

Sprengwirkungen durch Eis.

Mittheilung von **Ed. Hagenbach-Bischoff.**

Hiezu eine Tafel.

Im verflossenen kalten Winter machte ich den gewöhnlichen Sprengversuch durch die beim Gefrieren des Wassers eintretende Ausdehnung. Zufällig erhielt ich bei dieser Gelegenheit einige Erscheinungen, die ich hier mittheile, da sie vielleicht ein weiteres Interesse haben und über diese Art des Sprengens einiges Licht verbreiten können.

Ich benutzte kugelförmige Granaten aus Gusseisen; der äussere Durchmesser betrug 15 cm. und der Cubikinhalt 885 cm³.; es entspricht diesem ein innerer Durchmesser von 12,8 cm., und daraus folgt eine mittlere Wandstärke von 2,2 cm. Die Granaten wurden mit Wasser gefüllt, mit einem eingeschraubten eisernen Stöpsel verschlossen und der Kälte ausgesetzt.

Den ersten Versuch machte ich am 10. Dec. 1879. Die Granate wurde Mittags nach 1 Uhr ins Freie gesetzt. Die Temperatur war um 1 Uhr $-12,4^{\circ}$ C., um 9 Uhr Abends $-18,4^{\circ}$ und am andern Morgen um 7 Uhr $-14,6^{\circ}$. Abends um 9 Uhr war an der Kugel noch nichts Besonderes bemerkbar; am andern Morgen um 7 Uhr war sie geplatzt und zeigte die Erscheinung, welche in der nach der Natur aufgenommenen und durch Lithographie reproducirten Photographie auf Taf. III Fig. 1 und 2 dargestellt ist. Fig. 1 gibt die Granate von der

einen Seite in der ursprünglichen senkrechten Stellung, Fig. 2 von der andern in schiefer Stellung.

Der zweite Versuch wurde am 20. Jan. 1880 angestellt, als wir aufs neue eine Kälteperiode hatten. Die Granate wurde wie das erste Mal behandelt und Vormittags gegen 10 Uhr ins Freie gesetzt. Die Temperatur war Morgens 7 Uhr $-20,0^{\circ}$, um 1 Uhr $-12,8^{\circ}$ und Abends 9 Uhr $-14,2^{\circ}$. Abends 7 Uhr war noch nichts Besonderes an der Granate bemerkbar; um 9 Uhr war sie gesprungen und zeigte im Wesentlichen die Erscheinung, welche von zwei verschiedenen Seiten auf Taf. III Fig. 3 und 4 wiedergegeben ist. Die Photographie wurde zwar erst am 21. Morgens früh aufgenommen; allein die seit dem Abend eingetretene Aenderung war ganz unbedeutend; es hatte sich nur der ausgetretene cylindrische Eiszapfen etwas verlängert.

Bei diesen Eisgebilden sehen vor allem sehr merkwürdig aus die dünnen, nach aussen zu verjüngten, linear ausgedehnten Eisstäbchen, von welchen das im December erhaltene nach unten und das im Januar erhaltene nach oben zu concav ist. Dieselben haben ganz das Aussehen von zu Eis erstarrten Wasserstrahlen und mahnen einen beinahe an das bekannte Abenteuer des Barons von Münchhausen. Bei näherer Untersuchung zeigten die beiden Eisstrahlen, wie ich der Einfachheit wegen die Gebilde nennen will, abgesehen von der verschieden gerichteten Krümmung, wesentliche Differenzen. Der Strahl vom December ist an der Ansatzstelle, wie man in Taf. III Fig. 1 und 2 deutlich sieht, platt, im weitem Verlaufe im Querschnitt rund; dabei zeigt er periodische Anschwellungen oder Knoten; es konnten deren 16 gezählt werden, die im Mittel etwa 7 mm. von einander entfernt waren. Der Strahl vom Januar war, wie der vom December, nach aussen verjüngt und nahm von 9 mm. Breite

am Anfange bis zu 3 mm. Breite am Ende ab. Er war ferner sehr deutlich abgeplattet und zwar nach oben, d. h. nach der concaven Seite zu; der Querschnitt war also kein Kreis, sondern ein mit dem Durchmesser abgeschlossener Halbkreis. Von den Anschwellungen oder Knoten war daran nichts zu bemerken.

Wir versuchen nun, von dem Vorgange der Sprengung und der Entstehung der eigenthümlichen Eisgebilde uns eine Vorstellung zu machen und beginnen mit der Erscheinung des 20. Januar, da sich bei ihr die einzelnen Phasen etwas leichter verfolgen lassen.

Da die Kugel ganz mit Wasser angefüllt war, so wurde die Ausdehnung verhindert; es trat deshalb nicht sogleich Eisbildung ein, sondern das Wasser kühlte sich unter Nullgrad ab und übte im sogenannten überschmolzenen Zustande einen bedeutenden Druck auf die starre Hülle aus; diese gab vorerst infolge ihrer Elasticität ein wenig nach, und es trat durch die infolge der Ausdehnung etwas gelockerten Gänge des Schraubengewindes eine kleine Menge des überschmolzenen Wassers aus und floss der Kugel entlang in einem schmalen Streifen nach unten, wie die auf der Kugel zurückgelassene schwarze Spur in Taf. III Fig. 3 deutlich zeigt; einiges trüffelte dann noch auf den hölzernen Stuhl, welcher der Kugel als Unterlage diente. Da das überschmolzene Wasser beim Austritt vom Druck erlöst wurde, musste sofort Gefrieren eintreten. Es zeigte sich das ebensowohl in der Gestalt des gefrorenen Strahles, der nur nach unten, wo er auf der Kugel auflag, flach, sonst aber nicht zerflossen war, als auch an den gefrorenen Wassertropfen, die sich auf dem Stuhle durch das herabträufelnde Wasser gebildet hatten. Es war das im Kleinen die gleiche Erscheinung, die man bei der Bildung von Glatteis beobachten kann; wo man bekanntlich auch zur Erklärung der plötzlichen

Eisbildung den überschmolzenen Zustand zu Hülfe nimmt. Das Gefrieren des austretenden Wassers regte die KrySTALLISATION des übrigen Wassers an, und unter dem dadurch entstehenden Drucke flog der Stöpsel mit Gewalt weg. Trotz eifrigen Suchens habe ich ihn bis jetzt nicht finden können, und da ringsherum eine intacte Schneefläche war, auf der man den dunklen Stöpsel leicht gesehen hätte, so darf man annehmen, dass er weit fortgeschleudert wurde, wie das seiner Zeit schon Williams ¹⁾ im Jahre 1785 bei seinen Versuchen in Quebeck beobachtet hatte. Am Gewinde wurden einige Gänge abgerissen, und die Kugel zeigte einige nach aussen divergirende Risse, die offen standen, so lange das ausgedehnte Eis in der Kugel war, nach dessen Schmelzung aber infolge der Elasticität des Gusseisens sich wieder schlossen. Dem Stöpsel folgte ein cylindrischer Eiszapfen, der durch die runde Oeffnung herausgepresst wurde; die äussere Streifung desselben zeigte, dass das feste aber plastische Eis mit Gewalt herausgetrieben war; mit diesem Zapfen wurde der schon gebildete und daran hängende Strahl, der natürlich vorerst die der Rundung der Kugel entsprechende Concavität nach unten gekehrt hatte, von der Kugel ab in die Höhe gehoben. Da die Schmelzwärme, die zum Gefrieren des gesammten Wassers entzogen werden müsste, bedeutend grösser ist als die, welche zur Erwärmung desselben von ungefähr -15 auf Nullgrad nöthig ist, so konnte im ersten Moment nicht alles gefrieren. Es musste also sowohl der ausgetriebene Eiszapfen als auch das Innere der Kugel noch flüssiges Wasser enthalten. Bei der grossen Kälte fror das im Eiszapfen eingeschlossene Wasser bald; der Zapfen wurde in seiner oberen Hälfte dadurch zersprengt, und vier Lap-

¹⁾ Williams, Trans. Royal Soc. Edinburgh. 2. p. 23. 1790.

pen legten sich wie die Blätter einer aus der Knospe sich entfaltenden Blume nach aussen um. Die Folge davon war die Umwendung des Strahles, der nun wie ein Horn in die Höhe ragte und die concave abgeplattete Seite nach oben kehrte. Wir haben alle Ursache anzunehmen, dass der bis dahin betrachtete Vorgang auf eine sehr kurze Zeit, wohl nur wenige Secunden, zusammengedrängt war. Nach und nach froh nun auch das im Innern der Kugel noch vorhandene Wasser; es wurde dadurch langsam der Eiscylinder noch weiter hinausgeschoben, bis er abbrach. Ich schnitt dann das ausgetretene Eis ab und bestimmte nach Schmelzung des die Hohlkugel füllenden Eises die Menge des fehlenden Wassers; ich fand so 82 cm^3 . Da die ganze Kugel 885 cm^3 fasste, so ergibt sich daraus für das specifische Gewicht des gebildeten Eises 0,91; es stimmt das in befriedigender Weise mit den bekannten directen Bestimmungen, wenn man bedenkt, dass es sich hier um einen ziemlich rohen Versuch handelt, und dass das Eis jedenfalls ein wenig lufthaltig war.

Die vorgenommene Analyse des Januarexperimentes wird nun auch zur Aufklärung des Decemberexperimentes dienen können.

In der Hauptsache war der Vorgang der gleiche; die Unterschiede wurden hauptsächlich dadurch bedingt, dass der eiserne Zapfen tiefer eingeschraubt war; deshalb wurde nicht der Stöpsel hinausgeschleudert, sondern die Granate förmlich auseinander gesprengt und ein dreieckiges Stück abgehoben. Das den Strahl bildende Wasser trat hier nicht durch das Schraubengewinde aus, sondern an der Stelle, wo die Kugel zuerst platzte, am Divergenzpunkte der Risse. Da somit das Wasser beim Austreten einen geringeren Widerstand zu überwinden hatte, musste es eine grössere Ausflussgeschwindigkeit erlangen; der Strahl legte sich also nicht an die Kugel an, sondern

sprang frei in die Luft; er ist deshalb im Querschnitt nicht halbrund, sondern rund. Die Krümmung des Strahles hielt ich zuerst für die Parabel des frei ausströmenden Wasserstrahles. Allein nachdem es mir möglich geworden war, die Entstehung der Krümmung beim Strahl des Januar so genau zu verfolgen, schien mir die Annahme wahrscheinlich, dass auch im December der zuerst in freier Luft entstandene und infolge der grossen Ausflussgeschwindigkeit vorerst ziemlich gerade gefrorene Strahl unter dem Einflusse der Schwere gebogen und an die Kugel angelegt wurde und so nachträglich die Krümmung der Kugel annahm; es ist dabei in Betracht zu ziehen, dass aus dem früher erörterten Grunde der plötzlich gefrorene Strahl jedenfalls noch etwas Wasser enthalten und somit sehr plastisch sein musste. Wenn man in Gedanken das wie ein Deckel aufgehobene ausgebrochene Stück Eisen, an dem der gefrorene Strahl hängt, wieder an die ursprüngliche Stelle zurücklegt, so passt besonders das äussere Ende ganz gut auf die Kugel; die etwas geringere Biegung des Anfanges begreift sich leicht, wenn man bedenkt, dass beim Abheben des Strahles eine Streckung des noch plastischen Eises eintreten musste. Man kann noch bemerken, dass der Strahl einige Millimeter unter dem oberen Rande des ausgebrochenen Stückes ansetzt, was sich dadurch erklärt, dass das Wasser erst herausspritzte, als der Deckel schon ein bischen gehoben war.

Wir haben nun noch über die periodischen Anschwellungen oder die Knöpfe des Strahles uns Rechenschaft zu geben. Ich nahm zuerst an, dass dieselben den periodischen Aenderungen in der Orientirung des Querschnittes zuzuschreiben sind, die bekanntlich zuerst von Savart genau studirt worden sind. Da, wie Tafel III Fig. 1 und 2 zeigen, der Strahl am Ursprung in horizontaler

Richtung flach war, so hat diese Erklärung viel für sich. Allein die genauere Untersuchung des Strahles in natura und in der Photographie wies nach, dass der Querschnitt im weiteren Verlaufe nicht länglich und periodisch um 90° gedreht war, sondern stets mehr rund und abwechselungsweise gross und klein. Wir haben es also mit periodischen Erweiterungen und Verengungen des Querschnitts zu thun. Es lässt sich dies vielleicht einfach durch die Annahme erklären, dass der Deckel beim Aufreissen vibrirte, und dass so die zeitlich aufeinander folgenden Vibrationen in räumlicher Auseinanderlegung im austretenden Strahl sich ausprägten.

Es ist mir nicht bekannt, ob solche durch plötzliches Gefrieren entstandene Eisstrahlen auch sonst schon beschrieben sind, zweifle aber nicht daran, dass sie schon häufig vorkamen und auch beobachtet wurden, da ich die auffällige Erscheinung in von einander etwas verschiedenen Formen bei den beiden von mir angestellten Versuchen erhalten habe. Etwas Aehnliches hat Williams bei einem seiner Versuche bemerkt, er gibt an, dass aus Spalten zwei dünne Eisplatten ausgetreten sind, die Fischflossen glichen. Wir können annehmen, dass damals das überschmolzene Wasser in einer Fläche (nappe) austrat und sofort gefror. A. Cazin gibt in seinem Buche über die Wärme eine Abbildung dieser Erscheinung; da aber die Originalarbeit von Williams keine Tafel enthält, so muss man annehmen, dass dieselbe nicht direct nach der Erscheinung, sondern nachträglich nach der Beschreibung entworfen wurde.

Basel, Anfang April 1880.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: [7_1885](#)

Autor(en)/Author(s): Hagenbach-Bischoff Eduard

Artikel/Article: [Sprengwirkungen durch Eis 185-191](#)