mentlich in Gegenden, welche Wein bauen, bekannt genug, indem man dort den richtigen Grundsatz hat, daß Nachfröste keinen Schaden thun, sobald der geringste Wind aufkommt.

Weesenstein bei Dresden, November 1862.

VII. *Ueber Grundeis-Bildung; von Dr. Berger,*

Lehrer an der Selectenschule in Frankfurt a. M.

Bekanntlich ist die Grundeis-Bildung noch nicht zu voller Befriedigung erklärt. Je nachdem eine oder die andere Beobachtung sich einer oder der andern Ansicht günstig erweist, entscheidet man sich für die Theorie von Mac-Kee-ver¹⁾ wonach die am Boden befindlichen Körper durch Wärmeausstrahlung unter die Temperatur des umgebenden Wassers erkalten und dieses so zum Erstarren bringen, oder für die von Horner²⁾ und Arago³⁾, nach welcher die Krystallisation des Wassers von 0° durch raue Stellen und eckige Beschaffenheit des Bodens befördert wird, oder endlich für die von Gay-Lussac⁴⁾, nach welcher das Grundeis dadurch als solches entsteht, daß kleine Eistheilchen an der Oberfläche des Wassers, durch Strahlung oder durch Berührung mit der Luft abgekühlt und vom Strome nach unten gerissen, an den Boden anhängen, indem sie das dazwischen befindliche Wasser durch die mitgebrachte Kälte gefrieren machen.

Nach Arago⁵⁾ wird die erste dieser drei Theorien unrettbar dadurch über den Haufen geworfen, daß noch Nie-

1) *Annuaire pour l'an 1833*, p. 260; Pogg. Ann. Bd. 28 S. 217 ff.

2) Gehler's phys. Wörterb. Bd. 3 S. 127 u. f.

3) *Annuaire p. l'an 1833* p. 264.

4) *Ann. d. chim. et d. phys. Sér. 2. T. 53*; Pogg. Ann. Bd. 43 S. 527.

5) *Annuaire p. l'an 1833* p. 264.

mand Grundeis in einem stillstehenden Wasser beobachtet hat. Ausserdem wird noch gegen dieselbe eingewendet, dafs das Wärmedurchlassungsvermögen der über dem Boden befindlichen Wassermasse zu gering sey, dafs ferner den Steinen die durch Strahlung etwa verloren gegangene Wärme wieder aus dem Innern der Erde zugeleitet werde.

Gegen Horner's und Arago's Theorie hat Gay-Lussac eingewendet, dafs gesättigte Salzlösungen und auf 0° erkaltetes Wasser nur an plötzlich hineingebrachten Körpern leichter krystallisiren, und Maschke ¹⁾: es sey kein Grund abzusehen, warum auf diese Weise nicht das ganze Wasser zufriere, sobald der Vorgang einmal eingeleitet sey. Auch hat letzterer dieselbe durch einen directen Versuch zu widerlegen gesucht ²⁾.

Derselbe Versuch läfst sich aber, wie mir scheint, in einer etwas anderen Weise ausgeführt, zur Prüfung beider Theorien, der M.-Keever'schen sowohl, als der Horner-Arago'schen, anwenden. Bringt man nämlich sehr gut strahlende und möglichst rauhe Körper unter Wasser von 0° und versetzt sie in die Lage kräftig Wärme abstrahlen zu können, so mufs der Erfolg für die eine oder die andere oder gegen beide entscheiden. Ich habe nun in ein schiefwandiges Blechgefäfs — es war 9 Zoll hoch, der untere Durchmesser mafs 1, der obere 2 Fufs — 8 Zoll hoch Wasser gebracht. Am Boden desselben befanden sich zwei mit Lampenrufs geschwärzte flache Porzellanschalen — der Rufs der einen war mit dem Finger verstrichen und wurde von dem Wasser benetzt, der auf der anderen nicht — ferner Glasscherben, Papierschnitzel, möglichst rauhe spitziige Steine, ein raues Zinkblech, dunkelfarbiger Sand; die best strahlenden dieser Körper befanden sich in der Mitte des Gefäfses. Dieses schwamm in einem zweiten Gefäfs, welches Wasser und Eis enthielt. Der Inhalt des ersteren erkaltete bald bis zu 0° und blieb, wie ein öfter hineingetauchtes Thermometer zeigte, fortwährend und

1) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 244.

2) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 243.

in allen seinen Theilen auf dieser Temperatur. Das Ganze stand im Freien. Der Himmel war vollkommen heiter und sternhell, die Atmosphäre äusserst ruhig, und ihre Temperatur variierte zwischen -6 und -11° R. In Zwischenräumen von je einer halben, einigemal auch von einer ganzen Stunde, wurde die auf der Oberfläche entstandene Eisdecke so weggenommen, dass dadurch das Gefäss möglichst wenig erschüttert und die Strahlung möglichst wenig behindert wurde. Es bildete sich kein Eis an den am Boden befindlichen Körpern, weder an den gut strahlenden, noch an den rauhen, für welche letztere also der Erfolg mit dem Maschke's übereinstimmt. Auch konnte dadurch keine Krystallisation bewirkt werden, dass die Körper herausgenommen und wieder eingetaucht wurden. Es kann ausserdem, wie sich weiter unten zeigen wird, Grundeisbildung stattfinden, ohne dass den Bedingungen, welche beide Theorien stellen, Genüge geleistet wird, und es kann weder die eine noch die andere diese Erscheinung erklären.

Gegen die Gay-Lussac'sche Erklärungsweise hat man angeführt ¹⁾, dass Eistheilchen unmöglich bis zur Tiefe von 6 Fufs hinabgerissen werden können, bis zu welcher Tiefe man jedoch Grundeis gesehen hat. Bedenkt man aber, dass auch Wasser von 0° hinabgerissen wird, trotzdem dass es leichter ist als das unten befindliche von 4° , so wird man die Unwahrscheinlichkeit so sehr gross nicht finden. Da sie dem rasch nachströmenden und auf sie drückenden Wasser eine grössere Fläche darbieten, so wird dadurch die Wahrscheinlichkeit nicht geringer ²⁾, sondern grösser. Dass übrigens solche Eistheilchen wenigstens bis zur Tiefe von 3 Fufs hinab gerissen werden können, beweist folgender Versuch. In einem Zuber befand sich, bei einer Temperatur der Atmosphäre von -8 bis -16° R., Wasser bis zur Höhe von 3 Fufs. An den Innenwänden waren hie und da schmale rauhe Borde, die bis zum Boden reichten, angebracht. In der Mitte war eine Spindel eingelassen, an

1) Pogg. Ann. Bd. 43 S. 529-

2) Pogg. Ann. Bd. 43 S. 530.

deren unterem Ende sich eine ebenfalls schmale und raue Schaufel befand. Diese Spindel wurde rasch gedreht. An der Oberfläche entstanden lockere Eismassen. Nach kurzer Zeit hing ein Theil derselben locker an Schaufel und Borden an. Dafs aber eben solche Eismassen in Flüssen wirklich hinab gerissen werden, an den Steinen des Bodens anstreifen und so ganz oder theilweise hängen bleiben, ist durch die Beobachtungen des Aarauer naturwissenschaftlichen Vereins ¹⁾ unwiderleglich nachgewiesen.

Eine andere Frage ist die: wie entsteht das Eis auf der Oberfläche bewegten Wassers? Darüber dürfte folgender einfache Versuch Aufschluß geben. Aus einem in der Höhe stehenden Gefäfse liefs ich, bei einer Temperatur von -6 bis -16° R., Wasser in ein einige Fufs tiefer stehendes laufen. Die Oeffnung, aus der es lief, war durch sehr feine Drahtnetze so vergittert, dafs in den Maschen der dieser Oeffnung nächsten keine Eisnadeln mehr sichtbar wurden, und man also sicher seyn konnte, dafs auch keine mehr aus der Oeffnung ausflossen, wenngleich durch Eingiefsen von neuem Wasser beständig eine grofse Anzahl solcher Nadeln hinabgerissen wurde. Das herablaufende Wasser schäumte sehr stark; unter dem Schaum bildeten sich regelmäfsig solche lockere Eismassen, wie sie viele Beobachter der Grundeisbildung beschreiben. Wenn man sie abschäumte und das Wasser aus dem Löffel herablaufen liefs, so bildeten sich dadurch wieder Schaumblasen und unter diesen augenblicklich dieses Eis. Auf dieselbe Weise war auch das Eis bei obigem Versuche mit der Spindel entstanden. Diese Schaumblasen wären demnach wohl als die erste Ursache der Eisbildung in bewegtem Wasser zu betrachten.

Wenn nun die Eisbildung in bewegtem Wasser und das Sichtbarwerden von Eisschollen, besonders an der der Strömung zugekehrten Seite von Steinen usw., sich auf diese Weise erklärt; so haben aber Mohr ²⁾ und Maschke ³⁾

1) Th. Zschokke, Das Grundeis auf der Aare, S. 3, 5 u. f.

2) Pogg Ann. Bd. 43 S. 528.

3) Pogg Ann. Bd. 95 S. 243.

vor der Bildung des Grundeises keine Eiskrystalle auf der Oberfläche beobachten können. Es sind ferner manche Thatsachen bekannt, die sich dieser Erklärung schlechterdings nicht fügen; wie z. B. der Erfolg des Versuchs von Strehlke ¹⁾. Einen von Hugi ²⁾ zuerst angestellten und von Arago so sehr zur Wiederholung empfohlenen Versuch habe ich in folgender Weise ausgeführt: Zwei in jeder Beziehung möglichst gleiche Sauerwasserkrüge mit möglichst glattem Boden wurden von oben bis etwa in die Hälfte mit rauen Stricken so umwickelt, daß sie möglichs viele Unebenheiten darboten. Der eine derselben wurde mit kochendem, der andere mit kaltem Wasser gefüllt und beide etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs tief in die Wieseck bei Giefsen hinabgelassen. Diese war durch das nach starker Kälte plötzlich eingetretene Thauwetter hoch angeschwollen; das Wasser, in welchem das Thermometer allenthalben 0° zeigte, strömte sehr rasch, war sehr schmutzig und führte auf seiner Oberfläche ebenfalls schmutzige lockere Eisschollen. Die Nachmittagssonne schien warm, der Himmel war vollkommen heiter. Nach 35 Minuten wurden die Krüge hervorgezogen. An den Stricken, mit welchen beide Krüge umwickelt waren, hatte sich Eis locker angesetzt, das offenbar von der Beschaffenheit der oben schwimmenden Schollen war. An den Böden aber sah man Eisplättchen, ganz so beschaffen wie sie Strehlke ³⁾, Maschke ⁴⁾ und Zschokke ⁵⁾ beschrieben, und zwar an dem des heißen Kruges bedeutend mehr als an dem des kalten. Sie waren leicht aufgefroren. Auch an der Rückseite der Stricke, an welchen die Krüge gehangen, hatte sich mehrmals solches Eis angesetzt. Als der Versuch bei niedrigerem Wasserstande und weniger rascher Strömung wiederholt wurde, war keine Eisbildung mehr zu bemerken.

1) Pogg. Ann. Bd. 28 S. 224.

2) *Annuaire p. l'an* 1833, p. 267.

3) Pogg. Ann. Bd. 28 S. 224.

4) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 241.

5) Zschokke S. 2.

Sehen wir vorerst von der Wirkung der Temperaturdifferenz ab, so konnte dieß Eis nach keiner der drei Theorien entstanden seyn; nicht durch Wärmestrahlung, denn die Sonne schien warm; nicht durch das Vorhandenseyn rauher Körper, denn die Böden waren beide glatt, und es hätte sich eher an den bedeutenden Unebenheiten der Stricke bilden müssen, welche um die Krüge gewickelt waren; nicht nach Gay-Lussac's Theorie, denn es hatte nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem oben schwimmenden Eis; außerdem hatten sich diese Plättchen so der Form des Kruges angeschmiegt, daß sie nicht leicht anders entstanden seyn konnten, als an der Stelle, wo sie sich befanden.

Wenn man einen Stab in schnell fließendes Wasser taucht, so sieht man dieses hinter demselben zwei Curven bilden, die einen wasserleeren Raum lassen. Unmittelbar an der Hinterseite des Stockes selbst aber legt sich eine ganz dünne Wasserschicht an. Ein in solchem auf abschüssigem Boden rasch dahinströmenden Wasser liegender Stein bewirkt, wie man sich durch Beobachtung leicht überzeugen kann, dieselbe Erscheinung, nur daß der leere Raum auch von oben her geschlossen ist. Dieser leere Raum muß sich augenblicklich mit Dampf füllen, welcher seine latente Wärme aus dem umgebenden Wasser aufnimmt. Hat dieses Wasser 0° , so muß es gefrieren, und es muß sich eine dünne Eisschicht an der Rückseite des Steines bilden. Wohl mögen sich auch an den Wänden der Wassercurven solche Plättchen abscheiden. Da der Dampf durch das Wasser mechanisch fortgerissen wird, so wird die Eisbildung so lange fort dauern, als die Temperatur des Wassers niedrig genug — 0° — ist.

Vor den Steinen sieht man in schnell fließendem Wasser oft Blasen aufsteigen, welche auf dieselbe Weise das Entstehen eben solcher Eisplättchen veranlassen müssen.

Je tiefer das Wasser ist, desto weniger leicht werden die zu dieser Bildung nöthigen Bedingungen erfüllt. In ei-

ner gewissen Tiefe muß sie für eine gewisse Abschüssigkeit des Bodens und Stärke der Strömung ganz aufhören.

Die so entstandenen Eisplättchen werden sich nun wohl nicht an dem Orte ihrer Entstehung anhäufen, sondern von der Strömung los- und dann fortgerissen werden, oder in die Höhe steigen. Im ersteren Falle werden sie an anderen Steinen, denen sie etwa begegnen, hängen bleiben, wenn deren Oberfläche dazu geeignet ist. Im letzteren Falle werden sie während ihres Aufsteigens oder an der Oberfläche durch die Bewegung des Wassers theilweise zu jenen Schollen sich vereinen, die dann ihrerseits wieder gleiches Schicksal mit den an der Oberfläche selbst gebildeten haben können.

Ich erlaube mir, nun noch einige Worte über den Einfluß der Temperaturdifferenz der beiden Krüge, obschon ich die folgende Erklärung noch weniger als die vorhergehende als vollständig und gegen Einwände sicher bezeichnen möchte. In dem leeren Raume hinter dem heißen Krüge bildet sich rasch eine große Menge heißen Dampfes, die nicht allein, wie hinter dem kalten Krüge, mechanisch fortgerissen, sondern auch schnell an dem kalten Wasser condensirt wird. Dadurch wird die Verdampfung beschleunigt ¹⁾. Diese Beschleunigung währt fort, bis der Krug auf 0° erkaltet ist, was jedenfalls rasch geschieht. In diesem Augenblicke muß das an ihm befindliche Wasser gefrieren, während am kalten Krüge, wo dieser begünstigende Umstand fehlt, dies um so eher verhindert werden kann, als der leere Raum nicht immer an derselben Stelle bleibt, vielmehr eine Stelle, die eben frei war, im folgenden Augenblicke bei der Unregelmäßigkeit der Bewegung mit Wasser bedeckt seyn kann, und umgekehrt.

Das hier Gegebene der Hauptsache nach kurz zusammenzufassen, wären also zwei Arten von Grundeis zu unterscheiden:

- 1) Es mag hier daran erinnert werden, daß z. B. in der Eishöhle la Baume bei Besançon sich um so mehr Eis bildet, je wärmer der Sommer ist.

- 1) solches, welches an der Oberfläche des Wassers — unter den durch Bewegung entstandenen Schaumblasen — sich bildet und von der Strömung hinabgerissen wird;
 - 2) solche Plättchen, welche wasserleeren Räumen hinter oder vor in rasch bewegtem Wasser befindlichen Gegenständen ihre Entstehung verdanken.
-

VIII. *Ueber die Erzeugung von Tönen durch Wärme; von J. Schneider in Düsseldorf.*

Außer den gewöhnlichen bei dem Trevelyan-Versuche auftretenden Tönen habe ich in einer früheren Abhandlung ¹⁾ einiger eigenthümlichen Töne Erwähnung gethan, die bis dahin einer Berücksichtigung entgangen waren, die sich aber von den Trevelyan'schen Tönen in mehreren Beziehungen wesentlich unterscheiden. Ich habe diesen Tönen später eine weitere Untersuchung gewidmet und gebe hier kurz die Resultate.

Bekanntlich gilt für die Entstehung der Trevelyan'schen Töne die Bedingung, daß die Berührung zwischen dem heißen und dem kalten Körper abwechselnd in zwei verschiedenen Punkten geschieht, während dagegen bei den Tönen, von welchen die nachstehenden Versuche handeln, die beiden Körper sich stets nur an ein und derselben Stelle berühren. Zur Hervorrufung beider Arten von Tönen bediente ich mich zunächst eines aus einem 2,5 Linien dicken runden Kupferstabe verfertigten Ringes von 3 Zoll Durchmesser, den ich an der Innenseite auf den convexen Theil eines Bleiblockes senkrecht aufhing. Der Ring geräth nach

1) Ueber die bei gegenseitiger Berührung von Körpern ungleicher Temperatur entstehenden Tonschwingungen (Programm des K. Gymnasiums zu Düsseldorf. 1860).