aussetzung wird in der Knochenhauer'schen Abhandlung mit keiner Silbe gedacht und auch aus der Beschreibung des Versuches ist nicht ersichtlich, ob sie erfüllt war.

IX. Ueber das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem; nebst Bemerkung über den Trèves'schen Versuch;
von Dr. L. Overzier in Cöln.

Festes Eisen schwimmt auf flüssigem; es ist dieß eine Beobachtung, die Jeder leicht anstellen kann, wenn er nur in eine Eisengießerei sich begeben, und zur Zeit des Gusses ein Stück schon erkaltetes, festes Eisen auf die noch flüssige Masse werfen will. Die Thatsache steht fest; eine hinreichende, alle Entgegnung beseitigende Erklärung wurde aber bis jetzt meines Wissens noch nicht gegeben, obgleich das Problem schon in mehreren Hauptversammlungen des sächsischen Ingenieur-Vereins und des Vereins deutscher Ingenieure zur Besprechung vorlag.

Es liegt sehr nahe, zunächst an die allgemein bekannte, dabei für den Haushalt der Natur so überaus wichtige Eigenthümlichkeit des Wassers zu denken, demgemäß dasselbe von 3° R. auf- und abwärts an Dichte abnimmt, und zwar ist nach übereinstimmenden Versuchen von Dufour, Despretz, Kopp und Duvernoy die Ausdehnung vom Zustande seiner größten Dichte bis zum Gefrierpunkte fast doppelt so groß, als die bis zur Siedhitze. Gefäße, in denen Wasser gefriert, selbst starke eiserne Bomben, springen, Baumstämme platzen bei großer Kälte. Die Lockerung des Bodens durch Ausfrieren, die Zersprengung von Felsen durch Erstarren des Wassers in den Spalten und Rissen etc. sind nur Folgen der unwiderstehlichen Kraft, mit welcher sich jede Ausdehnung vollzieht. Uebrigens steht das Was-

ser in dieser Hinsicht nicht vereinzelt da. Das Rose'sche, aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Blei und 1 Theil Zinn bestehende Metallgemisch dehnt sich nur bis zur Temperatur von $35^{\circ},3$ R. stufenweise aus, zieht sich dann bei weiterer Erwärmung rasch zusammen und erreicht bei $55^{\circ},2$ R. seine grösste Dichtigkeit. Aehnlich verhält sich absoluter Alkohol, welcher nach Versuchen von Tralles seine grösste Dichte bei $-89^{\circ},5$ C. erreicht, bei noch niedrigerer Temperatur sich jedoch wieder ausdehnt. Recknagel untersuchte den Einfluß, den ein Zusatz von Alkohol auf das Erstarren des Wassers ausübt. Er fand die Intervalle für die Ausdehnung des wasserhaltigen Weingeistes grösser als beim Wasser, während sie bei Salzlösungen bekanntlich geringer sind. Auch Wismuth dehnt sich beim Erstarren stark aus, wahrscheinlich auch Antimon. Der Grund dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß die Massetheilchen bei ihrer mit dem Dichtigkeitspunkte beginnenden Neigung sich zur krystallinischen Structur zu ordnen, sich wahrscheinlich nach gewissen Richtungen hin anziehen, nach anderen abstossen und so von dem Zustande gleichförmiger Anziehung, welcher die Kugelform bedingt, sich entfernen. Die Beobachtungen von Savart, denen gemäß das Wasser im Zustande seiner grössten Dichtigkeit das Maximum, unmittelbar darauf, bei $+1$ bis $+2^{\circ}$ C. das Minimum seiner Zähigkeit besitzt, und dieselbe dann bis 0° wieder zunimmt, deuten darauf hin, daß, wie Savart bemerkt, die Wassertheilchen während dieses Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Zustand um ihren Schwerpunkt sich drehen, indem sie hierbei vorübergehend in eine solche Lage gerathen, daß sie sich untereinander in einem Zustande schwankenden Gleichgewichtes befinden, und können um so weniger befremden, wenn man berücksichtigt, daß die Krystallform des Eises höchst wahrscheinlich eine hexagonale Säule ist.

Wenn Meister, gestützt auf einen, in dies. Ann. Bd. 104, S. 657 mitgetheilten Versuch, das Vorhandenseyn von Luftbläschen als Ursache des geringeren specifischen Gewichtes des Eises annehmen möchte, so dürfte bei den entsprechen-

den Beobachtungen von C. Brunner, welcher das specifische Gewicht selbst des luftfreien Eises geringer als das des Wassers fand, jedenfalls der aus dem Meister'schen, immerhin interessanten Versuche gezogene Schluss ein verfehlter seyn. Die Eismasse sinkt unter, nicht weil sie durch Entweichen der Luft schwerer wird, sondern weil das Wasser nach Verringerung des auf ihm lastenden Atmosphärendruckes sich ausdehnt, also specifisch leichter wird, eine Ausdehnung, der die feste Eismasse nicht in gleicher Weise unterliegt.

Anders verhält es sich dagegen bei Gufseisen. Es läßt sich nachweisen, daß kaltes festes Eisen dichter und daher relativ schwerer ist als flüssiges. Man weiß ferner, daß das flüssige Eisen die Formen, in welche es gegossen wird, sehr genau ausfüllt. In Folge der großen Zusammenziehung der flüssigen Masse beim Erstarren muß dabei das Modell immer noch um ein Gewisses größer seyn als der eiserne Gegenstand, welcher durch den Guß erhalten werden soll. Festes Eisen nimmt ein geringeres Volumen ein, als eine gleiche flüssige Masse, müßte also in derselben untersinken. Weßhalb schwimmt es?

Der Hinweis auf den innigeren Zusammenhang der Molecüle an der Oberfläche einer Flüssigkeit, als in ihren Inneren zeigt sich schon auf den ersten Blick als unhaltbar. Feine Nähnadeln, Erdtheile nsw. schwimmen freilich auf specifisch leichterem Wasser, indem sie die Oberfläche wie ein leicht gespanntes Häutchen eindrücken. Aber dieses Schwimmen dauert nur so lange, als sie nicht übernetzt sind. Sobald sie nafs geworden sind, mit andern Worten, sobald das Häutchen durchbrochen ist, sinken sie sehr rasch unter. Anders verhält es sich beim festen Eisen, indem die einzelnen selbst niedergetauchten Stücke mit einer gewissen Kraft emporschnellen.

Als Ursache dieses Schwimmens lassen sich drei Möglichkeiten annehmen, deren Realität näher zu untersuchen mir jedoch augenblicklich Gelegenheit und Instrumente fehlten.

Man könnte zunächst darauf hinweisen, daß auch Eis bei fortgesetztem Erkalten sich zwar noch immer ausdehnt, dann aber sich rasch zusammenzieht. Es bekommt Spalten und Risse. Umgekehrt stellen sich auf weiten Eisflächen, wenn nach anhaltender Kälte das Wetter wärmer wird, die Schollen wie Kartenhäuser auf und schieben sich oft an 6 Fufs und noch mehr über das Ufer hinaus. Auch der Alkohol, wenn er über $-89^{\circ},5$ C. erkaltet wird, nimmt wieder schnell an Dichte zu. So könnte denn auch das erstarrte Eisen, wenn auch anfangs namentlich, so lange es im Contacte mit der heifsflüssigen Masse seinem Schmelzpunkte sich noch sehr nahe befindet, in der That specifisch leichter seyn, als das flüssige Eisen, daher schwimmen; bei fortgesetztem Erkalten dagegen in Folge der fortschreitenden Zusammenziehung wieder specifisch schwerer als die noch flüssige Masse werden. Mehrere Anzeichen sprechen für diese Erklärung.

Es ist bekannt, daß Eisen- und Zinkgüsse sich durch grofse Schärfe und Sauberkeit auszeichnen, weniger die von Messing und Tombak. Der Blei-Antimongufs zeigt dagegen wieder schöne Feinheit und Schärfe. Eine Erklärung des vorliegenden Abkühlungsprocesses müfste füglich drei Perioden unterscheiden.

Nach dem Füllen der Form giebt zunächst das eingegossene Metall denjenigen Theil seiner Wärme, durch welchen es über den Schmelzpunkt erhitzt wurde, theils an die Form, theils an die Luft ab. Um daher eine zu schnelle Abkühlung zu vermeiden, wodurch bei der zunehmenden Zähigkeit der Masse die Schärfe des Gusses leiden würde, muß die Form zuvor hinreichend erwärmt werden. Bis zum Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand hat erstens die Form an Ausdehnung gewonnen, zweitens die eingegossene Masse eine bestimmte Zusammenziehung erfahren. Im Momente des Erstarrens nimmt jedoch in Folge der neuen Anordnung der kleinsten Theilchen das Volumen der eingeschlossenen Masse zu, so daß das Metall mit einer gewissen Kraft in die feinsten Vertiefungen der Form sich hineinpreßt. Daher die bei Eisen-, Zink-, und Antimongüssen so ausgezeichnete

Schärfe der Abdrücke. Die allmähliche Zusammenziehung der Form beim Erkalten und der Druck, welcher dadurch auf die eingeschlossene Masse ausgeübt wird, dürfte vielleicht durch die im Augenblicke des Erstarrens frei werdende Wärme paralytisch werden. Zum Erzielen sauberer Güsse wäre demnach nicht nur die Ausdehnung der Form und die Zusammenziehung der Masse ins Auge zu fassen, sondern zugleich ein Zusatz solcher Metalle anzurathen, welche wie Wismuth, Antimon eine im Momente des Erstarrens erfahrungsgemäß starke Ausdehnung besitzen. Beim Erkalten des erstarrten Stückes bis zur Temperatur der Atmosphäre tritt wieder Zusammenziehung ein, welche oft sehr beträchtlich wird und die im Erstarrungsmomente eingetretene Ausdehnung weit überragt. Der Modelleur oder Former muß daher die Stärke dieses Schwindens genau kennen, um die erforderliche GröÙe der Form beurtheilen zu können. Doch variirt der Betrag ungemein nach der Natur des Metalles und nach besonderen Umständen in einzelnen Fällen, wobei voraussichtlich nicht nur die Gestalt und GröÙe des Gußstückes, der Grad der Ueberhitzung des Metalles vor dem Eingießen in die Form, sondern auch die Ausdehnung des jedesmaligen Metalles beim Erstarren, sowie die Wärmeleitungsfähigkeit und der Ausdehnungscoefficient der Form ihren Einfluß geltend machen.

Versuche an Ort und Stelle müssen das Nähere ergeben. Man bringe ein Handstück schon erkalteten Eisens auf die noch flüssige Masse. Dasselbe müßte, wenn ein dem Eise analoges Verhalten Grund des Schwimmens wäre, anfangs untersinken, und erst dann wieder an die Oberfläche kommen, wenn es eine dem Schmelzpunkte nahe Temperatur angenommen hat. Bei der Leitungsfähigkeit, welche Eisen für Wärme besitzt, kann der Moment nicht lange auf sich warten lassen. Die Eisenmasse muß emporschnellen. Folgender, leicht anzustellende Versuch dürfte vielleicht die Frage über ein dem Eise analoges Verhalten zur Entscheidung bringen. Man fülle ein Platingefäß mit geschmolzenem Eisen; im Contacte mit dem heißflüssigen Inhalte wird sich dasselbe

ausdehnen. Um eine genaue Füllung zu erzielen, giesse man das Nöthige zu und verschliesse sorgfältig. Beim Erkalten des Ganzen mufs, wenn beim Erstarren des flüssigen Eisens eine Zunahme des Volumens eintritt, das Gefäfs springen, um so mehr, als das Platin sich gleichzeitig zusammenzieht. Im anderen Falle würde ein Reißen der Gefäfswände nur dann eintreten, wenn das Platin sich stärker wie Eisen zusammenziehen sollte, was aber für eine Temperaturverminderung von 100° auf 0° C. erfahrungsgemäfs nicht der Fall ist.

Wie aber, wenn das auf die flüssige Masse gebrachte Stück festen Eisens, obgleich specifisch schwerer, ohne erst unterzutauchen, auf der Oberfläche schwimmen sollte? Obige Erklärung würde in diesem Falle unzureichend seyn. Man könnte geneigt seyn, im ersten Augenblicke an die tragende Kraft eingeschlossener Gase zu denken. Kupfer und Silber zeigen bekanntlich nach dem Erstarren eine blasige Structur. Nach Dick, Russell und Matthiessen wäre dieselbe jedoch keineswegs Folge absorbirter Gase, sondern durch Reduction des Kupferoxyduls durch Holzkohle zu erklären, welche mechanisch unter die Metallmasse gerissen wird durch die fortwährende Strömung, welche von der sich abkühlenden Oberfläche ausgeht. So lange das Ganze flüssig ist, scheidet sich Kohlenoxyd aus; so bald eine feste Kruste sich bildet, wird diese gehoben. Das während des Erstarrens sich bildende Kohlenoxyd bleibt, da es nicht entweichen kann, vertheilt in der Masse zurück, und ertheilt dem Kupfer jene blasige Structur. Beim Erkalten darf daher das geschmolzene Kupfer nicht einen Augenblick mit Sauerstoff in Berührung kommen. Es mufs unter der Holzkohle erkalten und liefert dann einen dichten, festen Gufs.

Anders verhält es sich beim Eisen. Hier ist das Ganze nach dem Erstarren unter sonst gleichen Umständen äußerst homogen und dicht. Uebrigens würde das Vorhandenseyn blasig aufgetriebener, mit Gasen angefüllter Räume *eo ipso* ein geringeres specifisches Gewicht bedingen. Das feste Stück ist aber von Hause aus specifisch schwerer als flüssi-

ges Eisen, und dennoch schwimmt es. Aber beim Erhitzen strömen die eingesperrten Gase und Wasserdämpfe mit einer gewissen Kraft aus. Könnte man nun nicht diesem Gasstrome die tragende Kraft zuschreiben? Warum treten denn nicht ähnliche Erscheinungen auch bei anderen Körpern ein, welche nachweisbar noch weit mehr Gase in sich aufgenommen haben. Uebrigens fängt das feste Eisen sehr bald an seiner Oberfläche zu schmelzen an. Dennoch schwimmt es weiter. Die Tragkraft der Gase müßte doch mit dem Aufhören des Ausströmens ebenfalls erlöschen.

Aber das Eisen zeigt sich bei höherer Temperatur sehr permeabel für Gase. Versuche von Sainte-Claire Deville und Troost ergaben, daß Wasserstoff und Stickstoff, nach neueren Versuchen auch Kohlenoxyd, vermöge der endosmotischen Zugkraft der Metalltheilchen durch eine erhitzte Eisenmasse hindurchgehen. Dieselbe wirkt gleichsam wie eine Pumpe, welche die Gase einsaugt und nach Außen leitet. Es ist daher sogar sehr wahrscheinlich, daß bei diesem endosmotischen Einsaugen der Gase das Volumen des Eisens eine Ausdehnung erfährt und zwar mit einer ähnlichen Kraft, mit welcher capillares Eindringen von Feuchtigkeit in dörres Holz erfolgt. Wir hätten demnach nur eine Ausdehnung der Erscheinungen bei tropfbaren Flüssigkeiten auf gasförmige. Wenn auch die Kraft dieses Eindringens bisher keine practische Verwerthung fand, so doch die Thatsache selbst, indem Sainte-Claire Deville ein Eisenrohr in einem Ofen als das wirksamste Mittel empfahl, um die sich entwickelnden Wasserstoff- und Kohlenoxydgase zu entfernen. In Folge dieser mit innerer Nothwendigkeit erfolgenden Volumenzunahme wäre das Schwimmen leicht zu erklären. Es würden daher, um Gewißheit zu erlangen, solche festen Stücke nach einem längeren Contacte mit der heißflüssigen Masse auf specifisches Gewicht und aufgenommene Gase zu untersuchen seyn.

Eine dritte Möglichkeit bliebe noch zu besprechen. Es ist so gut wie gewiß, daß jede Strömung des molecularen

Gleichgewichtes an einem Körper Elektricität hervorruft. Berücksichtigen wir, daß durch Berührung ungleichartiger Moleculé, daß Temperaturdifferenzen selbst eines und desselben Metalles (Stoffes?), daß Druck und Stofs und im entgegengesetzten Sinne Spaltung und Trennung, daß selbst endosmotisches Eindringen von Gasen und Flüssigkeiten in poröse Stoffe, daß chemische Verbindung und Scheidung, daß Lichtstrahlen und Schallwellen als ebenso viele Elektricitätsquellen sich kund geben, so gewinnt die Vermuthung grofse Wahrscheinlichkeit, daß Elektricität nur eine Bewegungserscheinung und daher nur als eine Umwandlung der jedesmaligen Bewegungsform in die specielle der Elektricität aufzufassen sey ¹⁾. Doch sey dem, wie ihm wolle, wir haben in unserem Falle die verschiedensten Elektricitätsquellen mit einander und auf einander wirkend. Mögen die durch Contact oder, wenn man will, durch chemische Action erzeugten elektrischen Ströme (fein zertheilte, innig an einander liegende Kohlen- und Eisentheilchen bilden, Gase durchziehen die Masse) ungerichtet seyn, die thermoelektrischen Ströme, welche in Folge der Temperaturdifferenz zwischen den heifßflüssigen und noch festen kälteren Metalltheilchen in bestimmtem Sinne die Masse durchziehen, wirken richtend auf die Gesamtheit. Welche Schlüsse lassen sich hieraus auf das Schwimmen der Eisenmasse ziehen? Die Theile eines und desselben geradlinigen Stromes stoßen einander ab. Füllt man nämlich eine durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getrennte Wanne mit Quecksilber und läßt in beiden Abtheilungen mit Seide überzogene Kupferdrähte schwimmen, welche an dem einen Ende durch einen die Scheidewand überbrückenden Bogen verbunden sind, werden dann die von den Polen einer Kette kommenden Drähte in den Verlängerungen der Arme in die Abtheilungen einge-

1) Ein näheres Eingehen auf die hier ausgesprochene Ansicht, wobei das Auftreten sog. positiver und negativer Elektricität, die verschiedene Natur des elektrischen Lichtes, die Gesetze elektrischer Spannung eine eingehende Betrachtung finden sollen, sey einem späteren Aufsätze vorbehalten.

taucht, so schwimmt der Kupferdraht auf dem Quecksilberfortgleitend zurück. Dasselbe findet in unserem Falle statt. Auch hier stoßen sich die einzelnen Theilchen desselben Stromes ab. Die Wirkung der an beiden Polen erfolgenden Abstoßung äußert sich nach oben, wohin die feste Masse entweichen ann; sie wird daher durch die repulsirende Kraft sowohl an den + als — Enden getragen. Wenn aber nicht bei allen Körpern in ähnlichen Fällen dieselbe Erscheinung auftritt, so müssen wir bedenken, daß die Richtung und Stärke der erregten Ströme von der Natur der jedesmaligen Substanz abhängt, daß die elektrische Abstoßung je nachdem von der größeren specifischen Schwere überwunden wird. Wir wissen zudem, daß durch elektrische Strömung die Leiter magnetisch werden, und Eisen das *μαγνητικόν* magnetische Metall ist. Auch hat der Trèves'sche Versuch¹⁾ gezeigt, daß eine Gufsmasse von ihrem, einer Temperatur von 1300° entsprechenden flüssigen Zustande bis zur vollständigen Erkaltung stark magnetisch seyn kann. Doch blieben vielleicht in Betreff eines Punktes Zweifel. Daß in Folge der erkannten Ursachen elektrische Differenzen entstehen, ist gewiß; ob dieselben aber durch Strömung sich ausgleichen, darüber könnte man bei der nahen Aneinanderlagerung der Moleculi Scrupel empfinden. Wird aber nicht eine im Kreise aufgeführte Zamboni'sche Säule ebenso gut Ströme zeigen, als wenn die entgegengesetzt erregten Platten durch einen leitenden Draht verbunden sind? Zeigt nicht ein Wismuthring an einer Stelle erhitzt, einen Strom an? Verengen wir den Kreis bis zur Aneinanderlagerung der Theilchen, so sind wir zwar nicht mehr im Stande ein Galvanometer einzuschalten, wenn wir nicht wieder einen Kreis construiren wollen, doch die gerichteten Ströme bleiben in ihrer inneren Wirkung dieselben. Aber selbst im ungünstigsten Falle bleibt die elektrische Differenz, und die einzelnen Theile der offen gedachten Säule stoßen sich ebenso ab; daher das Schwimmen der festen Masse auf der

1) Ueber den Trèves'schen Versuch vergl. die Bemerkung am Schluß.

flüssigen. Doch scheint mir das Vorhandenseyn von Strömen wahrscheinlicher, indem die elektrische Erregung gerade bei der nahen Aneinanderlagerung der Moleculi eine stetige Ausgleichung, die fortdauernde Erwärmung bis zum Schmelzen eine stetige Erregung bedingt.

Welcher von diesen drei Fällen Realität beanspruche, ob sie nicht alle drei zusammenwirkend das Schwimmen hervorbringen, darüber müssen Untersuchungen an Ort und Stelle unterscheiden. Mir fehlten dazu Gelegenheit und Instrumente.

Bemerkung über den Trèves'schen Versuch.

Das Resultat des Trèves'schen Versuches darf wohl als sicher angesehen werden. Ebenso gewiss ist es jedoch, daß ein Magnet durch Erwärmen an Magnetismus verliert. Wie ist dieser scheinbare Widerspruch zu lösen? Durch Annahme thermo-elektrischer Ströme. Nach Peltier's Entdeckung entsteht, wenn durch zusammengelöthete Metalle ein Volta'scher Strom geleitet wird, Erwärmung oder Erkaltung, je nachdem die Richtung dieses Stromes entgegengesetzt oder einerlei ist mit der Richtung jenes thermo-elektrischen Stromes, der durch Erwärmen der betreffenden Löthstelle entsteht. Jeder Volta'sche Strom, welcher einen aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzten Bogen durchzieht, wird daher *eo ipso* in diesem einen thermo-elektrischen Strom entgegengesetzter Richtung erzeugen, welcher schwächend auf den ersten wirkt. Bei künstlich hervorgerufener Erwärmung wird dieser letztere noch verstärkt, und so bei hinreichender Erwärmung der erstere in seiner Wirkung aufgehoben. Beim Erkalten entstehen hingegen thermo-elektrische Ströme derselben Richtung, wie der Volta'sche. Es wird dadurch also nicht nur der natürliche thermo-elektrische aufgehoben, sondern noch die Wirkung des Volta'schen vermehrt.