

Beobachtungen über die Struktur des Gletschereises

von T. H. Huxley.

Aus dem Philosophical Magazine vom October 1857 im Auszuge
mitgetheilt von R. Clausius.

Herr Huxley beschreibt in dieser Abhandlung die Beobachtungen, welche er im J. 1857 auf den Gletschern des Chamouny-Thales gemacht hat und vergleicht sie mit den Angaben und Ansichten von Agassiz. Es soll im Folgenden der Hauptinhalt dieser Abhandlung mitgetheilt werden, wobei, wie in dem früheren Auszuge, die wichtigsten Stellen, welche eigene Beobachtungen enthalten, unverkürzt in wörtlichen Uebersetzungen wiedergegeben werden sollen, was durch die beigefügten Anführungszeichen zu ersehen ist.

„Ein Stück Eis, welches frisch an irgend einer Stelle der Mer de glace, des Géant- oder La Brenva-Gletschers aus einer Tiefe von 8—10 Zoll unter der Oberfläche genommen war, zeigte, wenn es entweder mit nacktem Auge oder mit einer 30—40 mal vergrößernden Lupe betrachtet wurde, stets die folgenden Eigenschaften.“

„Es brach mit glasigem Bruch, und wenn die Oberfläche auf einem scharfen Messer oder durch Reiben auf einer warmen Fläche eben gemacht war, erschien sie vollkommen glatt und glasig, nicht die

leiseste Spur von Spalten zeigend. Kleine flache Vertiefungen waren aber über sie zerstreut, und wurden besonders sichtbar, wenn eine gefärbte Flüssigkeit auf die Fläche gegossen und dann wieder abgewischt war, indem dabei jede kleine Vertiefung einen sehr kleinen Theil der Farbe zurückbehält.“

„Die Masse war, wie gewöhnlich, von einer grösseren oder kleineren Anzahl paralleler blauer Bänder durchzogen, (deren linsenartige Form fast immer sehr kenntlich war, besonders im Brenva); und wenn dünne Platten senkrecht zur Ebene der Bänder geschnitten und im durchgehenden Lichte betrachtet wurden, so wurde es deutlich, dass das Eis eine zusammenhängende Masse bildete ohne Spalten oder irgend welche Unterbrechungen des Zusammenhanges. Es enthielt jedoch eine Menge kleiner, geschlossener und vollkommen deutlicher Kammern, und das Fehlen oder die Seltenheit dieser in dem Lauf der Bänder war es, was denselben ihre Durchsichtigkeit und blaue Farbe gab.“

„Die Form und der Inhalt dieser Kammern waren ausserordentlich merkwürdig. In den blauen Bändern und in den Theilen des zwischen ihnen liegenden weissen Eises, welche an ein blaues Band grenzten, waren die Kammern stets runde oder ovale Scheiben, welche sehr flach und mit dicht aneinander liegenden Grenzflächen versehen waren, so dass sie in einer Richtung betrachtet als Kreise erschienen, in der darauf senkrechten Richtung dagegen als schmale Parallelogramme. In dem weissen Eise, mitten zwischen den blauen Bändern, bemerkte ich im Gegentheil sehr gewöhnlich eine Unregelmässigkeit der Form, welche in manchen Fällen so gross war, dass die

Höhlungen verzweigt zu sein schienen. Die Wände der Kammern schienen sehr oft ein wenig rauh zu sein, oder als ob sie bereift wären.“

„Jede Kammer, welche ich genau untersuchte, enthielt ohne Ausnahme Wasser und Luft. Das erstere war gewöhnlich in grösserer Menge vorhanden als die letztere, welche als Blase auf dem Wasser schwamm, und sehr oft in der Kammer zu einer Bewegung gebracht werden konnte, wie die Blase einer Spirituslibelle. Es schien mir, obwohl ich dieses nicht als eine Regel aufstellen will, dass die Luft im Verhältniss zum Wasser reichlicher vorhanden war in den mehr unregelmässigen Kammern. Wo die Luft im grossen Verhältniss zum Wasser vorhanden war, wurde sie mehr oder weniger von den Wänden der sie einschliessenden Kammer gehalten, und nahm bis zu einem gewissen Grade ihre Form an; aber wo, wie in den meisten Fällen, die Luftblase im Verhältniss zum Wasser klein war, war ihre Gestalt sphäroidisch und ganz verschieden von der der sie einschliessenden Höhlung. Ich erwähne dieses speziell, weil, wie ich später zeigen werde, diese Kammern (welche ich zur Unterscheidung Wasserkammern nennen will) mit den Luftbasen verwechselt sind, und die Form, welche für die einen charakteristisch ist, irrtümlich den anderen zugeschrieben ist.“

„Ich hatte keine Mittel, die Dimensionen der Wasserkammern zu messen, aber als eine Schätzung möchte ich aussprechen, dass sie zwischen ein zehnte und ein fünfzigstel oder sechzigstel Zoll im Durchmesser variirten.“

„Die Berührungslinie des Wassers in den Wasserkammern mit dem Eise war optisch vollkommen be-

stimmt und leicht zu unterscheiden. Daher zögere ich nicht zu sagen, dass wenn Kanäle oder Spalten von irgend einer wahrnehmbaren Grösse mit Wasser gefüllt im Eise existirt hätten, ich bei der angewandten Vergrösserung Spuren davon entdeckt haben müsste; aber ich wiederhole es, nichts der Art war in vollkommen frischem Eise zu erkennen.“

Die Eigenschaft des Eises, Höhlungen zu enthalten, in welchen sich Wasser befindet, ist für die Gletschertheorie von grosser Wichtigkeit, und Hr. Huxley hebt hervor, dass das Eis, in welchem er dieselben beobachtete, vor dem Einfluss der Sonne noch ganz geschützt war. Er glaubt, dass sie dem tiefen Gletschereise allgemein zukomme; denn Eis, was auf der Mer de glace bei dem Montanvert etwa einen Fuss tief unter der Oberfläche liegt, habe, als es noch zu den weiter aufwärts befindlichen Theilen des Gletschers, z. B. zum Géant-Gletscher gehörte, sehr tief unter der Oberfläche gelegen, und sei nur durch allmälige Abschmelzung des über ihm liegenden Eises in die Nähe der Oberfläche gelangt, und es sei kein Grund, anzunehmen, dass es dabei seine Natur geändert haben sollte. Auch werde dieser Schluss durch die Resultate der Bohrversuche von Agassiz bestätigt.

Hr. Huxley führt nun einige auf denselben Gegenstand bezügliche Stellen von Agassiz an. Die Beschreibungen und auch die dazu gehörigen Zeichnungen stimmen im Allgemeinen mit den vorigen Beobachtungen überein, aber die Ansicht, welche Agassiz von der Natur der Höhlungen hat, ist eine andere. Er glaubt, dass sie ursprünglich Luftblasen seien, in welchen erst unter dem Einflusse der Sonne durch

Schmelzung Wasser entstehe. Er scheint dabei in manchen Fällen Wasser und Luft verwechselt zu haben, indem er die von Wasser umgebene Luftblase für einen von Luft umgebenen Wassertropfen hielt.

Agassiz hat angeführt, dass das Gletschereis aus Stücken bestehe, in deren jedem die flachen Höhlungen gleiche Richtung haben, während die Richtungen in zwei angrenzenden Stücken ganz verschieden seien. Dieses bestätigt Hr. Huxley, nur mit dem Unterschiede, dass die Theile, in welchen die Höhlungen verschiedene Richtung haben, nicht Stücke sind, die durch Spalten von einander getrennt sind, sondern fest untereinander zusammenhängen.

Der wichtigste Theil der Untersuchungen von Hrn. Huxley bezieht sich nun auf folgenden Gegenstand:

Agassiz hat angenommen das Gletschereis sei ganz durchzogen von feinen Haarspalten, in welchen sich Wasser befinde. Dieses Netzwerk von Haarspalten betrachtet Agassiz als einen wesentlichen Charakter des Gletschereises, und es spielt in seiner Theorie eine bedeutende Rolle. Zum Beweise der Existenz desselben haben seine Infiltrationsversuche gedient.

Von der senkrechten Wand einer grossen Spalte war in einer Tiefe von 5^m unter der Oberfläche des Gletschers ein horizontaler Stollen in das Eis getrieben. Als nun in eine Vertiefung, welche an der Oberfläche des Gletschers gemacht war, mit Rothholz gefärbtes Wasser gegossen wurde, so erschien das farbige Wasser nach zwei Stunden an der oberen Wölbung des Stollens, und zog sich allmählig auch an den Seitenwänden des Stollens herab. Das Wasser hatte also eine Eisdicke von 5^m durchdrungen.

Trotz dieses Versuches bestreitet Hr. Huxley die Existenz der Haarspalten, und unterstützt seinen Widerspruch durch eine Reihe von Gegenversuchen.

Er unterscheidet dazu zunächst, was auch schon Agassiz gethan hat, das tiefe Eis des Gletschers, von einer Oberflächenschicht, welche etwa 6 bis 8 Zoll Dicke hat. „Das Oberflächeneis ist zusammengesetzt aus grösseren oder kleineren Körnern von ausserordentlich unregelmässiger Form, getrennt durch sehr deutliche Spalten, aber dessen ungeachtet so in einander gefügt, dass sie mit einer gewissen Festigkeit zusammenhängen.“ Das darunter liegende Eis dagegen zeigt weder Spalten noch Körner, sondern ist ganz zusammenhängend. Dieses hatte Hr. Huxley schon aus dem sonstigen Verhalten und aus dem Anblick des Eises geschlossen; indessen hat er auch die Infiltrationsversuche wiederholt und giebt davon folgende Beschreibung:

„Wenn ein wenig des farbigen Wassers (Infusion von Campescheholz) auf die natürliche Oberfläche des Gletschers gegossen wurde, so drang es sogleich ein, indem es sich in allen Richtungen zwischen den Körnern ausbreitete (aber, wie ich oft bemerkte, schneller in den Richtungen parallel den blauen Bändern), und die ganze Dicke der Schicht färbte. Wie gross aber auch die auf die Oberfläche gegossene Menge sein möchte, es drang nicht tiefer als durch die Oberflächenschicht (ausser wenn etwa ein sichtbarer Riss in dem tieferen Eise war); und wenn die letztere mit der Axt fortgeschafft und die Oberfläche des tiefen Eises gewaschen oder auch nur sorgfältig mit der Hand gerieben wurde, so konnte nicht die Spur der Infusion in ihm gefunden werden.“

„Wenn ein Stück des tiefen Eises, welches mehrere blaue Bänder enthielt, in die Campescheholz-Infusion getaucht wurde, bis es beinahe fortgeschmolzen war, so blieb es ungefärbt, und durch Abwischen oder schnelles Durchziehen durch reines Wasser wurde es vollkommen klar und farblos.“

„Aber man hat gesagt, wenn Vertiefungen in den Gletscher gemacht und mit der gefärbten Infusion gefüllt würden, so durchdringe diese bald mit Hilfe der Capillarspalten die umgebende Masse. Um diesen Punkt zu untersuchen, wählte ich eine Stelle an der Nordwand einer Spalte, gerade gegenüber dem Montanvert, und zwischen der Mitte und dem westlichen Ufer der Mer de glace, wo die Bänder gut entwickelt waren: indem ihre Ebenen eine allgemeine Richtung von Nord nach Süd hatten, aber um einen Winkel von etwa 70° gegen die Mitte des Gletschers geneigt waren. An der Nordseite des Eises schnitt ich die Oberflächenschicht fort und bildete zwei Flächen eines Cubus von ein Fuss Seite in dem tiefen Eise. Eine dieser Flächen schaute nach Westen und war daher der Schichtung nahe parallel, die andere schaute nach Norden und war daher nahe senkrecht zu ihr. Von der westlichen Fläche aus bohrte ich mit einem grossen Bohrer ein Loch von etwa 1 Zoll Durchmesser und 9 Zoll Länge in einer Richtung, die nahe perpendikulär gegen die Fläche und daher auch gegen die Schichtung war, aber doch um so viel gegen den Horizont geneigt, dass sie die Campescheholzfusion, mit der ich sie füllte, hielt. Dann schnitt ich sorgfältig von der Nordfläche des Cubus so viel fort, bis die nördliche Wand des Loches weniger als zwei Zoll dick war, und bis ich durch die Substanz der vielen blauen Streifen,

welche das Eis durchzogen, die dunkle Flüssigkeit mit vollkommener Bestimmtheit sehen konnte.“

„Während zwei Stunden konnte nicht die Spur von einem Leck oder von einem Eindringen der Flüssigkeit in das Eis, welches die Wand dieser Höhlung bildete, bemerkt werden, und der Umriss der eingeschlossenen Flüssigkeit blieb vollkommen scharf und bestimmt. Dann begann es zu lecken an einem Punkte nahe dem oberen Ende durch einen kleinen Sprung im weissen Eise, welcher direkt nach Ausen führte. Die Flüssigkeit verbreitete sich von dem Sprung weder aufwärts noch abwärts. Vier Stunden später war in der Flüssigkeit, welche in der Höhle enthalten war, noch durchaus keine Aenderung eingetreten. Zu dieser Zeit trafen Sie (Hr. Tyndall) mich auf dem Eise und Sie werden Sich erinnern, dass ich sorgfältig mit einem scharfen Messer die Wand noch weiter verdünnte, bis sie an einigen Stellen nicht dicker als $\frac{1}{4}$ Zoll war. Noch immer trat keine Infiltration ein. Endlich durchdrang das Messer zufällig die Wand, und die Flüssigkeit floss mit einem Male aus. Ich goss dann etwas reines Wasser durch die Höhle, und jede Spur der gefärbten Infusion war sofort verschwunden, so dass nach dem vollständigen Fortschneiden der einen Wand die andere vollkommen rein und mit ihrem natürlichen Ansehen erschien.“

Aehnliche Versuche wurden unter verschiedenen Umständen und an verschiedenen Stellen der Mer de glace und des Géant-Gletschers angestellt, immer mit demselben Erfolge. In einem Falle wurde eine mit der farbigen Flüssigkeit gefüllte Höhlung, nachdem sie mit einem Stück Eis bedeckt war, eine ganze Nacht, 15 Stunden lang, sich selbst überlassen. Ob-

wohl dieser Versuch dadurch etwas gestört wurde, dass es während der Nacht regnete, so liess sich doch soviel mit Sicherheit erkennen, dass nicht die Spur von Infiltration eingetreten war.

Endlich wurde noch aus einem kleinen Stücke des tiefen Eises ein Gefäss geschnitten, dessen Wände zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{2}{3}$ Zoll variirten. Nachdem dieses mit der farbigen Flüssigkeit gefüllt und mit Eis umgeben war, hielt es die Flüssigkeit zwei Stunden lang, ohne die geringste Infiltration zu zeigen.

Nachdem auf diese Weise festgestellt war, dass die Hauptsubstanz des Gletschers, nämlich das tiefe Eis für Wasser durchaus undurchdringlich ist, wandte sich Hr. Huxley dazu, die Oberflächenschicht und die Art ihrer Bildung etwas näher zu untersuchen,

Es wurde aus der Tiefe des Gletschers ein grosses Stück Eis genommen, und daraus wurden zwei roh kubische Blöcke geformt von ungefähr 8 Zoll Seite. Wasser, welches darauf gegossen wurde, floss ab wie von Marmor oder Glas, ohne einzudringen. Nun wurden beide Blöcke neben einander gelegt, der eine ganz frei, so dass seine obere Fläche nicht nur der Luft, sondern auch der gerade hell scheinenden Mittagssonne ausgesetzt war, der andere dagegen bedeckt mit einem Stein von 4 bis 5 Zoll Dicke. Nach 25 Minuten wurden beide Blöcke wieder untersucht. Der bedeckt gewesene liess sich so wenig infiltriren, wie vorher; in dem anderen dagegen drang die Flüssigkeit sofort ein, und verbreitete sich durch ein Netzwerk von oberflächlichen Spalten, welche sich gebildet hatten, und konnte durch Waschen nur theilweise wieder entfernt werden.

Beide Blöcke wurden nun wieder in derselben Weise wie vorher, der eine bedeckt und der andere frei, hingelegt und von Zeit zu Zeit untersucht. Der bedeckte blieb ungeändert, in dem freien dagegen drangen die Spalten immer tiefer ein und die körnige Struktur des Oberflächeneises entwickelte sich immer mehr. Zuletzt war der ganze Block von feinen Spalten durchzogen, und verhielt sich wie ein Schwamm. „Wasser, welches auf seine Oberfläche gegossen wurde, gab ihm, indem es die Zwischenräume ausfüllte, ein klares und halbdurchsichtiges Ansehen, was jedoch nicht mit dem eines blauen Bandes zu vergleichen war. Aber sobald der Zufluss von Wasser aufhörte, so fingen die Spalten an der oberen Seite an ihr Wasser zu verlieren, welches herabsank, und indem sie mit Luft gefüllt wurden, entstand ein weissliches undurchsichtiges Ansehen. Kehrete man dann den Block plötzlich um, so erschien der Theil welcher vorher der untere gewesen war (und jetzt der obere war), anfangs klar, wurde aber bald, indem das Wasser entwich, weisslich, während der Theil, welcher vorher der obere gewesen war, klar wurde. Wasser, welches auf die obere Fläche gegossen wurde, durchdrang die Masse mit Leichtigkeit und floss unten ab. In der That kann es in diesen Beziehungen keinen schlagenderen Gegensatz geben, als den zwischen dem frisch aus dem Inneren genommenen Eisblock (oder dem, welcher bedeckt geblieben war) und demjenigen, welcher der Einwirkung ausgesetzt gewesen war.“

„Sofern es erlaubt ist, aus den wenigen Versuchen, welche ich machte, einen Schluss zu ziehen,

möchte ich sagen, dass die direkte Einwirkung der Sonne grossen Einfluss auf die Geschwindigkeit, mit der die Verwitterung vor sich geht, ausübt; aber sie ist durchaus nicht nothwendig, denn die nördlichen Flächen der Wände von Spalten bieten eine wohl entwickelte Oberflächenschicht dar, und ich habe sie sogar hinter grossen Steinmassen, wo diese nicht in direkter Berührung mit dem Eise waren, gesehen.“

Nach diesen Resultaten sagt nun Hr. Huxley von den früheren Infiltrationsversuchen von Agassiz, so wie von denen der Brüder Schlagintweit, dass er sie nicht für entscheidend halten könne, weil diese Beobachter nicht genug Rücksicht auf die Oberflächenschicht genommen haben. „Wenn die mit der Flüssigkeit gefüllte Vertiefung (wie es besonders bei so grossen Vertiefungen, wie diese Beobachter angewandt haben, leicht der Fall sein kann) durch einen zufälligen Riss mit einem anderen Theile der Gletscheroberfläche communicirt (z. B. mit der Wand einer Spalte oder mit der Decke einer solchen Höhlung, wie bei der Infiltrationsgalerie des Prof. Agassiz), so muss man bedenken, dass die Flüssigkeit, welche durch diesen Riss dringt, am Ende desselben nicht als ein Strom herausfliessen kann, ausser wenn von dieser Stelle zuerst die Oberflächenschicht fortgeschafft ist; im anderen Falle wird die Flüssigkeit die feinen Spalten dieser Oberflächenschicht füllen, und wird als ein grosser Fleck erscheinen. Indem dann der Beobachter weiter nichts sieht, als an beiden Enden des von der Flüssigkeit zurückgelegten Weges feine Spalten, welche mit der farbigen Flüssigkeit gefüllt sind, kann er sehr natürlich auf den Schluss kommen, dass die Flüssigkeit auch den dazwischen liegenden Theil ihres Weges

durch solche feine Spalten zurückgelegt habe. Dieser Schluss würde sogleich widerlegt worden sein, wenn man die Oberflächenschicht fortgenommen und die Infiltrationshöhlung freigelegt hätte, — eine Vorsichtsmaßregel, welche weder von Prof. Agassiz noch von den Hrn. Schlagintweit getroffen zu sein scheint.“

Am Schlusse seines Aufsatzes spricht Hr. Huxley noch von einer eigenthümlichen Streifung am Brenva-Gletscher, auf welche Forbes aufmerksam gemacht hat, und welche er ebenfalls beobachtet hat. Da dieses aber mit dem Vorigen nicht im unmittelbaren Zusammenhange steht, und von weniger allgemeiner Bedeutung ist, so kann es hier wohl übergangen werden.

Coquilles terrestres et fluviatiles,
recueillies dans l'Orient par M. le Dr. Alex. Schläfli,
déterminées par
Albert Mousson.

Comme suite, en quelque sorte, à mon petit écrit sur les mollusques rapportés de l'Orient par M. le Professeur Bellardi*), je me propose de soumettre à un examen analogue le résultat des recherches de mon jeune ami et compatriote, M. le Dr. Alexandre Schläfli. Poussé par les circonstances à entrer, lors de la guerre de la Crimée, dans le service médical de l'armée turque, il eut l'occasion d'accompagner son régi-

*) Coquilles terrestres et fluviatiles recueillies par M. le Prof. Bellardi. Zurich, 1854. 8^o.