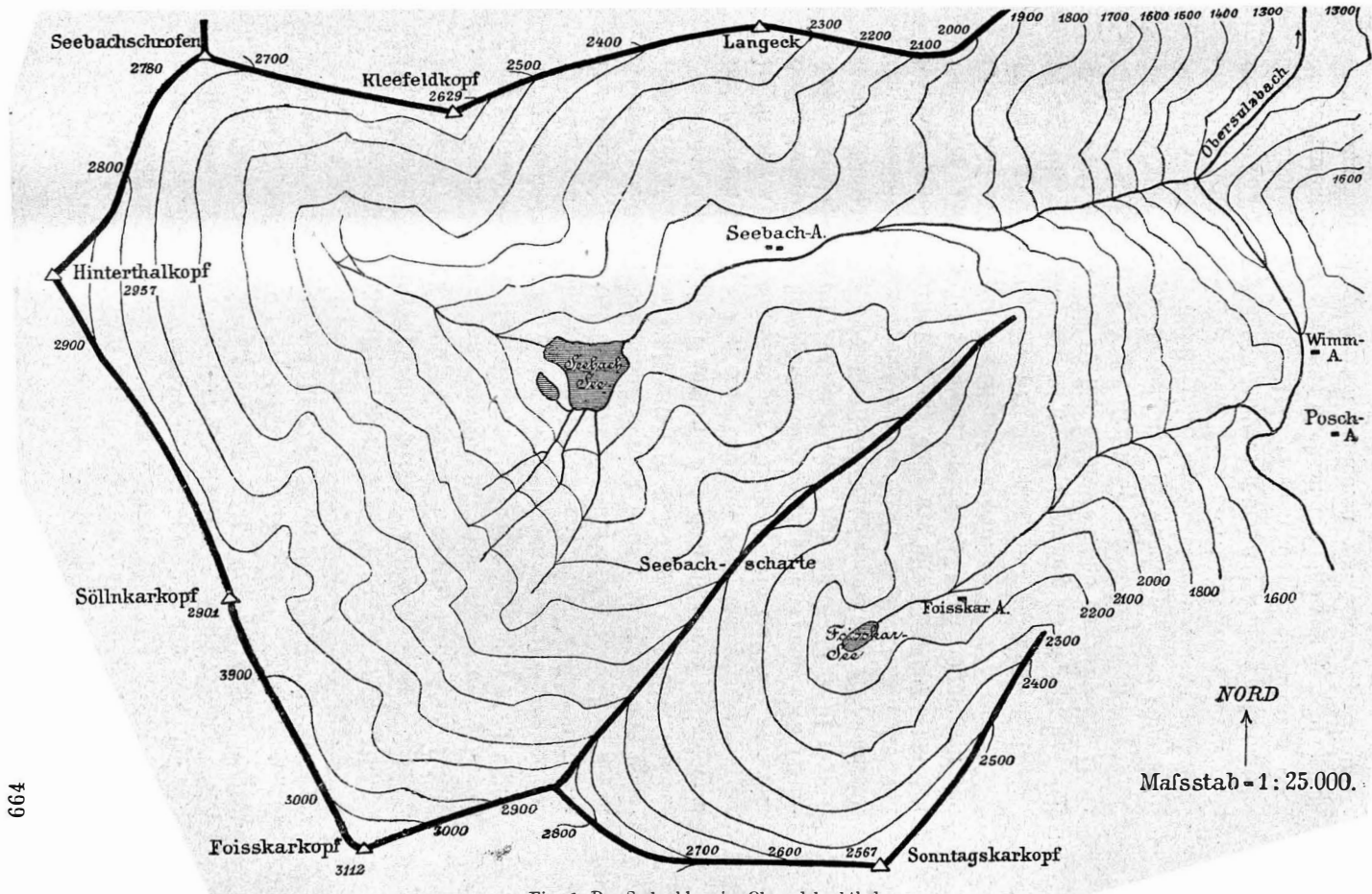


Fig. 1. Das Seebachkar im Obersulzbachthal.

schiefern, Kalkglimmerschiefern und Hornblendegesteinen. Der Vorwall des Sees ist der untere Rest eines Querkammes, der vom Kleefeldkogel einerseits und der Seebachscharte andererseits herabreicht; ein zweiter, allerdings jetzt ausgewaschener Felsriegel zieht vom Langeck im Norden und vom Foisskarkamm im Süden gegen die Alphütte hin. Es ergeben sich dadurch eigentlich zwei Trichter, der des Seebachsees und jener der Seebachalpe, deren Zwischenwand theilweise gefallen und deren östliche Aussenwand ebenfalls durchbrochen und weit ausgewaschen wurde.

Die mittlere Neigung des Trichters beträgt in der Richtung vom Kleefeldkopf und von der Seebachscharte gegen den See 40 bis 45, vom Söllnkarkopf herab sogar 52 Grad.

Der See hat beiläufig die Form eines Dreieckes, dessen eine, längste Seite gegen Nord, d. h. in die Linie West-Ost gerichtet ist, während die beiden anderen Seiten nach Südwest und Südost orientirt sind. An der Nord- und an der Südostseite fällt das Gehänge steil in den See ab, in der Nordostecke ist die vorerwähnte Barrière, durch welche der See seinen Abfluss hat, und nur wenige Quadratmeter ebenen Bodens bleiben hier zwischen Barrière und See. In der nordwestlichen Ecke zieht sich eine mächtige Schutthalde vom Seebachschrofen herab, über welche ein Bach in zahlreichen Rinnen dem See zueilt. Weiterhin und bereits an der südwestlichen Seite des Dreieckes tritt auf etwa 100 Meter Länge der Fels direct aus dem See empor, nur an einer Stelle von einer Schutthalde unterbrochen. Die letzte Strecke dieser dritten Dreiecksseite wird wieder und zwar in einer Ausdehnung von beiläufig 280 Meter von einer Schutthalde gebildet, deren erste, kleinere Hälfte die Abdämmung gegen den kleinen Seebachsee oder Obersee bildet, während der Rest der abgelagerte Schutt ist aus den zahlreichen Bächen, die vom Foisskarkopf und seiner Umgebung in die Tiefe strömen. Diese letzte Uferstrecke ist in einer Breite von mehr als 30 Meter nahezu horizontal, die einzige wirklich nennenswerthe ebene Fläche am ganzen Ufer des Sees.

Zuflüsse erhält sohin der See nur aus der nordwestlichen Ecke und von der Südwestseite.

Nach dem Gesagten sind die Dimensionen des Sees ziemlich bedeutend, die Nordseite beträgt 490, die Südwestseite 420 und die Südostseite 340 Meter; die grösste Breite des Sees, d. h. die Höhe des Dreieckes ist ebenfalls 340 Meter, daher der Flächeninhalt desselben genau 8:33 Hektar. Die grösste Tiefe, welche wir

finden, beträgt 14 Meter. Der tiefste Punkt befindet sich nahe dem Nordrande, fast in der Mitte der Linie vom nordwestlichen Zuflusse zum Ausfluss des Sees. Das Verhältnis der Tiefe zur Länge beträgt $14 : 440$ oder $1 : 31$; das Gefälle von der Südecke zum tiefsten Punkt $1 : 23$ gleich einer Neigung von 3 Grad, in der Richtung von West nach Ost $1 : 17$ gleich 4 und von Nord nach Süd sogar $1 : 4$ gleich 15 Grad.

Die beiden Schutthalden in der nordwestlichen und in der südlichen Ecke machen sich auf ziemlich weite Strecken in den See hinein bemerkbar.

Aehnliche Typen von Felsenseen sind der grosse und der kleine Wildgerlossee, ersterer 2417 Meter über dem Meere, 690 Meter lang, 160 Meter breit und 3 Becken bildend von 9, 13 und 39 Meter Tiefe; letzterer 2562 Meter über dem Meere, 168 Meter lang, 153 Meter breit bei 6.1 Meter Tiefe; der Karsee am Plessachkamm zwischen Hollersbach- und Habachthal in 1995 Meter Meereshöhe, 330 Meter lang, 145 Meter breit, 21 Meter tief; der Weissenecker See (2154 Meter) im Hintergrund des Hollersbachthales, 800 Meter lang, 400 Meter breit, etwas über 14 Meter tief; der Grünsee (1715 Meter) im Stubachthale, 420 Meter lang, 315 Meter breit, 32 Meter tief; alle fünf Seen im Gneis, mit der Schichtung parallel der Richtung der Barrière. Der Foisskarsee im Obersulzbachthale, 2154 Meter über dem Meere, liegt im Glimmerschiefer, ist 160 Meter lang, 70 Meter breit und nahezu 3 Meter tief; die Schichtung des Gesteines steht senkrecht zur Richtung der Barrière. Der Stöcklsee im Salzachkar, 2195 Meter, ist ein Felsbecken im Phyllit, 100 Meter lang, 85 Meter breit und nur 2.2 Meter tief, seine Barrière ist ebenfalls senkrecht zur Schichtung; der Seewaldsee bei Golling, 1078 Meter, im Kalk, seine Längsrichtung parallel der Schichtung, die Barrière senkrecht zu derselben, ist 420 Meter lang, 136 Meter breit und 11 Meter tief.

Einen, wenigstens dem Ansehen nach, etwas verschiedenen Typus bilden jene Seen, welche nicht die Basis eines Kares oder eines Trichters bilden, sondern nur gewissermaassen eine unbedeutende, stufenförmige Unterbrechung in einem weiten, offenen Kare darstellen. Das Kar ist die Hauptform der Abdachung, das Felsbecken mit seinem Trichter nur eine kleine Unregelmässigkeit im grossen Kar. Die Entstehungsursache aber bleibt dieselbe. Das Wasser, welches über jene Stelle des Kares abfließt, hat einen unterirdischen Abzugscanal gefunden, ein Becken ausgewaschen

und durch nachträgliches theilweises oder völliges Verstopfen des unterirdischen Canales einen See gebildet.

Ein charakteristisches Beispiel eines solchen Karsees bietet der *Rambachsee* im Krimmler Achantale (Fig. 2). Der *Rambach* ist ein linksseitiger Zufluss der Krimmler Ache, in welche er neben dem Tauerntause mündet. Hoch oben im *Rambachgraben*, an dessen nördlichem Gehänge, zieht sich eine flache, weite Mulde

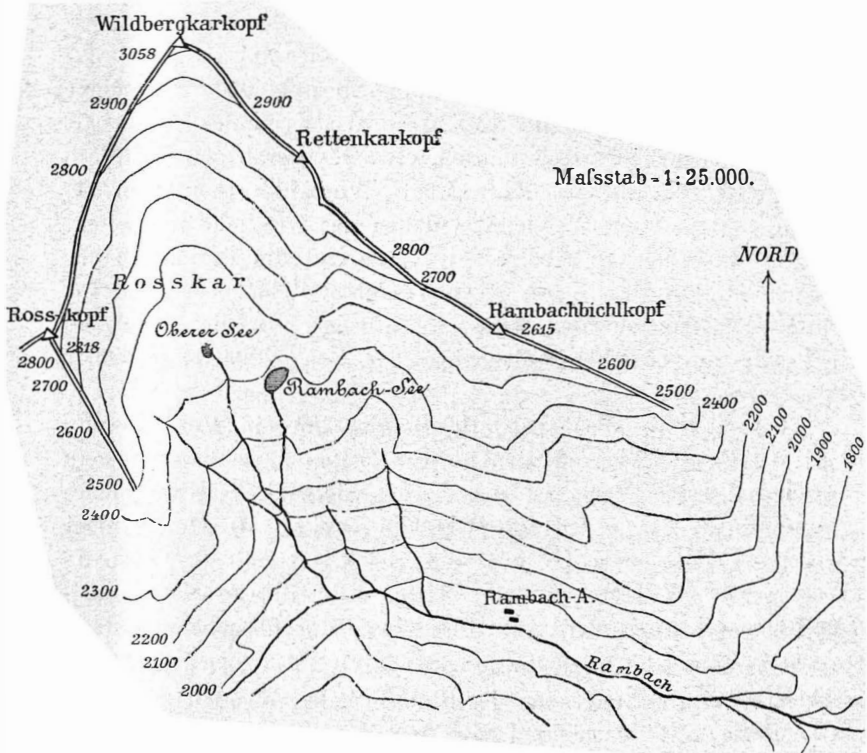


Fig. 2. Das Rosekar mit dem Rambachsee im Krimmler Achantale

vom Wildbergkarkopf ziemlich steil herab zur Rambachalpe, 1880 Meter. Das Kar oder die Mulde ist gegen Süden vollkommen offen und wird an den Seiten von steilen Felswänden begrenzt. An einer Stelle, ungefähr in der Mitte dieses offenen Kars liegt der See, 2385 Meter, in Gneis. Er besitzt eine sehr unregelmässige Gestalt, ist 255 Meter lang in der Richtung von beiläufig Ost nach West, parallel der Schichtung und 135 Meter breit; die grösste gemessene Tiefe beträgt 6.8 Meter. Die Isobethen verlaufen ziemlich parallel

den Ufern, doch senkt sich der Seeboden rascher an der Berg- als an der Thalseite. Vom Nordufer zieht sich steiles Gemäuer (Felsblöcke) gegen das Kar hinauf, das südliche Ufer ist mit einem breiten Wall von anstehendem Fels umgeben, dessen Höhe zwischen 5 und 10 Meter schwankt und welcher steil gegen den Rambachgraben abfällt. Der Abfluss geschieht parallel den Schichten im Westen in einen das Kar von oben herab durchziehenden Graben.

Ganz ähnliche Anlage zeigt der Rinderkarsee im Salzachthale auf dem Kamme zwischen Obersulzbach- und Krimmler-Achenthal. Der Culminationspunkt dieses Kammes gegen das Salzachthal zu ist der Hinterthalkopf, 2957 Meter. An seiner Nordseite zieht sich ein weites Kar herab, das Krimmler Rinderkar, welches in seinen obersten Partien, etwa bis herab zur Isohypse 2600 Meter, ein kleines Kees trägt. Von hier theilt sich das Kar in zwei parallele Theile, von denen das westliche tiefer liegt und mit Steinblöcken übersät ist, während die östliche höher gelegene Hälfte des Kares in den oberen Theilen wenigstens grösstentheils anstehenden Fels, Gneis, zeigt. In diesem Theile liegt nahe am östlichen Felskamme der See, 2294 Meter über dem Meere.

Gegen Nord, also thalwärts, umgibt ihn ein Vorwall von 8 bis 10 Meter Höhe, auf den übrigen Seiten umschliesst ihn ein Felscircus; seine Form ist die eines schiefwinkligen Parallelogrammes, die Länge beträgt 130, die Breite 110 Meter. Der Seeboden bildet zwei Gruben, eine im Osten mit 6·7, eine im Westen mit 8·7 Meter grösster Tiefe. Die Barrière ist parallel der Schichtung und wird vom Seeabflusse durchbrochen.

Sehr ähnliche Verhältnisse zeigt der Litzelsee in Litzelstübach, einem Seitengraben des Stubachthales, ebenfalls in Gneis, 2097 Meter, mit 300 Meter Länge, 108 Meter Breite und 6·3 Meter grösster Tiefe; und der Scheiblingssee in der Nähe von Eschenau bei Lend. Dieser letztere ist eingebettet in silurischen Kalk, liegt 857 Meter über dem Meere, besitzt eine Länge von 175, eine Breite von 120 und eine Tiefe von 9·5 Meter.

In den Phyllitbergen, welche am linken Ufer der Salzach im Oberpinzgau gelegen und unter dem Namen der Kitzbichler-Alpen bekannt sind, gibt es eine ganze Menge derartiger Mulden mit Wasseransammlungen, deren Hauptrichtung parallel der Schichtung, also von West nach Ost zieht. Sie liegen nicht bloss in steinigem Kars, sondern auch an mit niedriger Grasvegetation

bedeckten Gehängen und erreichen eine Länge bis zu hundert und mehr Meter und eine Breite bis zu 20 und 30 Meter. Manche von ihnen haben einen oberirdischen Abfluss, die meisten aber sind, wenigstens dem Ansehen nach abflusslos, d. h. sie besitzen einen unterirdischen Abfluss.

Noch einen Felsensee muss ich nennen, der in mehrfacher Beziehung interessant ist, nämlich den Wildkarsee am Ostgehänge des Wildgerlostales. Fast auf der Höhe des Kammes, welcher das Krimmler Achenthal von dem der Wilden Gerlos scheidet, liegt auf der östlichen Seite, also an dem Gehänge des Krimmler Achenthales in 2234 Meter Meereshöhe der Seekarsee. Genau westlich von der Mitte des Sees auf der Kammhöhe liegt die Wildkarscharte, 2524 Meter, welche man vom Seekarsee in einer Stunde bequemen Steigens erreicht. Von der Scharte aus sieht man fast unmittelbar zu seinen Füßen einen See, der in der Generalstabkarte nicht eingezeichnet ist. Es ist dies der Wildkarsee, zu welchem man in wenigen Minuten von der Scharte herabsteigt, da er nur 34 Meter unterhalb derselben liegt. Seine Meereshöhe ist sohin 2490 Meter.

Das Wildkar zeigt sich als eine Mulde, welche sich gegen Nordnordwest herabzieht, deren östliche Begrenzung der Hauptkamm ist, während ein gegen Nordwest ziehender Felskamm die westliche Begrenzung der oberen Partien des Kares bildet. In ihrem unteren Theile ist die Mulde gegen Westen offen und fällt steil in das Thal der Wilden Gerlos ab. Das Hauptgestein des Kares ist Gneis, welcher jedoch an einzelnen Stellen mit Bändern von Glimmerschiefer durchzogen ist. Die Schichten streichen beim See von Südwest nach Nordost und fallen unter 48 Grad nach Südost; tiefer unten im Kar in 2295 Meter Meereshöhe streichen sie von West nach Ost und fallen nach Süd, und bei der Wildkaralpe, etwa 2000 Meter, fallen sie nach Nordnordwest.

Die oberen Partien des Wildkars sind von einem ziemlich bedeutenden Gletscher bedeckt, der aber seine Richtung nicht gegen den Wildkarsee hin nimmt, sondern westlich von demselben abbiegt; der See liegt höher als das untere Gletscherende. Gegen den Gletscher hin ist der See durch einen Felskamm von 5 bis 10 Meter Höhe abgedämmt. Am Fusse des Gletschers befindet sich ein anderer See, ein eigentlicher Moränensee. Südlich vom Wildkarsee, ganz nahe an demselben, aber etwa 10 Meter höher liegen zwei kleine Wasserbecken von 50 und 150 Quadratmeter

Fläche; nördlich vom See und tiefer als dieser liegen ebenfalls zwei solche Becken von etwa 100 und 200 Quadratmeter Fläche. Der Wildkarsee selbst ist 145 Meter lang und 80 bis 120 Meter breit. Es lassen sich an demselben drei verschiedene Becken constatiren, ein südliches mit 7.1 Meter Tiefe, welches gegen das tiefste mittlere durch einen von Nordosten einspringenden Felskamm abgetrennt wird; das ziemlich regelmässig von Südwest nach Nordost verlaufende mittlere Becken mit 10.6 Meter Tiefe und endlich ein kleines nördliches Becken von nur 5 Meter Tiefe, welches von dem mittleren durch eine Barre von Gneisplatten geschieden ist, die auf eine grosse Strecke bis an die Oberfläche des Wassers reichen. Eine niedrige Barrière von kaum 3 Meter Höhe bildet den Nordweststrand und hier befindet sich auch der Abfluss des Sees.

Interessant ist das Gneisband, welches das mittlere Seebecken von dem nördlichen trennt. Das Nordwestufer des Sees, welches zugleich die Abschlussbarrière bildet und der Schichtung vollkommen parallel ist, besteht aus Glimmerschiefer, welcher theilweise chloritisch ist und zahlreiche Einschlüsse von Eisenkieskrystallen enthält. Dieses Glimmerschieferband ist mehrere Meter mächtig und daran schliesst sich gegen Südost, normal gelagert, der Gneis, in welchen das mittlere und südliche Becken des Sees eingebettet ist. Wie schon früher erwähnt, fallen die Schichten sowohl des Glimmerschiefers als des Gneises unter einem Winkel von 48 Grad gegen Südost; die gleiche Lagerung hat auch die eben besprochene Gneisplatte und bildet sohin eine gegen die Hauptmasse des Sees geneigte Barre. Diese ist den erodirenden und corrodirenden Kräften noch nicht erlegen, wohl aber wurde der weiche, leicht verwitterbare Glimmerschiefer hinter dieser Barre, d. h. nordwestlich derselben, ausgewaschen und hat sich ein kleines Seebecken von 5 m Tiefe gebildet. (Fig. 3.)

Der Wildkarsee ist aber nicht nur wegen dieser Gneisbarre, sondern auch wegen seiner Lage wenige Meter unter dem Gebirgskamme von Interesse.

Wenn wir das Gesagte kurz recapituliren, so erkennen wir eine Reihe von Ursachen, auf welche die Entstehung der Hochseen zurückgeführt werden kann. Es können ursprüngliche tektonische Verhältnisse: Verwerfungen, Faltungen, Hebungen und Senkungen des Bodens, oder die Wirkung eines Gletschers, oder Ablämmungen eines Flusslaufes durch Bergstürze, Murren oder

Moränen, oder die erodirende Wirkung eines Wasserfalles, oder endlich der durch locale Corrosion und Erosion hervorgebrachte unterirdische Abfluss eines Flusslaufes die Veranlassung zur Seebildung gegeben haben.

Allerdings werden eine Menge von Seen durch Zufuhr von Steinen, Sand und Schlamm, sowie durch Ueberhandnehmen des Pflanzenwuchses oder auch durch andere Ursachen immer kleiner und unbedeutender, bis sie endlich vollständig verschwinden; an-

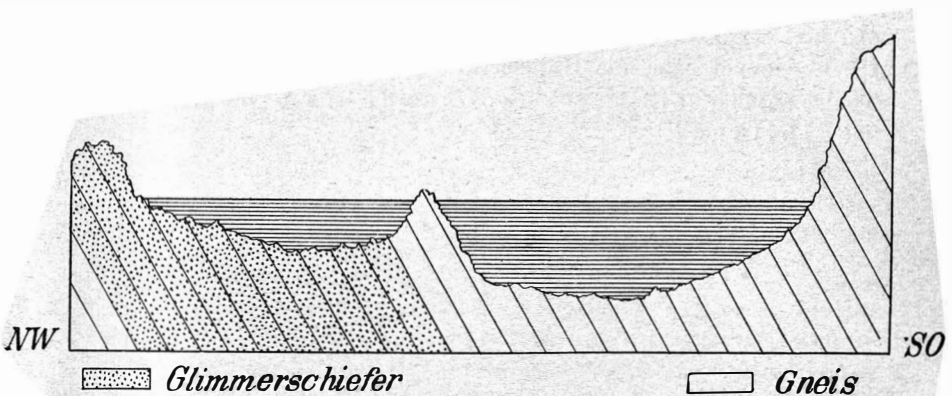


Fig. 3. Durchschnitt durch das mittlere und nördliche Becken des Wildkarsees im Maasstabe
1 : 600

dererseits müssen sich aber auch Seen, da die corrodirenden und erodirenden Kräfte heute noch gerade ebenso wirken wie in früheren Zeiten, fortwährend neu bilden und ich habe Beispiele genug gesehen von kleinen Becken, welche ich für die Anfänge neuer Seen halten muss. Abgesehen von der Wirkung der Wasserfälle und der jederzeit möglichen Abdämmung eines Flusslaufes durch Gesteinsmateriale, bildet jede trichterförmige Austiefung im Kalk, Schiefer oder Gneis die Möglichkeit einer weiteren Austiefung und damit die Anlage einer neuen Seebildung. Insbesondere sind es auch jene Mulden, die einen grossen Theil des Jahres unter Schnee und Eis liegen, bei denen also die Wasserzufuhr sowohl als auch die physikalischen, thermischen Verhältnisse muldenbildend wirken. Und in diesem Sinne tragen auch die Gletscher wesentlich bei zur Entstehung von Seen.

Nun noch eine letzte Betrachtung. Jeder Wasserlauf, der über ein Felsgehänge fliesst, vertieft sich im Laufe der Zeiten sein Bett und bildet ein Thal. Findet er irgendwo in seinem Wege

einen unterirdischen Abfluss, so ist die Möglichkeit der Seebildung gegeben und in diesem Falle ist die Thalbildung unterhalb auf einige Zeit gestört, wenigstens so lange, bis der See einen oberirdischen Abfluss gefunden hat. Nun kann auch unterhalb des Sees die Thalbildung fortschreiten, es kann ein zweiter, dritter See entstehen, wodurch eine stete Verzögerung in der Bildung und Erweiterung des Thales eintritt. Auf diese Art mögen die zahlreichen Thalstufen und alten Seebecken entstanden sein, welche man zwischen Weisssee und Grünsee im Stubachthale beobachtet. Man kann sohin einen See, den ich als normalen Felsen-see bezeichnet habe, als Unterbrechung in der Auswaschung eines Thales ansehen, ein Felsen-see ist daher eine gestörte Thalbildung.
