I. *Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten;
von G. Magnus¹⁾.*

1. **W**iewohl das Gebiet der Physik durch die experimentellen Untersuchungen, welche von den verschiedensten Seiten unternommen werden, sich täglich erweitert, so ist doch das, was wir bis jetzt von der Bewegung der Flüssigkeiten wissen, noch sehr mangelhaft und es fehlt fast ganz an Untersuchungen, die dazu dienen könnten, unsere Kenntniss von diesen Erscheinungen zu erweitern. Offenbar hat dieß seinen Grund nicht darin, daß es an Interesse für dieselben fehlt, denn was kann interessanter seyn, als die Gesetze der Bewegung von einer Substanz kennen zu lernen, die wie das Wasser uns täglich umgiebt, sondern die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen überwunden werden müssen, lassen kein günstiges Resultat erwarten. Diese Schwierigkeiten liegen theils in der Größe der erforderlichen Apparate und der Unannehmlichkeit mit großen Flüssigkeitsmassen zu operiren, vorzüglich aber in dem gänzlichen Mangel der Methode um dergleichen Beobachtungen anzustellen oder gar Messungen auszuführen. Vielleicht dürften solche Rücksichten den folgenden Versuchen eine günstigere Beurtheilung verschaffen.

2. So viel ich weiß war Venturi der Erste, welcher behauptet hat, daß bei der Bewegung von Flüssigkeiten eine seitliche Mittheilung dieser Bewegung stattfindet, wenigstens ist er als derjenige zu betrachten, der sich bemühte durch Versuche diese Ansicht zu begründen, die seitdem vielfach Eingang gefunden hat. Zwei Versuche sind es, die

1) Aus den Schriften der k. Acad. der Wissenschaften für 1848.

er gleich im Anfange seiner Schrift „*Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides*“ als die eigentlichen Stützen seiner Ansicht auführt. Er behauptet nämlich, daß wenn man einem, aus einem Gefäße ausfließenden Wasserstrahle, einen sehr beweglichen Körper nähert, dieser von der Luft, welche mit dem Strahle fortströmt, mit fortgetrieben werde. Ich habe diesen Versuch unter verschiedenen Umständen wiederholt, bin aber zu andern Resultaten als Venturi gelangt.

3. Bekanntlich zeigt sich ein Wasserstrahl von da, wo er die Oeffnung des Gefäßes verläßt, bis zum Maximum seiner Contraction als eine feste zusammenhängende Masse, sodann bildet er mehrere auf einander folgende Anschwellungen, und darauf trennt er sich in einzelne Massen. Das empfindlichste Mittel, was man anwenden kann, um zu sehen, ob die Luft von einem solchen Strahle mit fortgerissen werde, ist offenbar eine Lichtflamme. Allein wie nahe ich auch dieselbe dem Strahle bringen mochte, so konnte ich bei dem Theile desselben, der noch vollkommen durchsichtig ist, keine Bewegung, selbst nicht ihrer Spitze beobachten. Erst bei der zweiten oder dritten Anschwellung begann dieselbe, und ward stärker, wenn die Flamme neben den unteren, sich schon trennenden Theil des Strahls gebracht wurde, wo sie sich heftig bewegte, aber auch gewöhnlich bald erlosch, indem einzelne Wassertheilchen auf den Docht geschleudert wurden. Diefs ist der Vorgang, wenn der Strahl sich ruhig bewegt. Schwankt derselbe aber, was häufig der Fall ist, dann ist die Flamme überhaupt unruhiger, und wird schon an einer früheren Stelle mit fortbewegt.

Würde die Luft in Folge der Adhäsion von dem Wasser mit fortgerissen, so müßte diese Wirkung da, wo die Geschwindigkeit des Strahls am größten ist, auch am stärksten seyn. Da diefs nicht der Fall ist, da andererseits die Beugung der Flamme mit der schwankenden Bewegung des Strahls zunimmt, so ist Grund zu vermuthen, daß wenn alle Schwankungen des Strahls fortfallen (was indeß viel-

leicht gar nicht zu erreichen möglich ist), daß alsdann gar keine Beugung der Flamme mehr statt hat.

4. Der andere Versuch, auf welchen Venturi seine Ansicht stützt, ist folgender: Eine cylindrische Röhre AC geht horizontal in einen Kasten $BEFD$ Fig. 1. Tafel I., der bis DB mit Wasser angefüllt ist. Ihr gegenüber, ein wenig von ihrem Ende C entfernt, ist ein kleiner rechtwinkliger Kanal von Blech $SMBR$ angebracht, dessen oberer Theil SR offen ist, und dessen Boden MB auf dem Rande des Kastens B ruht, so daß er also von M nach B steigt. Läßt man nun Wasser durch die Röhre AC in den Kasten mit einiger Geschwindigkeit einströmen, so steigt der Wasserstrom den kleinen Kanal MB hinauf und ergießt sich aus dem Kasten durch den Strahl V . Zugleich entsteht in dem Wasser des Kastens $BDEF$ eine Bewegung, dasselbe tritt in den Kanal SR , und geht mit dem Strahle AC fort, so daß seine Oberfläche in wenig Sekunden bis nach MH , dem unteren Rande des Kanals, sinkt.

5. Vor einiger Zeit hat der Prof. v. Feilitzsch eine sinnreiche Abänderung dieses Versuchs veröffentlicht ¹⁾. Er benutzt dazu ein Blechgefäß $EDFG$ Fig. 2. Tafel I., das in der Mitte seiner Länge eine Scheidewand HI hat. In derselben ist möglichst nahe dem Boden eine cylindrische Röhre ABC aus Blech von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge befestigt, die an beiden Enden offen ist. Innerhalb dieser Röhre in der Nähe der einen Oeffnung BC mündet die verticale Ausflußöffnung a eines horizontalen, nach vorn sich verengenden Fortsatzes ab von einem senkrechten, 6 Fuß langen Rohre bh , welches oben mit einem Wasserbehälter verbunden ist. Die beiden Abtheilungen des Gefäßes stehen nur durch die Röhre ABC mit einander in Verbindung. Wurden sie bis zu dem bei K angebrachten Abfluß mit Wasser gefüllt, so war im Zustande der Ruhe die Oberfläche des Wassers in beiden in derselben Horizontalebene. Floss jedoch durch die Oeffnung a Wasser

1) Pogg. Ann. Bd. LXIII. S. 216.

in das Gefäß, so begann das Niveau in der Abtheilung *FGHI* zu sinken.

6. Bei Wiederholung dieses Versuchs bemerkte ich, daß das Wasser unter geeigneten Umständen bis zu der communicirenden Röhre *ABC* sank, und daß zuweilen sogar Luft mit dem Wasser durch dieselbe geführt wurde. Dadurch kam ich auf den Gedanken, daß es möglich seyn müsse, das Ausfließen von Wasser aus einem Gefäße mit ziemlich weiter Oeffnung dadurch gänzlich zu verhindern, daß man einen Wasserstrahl, dessen Durchmesser viel geringer als der der Oeffnung des Gefäßes ist, gegen das in dieser Oeffnung befindliche Wasser strömen läßt.

Dies hat sich auch vollkommen bestätigt. Ich will zunächst beschreiben, wie ich den Versuch angestellt habe.

7. Aus einem Gefäße, das beständig mit Wasser voll erhalten wurde, ging eine 7 Fuß lange Röhre senkrecht hinab; dieselbe war an ihrem unteren Ende rechtwinklich gebogen, so daß sie einen horizontalen Wasserstrahl lieferte. Dieser strömte in ein Gefäß *A*, Fig. 3, das etwa 8 Zoll weit und 10 Zoll hoch war, und nahe am Boden eine seitliche Oeffnung hatte, in der eine Glasröhre *de* horizontal befestigt wurde.

Die Röhre war selten kürzer als 6 Zoll, und das Gefäß *A* war gewöhnlich so aufgestellt, daß die vordere Oeffnung derselben *e* auch etwa 6 Zoll von der Ausflußöffnung *f* entfernt war.

Bei einem Durchmesser der Oeffnung *f* von 3^{mm}, und einem Durchmesser der Röhre *de* von 12^{mm}, also bei einem Verhältnisse der Durchmesser von 1 : 4, stieg das Wasser in *A* bis zur Höhe von 250^{mm} oder etwa 10 Zoll ohne daß auch nur ein Tropfen Wasser bei *e* ausfloß. War der Durchmesser von *de* größer, so begann ein Theil des Wassers schon auszufließen, bevor der Stand desselben in dem Gefäße *A* jene Höhe erreicht hatte, und zwar um so mehr, je weiter *de* war. Es versteht sich jedoch von selbst, daß die erwähnten Zahlen sich nur auf die angeführte Druckhöhe beziehen. Sie sind erhalten, während der Strahl aus

einer Oeffnung in einer dünnen Wand hervorging. Ist dieß nicht der Fall, so ändern sich die Verhältnisse.

Während des Versuchs findet ein gewaltiges Schäumen in der Röhre *de* statt. Da die Flüssigkeit in *A* durch das eintretende Wasser unvermeidlich in Schwankungen geräth, so thut man gut diese Röhre *de* nicht zu kurz zu wählen. Es ist dabei ziemlich gleichgültig ob dieselbe etwas mehr oder weniger von der Ausflußöffnung *f* des Wasserstrahls entfernt ist.

Ich habe es mir nicht zur Aufgabe gestellt zu untersuchen, wie das Verhältniß der Ausflußöffnung und der Röhre gewählt werden muß, um das Maximum der Höhe in *A* zu erhalten, ohne das Wasser ausfließt; allein es scheint mir, daß dieses Verhältniß nicht constant ist, und daß bei zunehmender Weite der Ausflußöffnung der Durchmesser der Röhre nicht in demselben, sondern in einem geringeren Verhältnisse zunehmen muß. Wahrscheinlich hat dieß seinen Grund in der heftigeren Bewegung, in welche die Flüssigkeit in *A* bei Anwendung eines stärkeren Wasserstrahls geräth.

8. Der Versuch wurde so abgeändert, daß ein verticaler Wasserstrahl von unten in ein Gefäß eintrat, das in seinem Boden eine Oeffnung hatte, in der sich eine verticale Röhre befand. Wenn aber hierbei kein Wasser abfließen sollte, so mußte das Verhältniß der Durchmesser der Ausflußöffnung und der Röhre viel geringer, etwa das von 1 zu 2 seyn; ohne Zweifel deshalb, weil die Bewegung der Flüssigkeit hier von einem noch störenderen Einfluß ist, als bei den Versuchen mit der horizontalen Röhre.

9. Es schlossen sich diese Erscheinungen unmittelbar an diejenigen, welche durch die vortrefflichen Untersuchungen von Felix Savart über das Verhalten eines Wasserstrahls, der gegen eine feste Ebene strömt ¹⁾, bekannt sind. Durch dieselben kennt man auch den Vorgang, welcher stattfindet, wenn zwei Wasserstrahlen von entgegen-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. Tom. LIII. p. 337.*

gesetzter Richtung einander treffen ¹⁾). Ich habe diese schönen Versuche wiederholt. Wenn zwei Strahlen von gleichem Durchmesser und von gleichem Drucke einander so treffen, daß sie eine gemeinschaftliche Tangente haben, so bewegt sich das Wasser in einer Ebene, welche senkrecht gegen diese Tangente ist, und bildet eine fast kreisrunde durchsichtige Scheibe, Fig. 4. Taf. I., die von einem durchsichtigen Rande concentrisch umgeben ist, welcher letztere offenbar dadurch entsteht, daß das Wasser zu einzelnen getrennten Massen sich zusammenzieht, die radial nach allen Richtungen fortgeschleudert werden.

Sind die Axen der beiden Strahlen, oder die Tangenten in dem Punkte, wo beide zusammentreffen, zwar parallel, fallen sie aber nicht in dieselbe gerade Linie, indem z. B. der eine Strahl ein wenig höher als der andere liegt, so bewegt sich das Wasser unverändert in einer Ebene, dieselbe ist aber geneigt gegen die Tangente der Strahlen.

Bleiben die Querschnitte beider Strahlen dieselben, der eine wird aber mit einer größeren Kraft bewegt als der andere, so verwandelt sich die Ebene in eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des mit geringerer Kraft bewegten Strahles liegt. Wird der Unterschied des Drucks größer, so schließt sich diese gekrümmte Fläche, und je größer dieser Unterschied wird, um so stärker ist die Krümmung derselben an der Stelle, wo die beiden Strahlen zusammenstoßen. Wenn die Querschnitte der Strahlen verschieden sind, so bildet sich, so lange der Druck für beide gleich bleibt, auch eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des Strahles von geringerem Durchmesser liegt. Wenn aber außerdem die Geschwindigkeiten, mit welcher diese Strahlen sich bewegen, oder die Drucke, durch welche sie hervorgebracht werden, verschieden sind, und wenn namentlich der des Strahles von geringerem Durchmesser größer ist, so bildet sich zwar auch eine gekrümmte Fläche, deren Scheitel jedoch,

1) Dasselbst *Tom. LV. p. 257.*

wie Savart angiebt ¹⁾, so lange das Verhältniß der Querschnitte der Strahlen nicht größer als das von 1 zu 4 ist, dicht an der Ausflußöffnung des weiteren Strahles liegt. Für ein größeres Verhältniß findet sich bei Savart keine Angabe.

Ist aber der Unterschied des Druckes hinreichend groß, so dringt, wenn das Verhältniß der Durchmesser 1 : 4 oder auch etwas größer ist, der engere Strahl ganz in das Gefäß mit weiter Oeffnung ein.

10. In dem oben §. 7. beschriebenen Experimente findet dieser Fall statt. Es wirken hier gleichsam zwei Strahlen gegen einander, indem das Wasser in der cylindrischen Röhre als ein weiter Strahl von geringerem Drucke betrachtet werden kann. Offenbar würde sich in dieser Röhre ebenfalls eine gekrümmte Fläche bilden, welche in sich geschlossen ist, wenn nicht noch andere Umstände mitwirkten, durch welche statt derselben eine Menge kleiner, in sich geschlossener, Flächen entstehen. Diese bringen die Erscheinung des Schäumens hervor.

11. Um diese Erscheinung weiter zu verfolgen, habe ich den Wasserstrahl gegen eine halbkugelförmige Vertiefung von Metall strömen lassen. Auch hierbei erhält man, bei einem bestimmten Drucke des Strahls und einer gewissen Größe des halbkugelförmigen Gefäßes, eine eiförmig in sich geschlossene Wasserfläche ²⁾. Je nachdem man nun die halbkugelförmige Vertiefung dreht, fällt die Axe dieser Fläche, oder wenigstens der Punkt, in welchem die Vereinigung des Wassers stattfindet, nach der einen oder der andern Seite des Strahls, etwa so wie es in Fig. 5. Taf. I. dargestellt ist. Der ankommende Strahl geht alsdann durch die Fläche hindurch ohne die Bildung derselben zu stören.

1) a. a. O. p. 281.

2) Zu diesen Versuchen bediente ich mich einer halbkugelförmigen Vertiefung von 24^{mm} Durchmesser, und ließ gegen dieselbe einen Strahl, der aus einer Oeffnung von 3^{mm} Durchmesser unter einem Druck von 2,3 Mètres hervortrat, etwa in 0,5 Mètre Entfernung von der Ausflußöffnung wirken.

Man kann indess die Halbkugel so drehen, daß das Wasser sich an einer, in der Richtung des Strahls liegenden Stelle zu vereinigen sucht, dann wird es dort von dem ankommenden Strahle wieder getroffen, und hierdurch entsteht ein eigenthümliches Schäumen und Umherschleudern der Wassertheile, das in Fig. 6. Taf. I. abzubilden versucht ist.

Daß bei einem solchen Vorgange, namentlich wenn er innerhalb einer Röhre stattfindet, deren Durchschnitt nicht größer ist als der der gekrümmten eiförmigen Fläche, alles gegen den engen Strahl zurückgeworfene Wasser von diesem aufgehalten, und, indem sich eine neue Fläche der Art erzeugt, mit demselben zurückgeführt werde, ist wohl begreiflich. Dadurch kann man sich auch vorstellen wie das Ausfließen einer Flüssigkeit aus einem Gefäße mit weiter Oeffnung durch einen Strahl von viel geringerem Durchmesser aufgehalten wird; und dadurch ist auch erklärlich, daß es zu der wirklichen Bildung einer einzigen größeren Fläche nicht kommen kann, sondern daß diese, wie schon gesagt, durch das immer zurückgeführte Wasser sich in eine Menge kleiner in sich geschlossener Flächen theilt, welche den Schaum bilden.

12. Um aber eine bestimmtere Vorstellung von diesem Vorgange zu erhalten, habe ich den Versuch noch so abgeändert, daß das Rohr *de* Fig. 7. Taf. I. mit einem rechtwinklig nach oben gebogenen Ansatz *mn* in der Mitte versehen ward, so daß das ganze Rohr die Gestalt eines umgekehrten T erhielt. Der Ansatz *mn* war so angebracht, daß die Stelle *k* wo der eindringende dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, zwischen *d* und *m*, und zwar sehr nahe bei *d* lag. Wurde nun Wasser durch den Ansatz *mn* gegossen, so floß nichts bei *e* ab, sondern alles bei *m* eintretende Wasser wurde sogleich bis nach *k* zurück gedrückt, und dieß fand selbst noch statt, wenn das Rohr *de* ziemlich weit war.

Die Stelle *k*, bis zu welcher der ankommende Strahl das Wasser in der Röhre zurückdrängt, ändert sich zwar

je nachdem derselbe genau in der Axe der Röhre oder mehr nach unten oder oben strömt; allein abgesehen hiervon ist ihre Lage bedingt, sowohl durch das Bewegungsmoment des dünnen Strahls, als auch durch das des Wassers, das aus dem Gefäße *A* abzufließen sucht. Ändert sich daher der Druck in *A*, steigt z. B. das Wasser in diesem Gefäße, während der Druck des dünnen Strahls constant bleibt, so rückt *k* mehr nach der Ausflußöffnung *e*.

Bleibt hingegen das Niveau der Flüssigkeit in *A* constant, so daß beide Drucke ungeändert bleiben, so kann die Stelle *k*, wo die Wassermassen einander treffen, sich noch dadurch ändern, daß der Druck der Luft bei *k* sich ändert.

13. In das T förmige Rohr *demn* Fig. 8. Taf. I., das in das Gefäß *A* bei *d* eingesetzt ist, wurde die enge Röhre *fg*, aus welcher der dünne Wasserstrahl hervorging, so eingeführt, daß der Ausfluß *f* nahe bei *m* lag. Sodann wurde die Oeffnung bei *e* luftdicht an den Kork *g* befestigt, und bei *n* ein Rohr angesetzt, das mit einer geräumigen, aber leeren Flasche *B* in Verbindung stand. Aus der Flasche ging ein gebogenes Rohr *op* heraus, das mit seinem unteren Ende *p* in einen kleinen, mit Quecksilber oder einer gefärbten Flüssigkeit gefüllten Cylinder *Q* tauchte. Erhielt man nun den Wasserstand bei *A* constant, so stieg die Flüssigkeit in der Röhre *op*, indem Luft mit dem Wasser bei *k* fortgeführt wurde. Aber in dem Maasse, als dies Steigen stattfand, rückte auch die Stelle *k*, wo der dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, mehr nach *m* hin, und sobald sie hier angekommen war, füllte sich das Stück *mf* mit Wasser, und dasselbe trat in *mn* hinauf. Es ist einleuchtend, daß dann das Schäumen aufhörte.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, daß das Resultat dasselbe war, wenn die Flasche *B* weggelassen und die Röhre von *n* direct in das Quecksilber geführt wurde, nur fand der Vorgang dann so rasch statt, daß man ihn nicht verfolgen konnte.

14. Läßt man auch das Gefäß mit Quecksilber fort, so daß auf das Wasser in der Röhre mn der Druck der Atmosphäre wirkt, und vertauscht die enge Röhre fg , durch welche das Wasser einströmt, mit einer weiteren, so kann man diese so wählen, daß keine Luft bei m mehr eintritt, sondern das ganze Rohr de mit Wasser erfüllt bleibt. Bei einem gewissen Verhältnisse der Durchschnitte der Röhren fg und ed steht alsdann das Wasser in der Röhre mn niedriger als in dem Gefäß A . Es findet also dann bei m ein geringerer Druck statt als bei d . Wählt man die Röhre fg noch weiter, so steigt die Flüssigkeit in mn , und kann unter geeigneten Verhältnissen darin viel höher stehen als in dem Gefäße A .

Dasselbe kann man erreichen wenn man, statt die Röhre fg zu ändern, die Geschwindigkeit vermindert, mit welcher das Wasser durch die unveränderte Röhre fg hindurch geht. Es ergibt sich hieraus, daß der Druck bei m abhängig ist, sowohl von der Geschwindigkeit als auch von dem Verhältnisse der Durchschnitte der beiden Röhren fg und de ¹⁾).

Wenn die Oeffnung f der engen Röhre, durch welche das Wasser einströmt, nicht bis zu der Stelle reicht, wo bei m die rechtwinklich aufwärts führende Röhre mn angebracht ist, sondern so weit von dieser Stelle entfernt ist, daß das Wasser, wenn es bei m ankommt, sich schon durch ein Stück der Röhre de bewegt hat, ohne seinen Querschnitt und also auch ohne seine Geschwindigkeit zu ändern, so steigt das Wasser in der Röhre mn , und steht in derselben höher als in dem Gefäße A .

- 1) Ganz ähnliche Erscheinungen erhält man, wenn Luft aus einer engeren in eine weitere, mit ihr festverbundene Röhre strömt, aus der sie am entgegengesetzten Ende wieder entweichen kann. Sind die Röhren nämlich horizontal und führt aus der weiteren, da wo die engere in sie einmündet, eine Röhre rechtwinklich in ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber hinab, so steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, sobald die Luft mit hinreichender Geschwindigkeit aus der engeren in die weitere Röhre geblasen wird.

15. So lange das Schäumen in der Röhre *de* noch stattfindet, sieht man auch Luftblasen in das Gefäß *A* eintreten. Indem nämlich die ganze Wassermasse der Röhre sich in dieß Gefäß hineinbewegt, wird die, durch das Schäumen eingeschlossene Luft mit hineingeführt. In welchem Maasse dieß letztere stattfindet, kann man deutlich beobachten, wenn man die Röhre *de* Fig. 9. Taf. I. von Glas und von ziemlicher Länge, etwa 2 Fufs lang wählt. Man sieht alsdann die Flüssigkeit in dem vorderen Theile bei *k* schäumen, von da aber fließt sie, oder wird sie nach *d* hinbewegt, während oben auf derselben kleine Luftbläschen mit fortgeführt werden. Dieß findet sogar statt, wenn die Röhre *de* eine solche Neigung hat, daß der Schaum sich abwärts bewegen muß, indem das Ende *d*, mit welchem sie in dem Gefäße *A* befestigt ist, tiefer als die Oeffnung bei *e* liegt.

Das Eintreten solcher Luftblasen mit dem Wasser hat schon Savart beobachtet, ohne jedoch dieser Erscheinung weitere Aufmerksamkeit zu schenken. Ich glaube indess, daß sie nicht ganz unwichtig ist. Wer hat nicht schon bei dem Eingießen von Wasser in ein Glas die Luftblasen beobachtet, die dabei entstehen, und doch ist diese, seit Menschengedenken beobachtete Thatsache noch nicht erklärt, oder mindestens sind die vorhandenen Erklärungen nicht genügend.

16. Venturi ist, wie schon in §. 2. erwähnt worden, der Ansicht, daß der Wasserstrahl die Luft mit sich fortreißt. Hiernach würde sie gleichsam in Folge einer Reibung in das Wasser mit hinabgeführt werden. Allein wenn man ein Mal diese Erscheinung mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet hat, so kann man eine solche Erklärung unmöglich zugeben, denn es ist gar nicht denkbar, daß die Luft mit solcher Kraft an dem Strahle haften, daß sie von diesem bis weit unter die Oberfläche des Wassers hinabgerissen werde.

17. Um aber diese Ansicht vollständig zu widerlegen, liefs ich aus einem Gefäße mittelst einer Röhre einen Strahl senkrecht ausfließen, und brachte die Oberfläche der Flüs-

sigkeit, welche er treffen sollte, so an, daß sie von dieser Röhre fast berührt wurde. Auch hierbei entstanden Luftblasen im Innern der Flüssigkeit. Auf dem kurzen Wege von etwa 1^{mm} , den der Strahl in diesem Versuche durch die Luft zurücklegte, konnte der letzteren unmöglich durch Reibung eine so starke Bewegung mitgetheilt seyn, daß sie bis tief unter die Oberfläche des Wassers hinabzudringen vermochte.

18. Savart hat die Behauptung aufgestellt, daß der Strahl einer Flüssigkeit zwar bis zum Maximum seiner Contraction eine zusammenhängende Masse bilde, aber von da ab aus einzelnen getrennten Massen bestehe, welche, indem sie ihre Gestalt periodisch ändern, die abwechselnden Anschwellungen des Strahls hervorbringen. Man könnte glauben daß die Luftblasen, welche beim Eindringen eines Strahls in eine Flüssigkeitsmasse entstehen, von Luft herrühren, welche zwischen diesen einzelnen getrennten Massen des Strahls enthalten ist. Allein wenn man einen Wasserstrahl, der mit einigem Drucke ausfließt, die Oberfläche von Wasser treffen läßt, noch bevor er das Maximum seiner Contraction erfahren hat, so bilden sich die Blasen gleichfalls, und hierdurch wird diese Ansicht, abgesehen von anderen Einwendungen, vollkommen widerlegt.

19. Es scheint dießs Phänomen davon herzuführen, daß der Flüssigkeitsstrahl da, wo er die Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit trifft, eine Vertiefung bildet. Diese schließt sich, sobald die Oberfläche der Flüssigkeit in die geringste Schwankung geräth, und enthält dann Luft im Innern, die von dem sich bewegenden Wasser in die Tiefe mit hinabgeführt wird.

20. Bewegt sich ein Strahl continuirlich gegen die Oberfläche einer Flüssigkeit, so kann man die Vertiefung, welche rund um den Strahl sich bildet, deutlich sehen. Allein sie schließt sich gewöhnlich so schnell, und es tritt so schnell eine neue an ihre Stelle, daß man die Art, wie die Luft eingeschlossen wird, nicht weiter verfolgen kann.

21. Ich habe indess Gelegenheit gehabt zu beobach-

ten, dafs wenn ein Strahl in einiger Entfernung von seiner Ausflufsöffnung und bevor er das Maximum der Contraction erreicht hat, eine Wasserfläche trifft, die vollkommen ruhig ist, sich bisweilen eine ziemlich bedeutende Vertiefung rund um den Strahl bildet, ohne dafs Luft in das Wasser eindringt. Sobald aber alsdann die geringste Bewegung auf der Oberfläche entsteht, so wird sogleich Luft mit hinabgeführt. Setzt man z. B. die Oberfläche dadurch in Bewegung, dafs man in einiger Entfernung von dem Strahl einzelne Tropfen aus einer Höhe von wenigen Zollen auf das Wasser fallen läfst, die für sich allein keine Luft unter die Oberfläche der Flüssigkeit führen würden, so tritt, sobald der Tropfen auffällt, jedesmal ein zischendes Geräusch da ein, wo der Strahl die Oberfläche trifft, und zugleich sieht man kleine Luftblasen mit dem Strahle in die Flüssigkeit hinabdringen.

22. Dasselbe geschieht, wenn die Continuität des Strahls unterbrochen wird, etwa indem man einen festen Körper durch denselben hindurch bewegt. Ja selbst wenn nur ein kleines Bläschen von Luft in dem Strahle enthalten ist, so stellt sich dies Geräusch ein, und zugleich wird eine gröfsere Menge von Luft durch den Strahl hinabgerissen. Eben dasselbe findet statt, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit in unregelmässige Bewegung geräth, und dann zeigt sich bisweilen ein aufserordentlich heftiges Eindringen von Luft. Es hat dabei das Ansehen, als ob sich ein trichterförmiger Strudel um den Strahl bildet, durch welchen die Luft in drehender Bewegung hinabgeführt wird. In dieser Art beobachtet man die Erscheinungen nämlich, wenn der Strahl mit dem Drucke einer Wassersäule von 10 Fufs ausströmt und die Oberfläche des Wassers in einem 2 Fufs weiten Gefäfse trifft. Hiernach scheint mir die in §. 19. gegebene Erklärung von dem Eindringen der Luftblasen in eine Flüssigkeit keinem Zweifel zu unterliegen.

23. Bei Betrachtung der Bewegung, welche stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz durch eine Oeffnung einströmt, welche sich in einiger Tiefe un-

ter der Oberfläche der letzteren befindet, schien es mir zunächst wünschenswerth durch Versuche zu ermitteln, ob die Wirkung, welche das einströmende Wasser gegen einen Widerstand leistenden Körper ausübt, mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung sich ändere oder nicht. Ich habe diese Versuche auf die Weise ausgeführt, daß eine Platte unter Wasser senkrecht gegen die Richtung des auf die eben erwähnte Weise entstehenden Strahls (wenn man sich dieses Ausdrucks bedienen darf) angebracht und die Kraft gemessen wurde, mit welcher das Wasser dieselbe zu bewegen suchte.

Um zu ermitteln, in wie weit es nöthig ist, daß die Platten, welche benutzt werden sollten, vollkommen eben sind, wurden zunächst Versuche in der Luft angestellt, und um dabei das Resultat unabhängig von der Schwere des Wassers zu erhalten ein horizontaler Strahl benutzt. Die Einrichtung des Versuches war folgende:

24. An den Balken einer Waage *FG* Fig. 10. Taf. I. war in der Mitte ein verticaler Stab *ab* von Metall geschraubt, und an diesem die Platte *cd* so befestigt, daß dieselbe gleichfalls vertical und senkrecht gegen die Richtung des Strahls war. Wenn alsdann der Waagebalken horizontal war und es wurde gegen die Mitte der Platte der Strahl gerichtet, so drängte dieser dieselbe zurück. Allein durch Auflegen von Gewichten konnte man die Waage in ihre Gleichgewichtslage zurückführen, und so die Kraft bestimmen, mit welcher die Platte der Bewegung des Strahls Widerstand leistete.

Hierauf wurden 2 vollkommen ebene Platten, die eine von 9^{mm} und die andere von 24^{mm} Durchmesser, nach einander bei *b* befestigt, und während dieselben sich in der Luft befanden, wurde ein horizontaler Wasserstrahl senkrecht gegen ihre Mitte gerichtet. Sodann wurden diese ebenen Platten mit concaven Halbkugeln vertauscht, deren Durchmesser genau gleich war dem Durchmesser der Platten, und der jedesmal stattfindende Druck gemessen. Derselbe ergab sich bei einer Druckhöhe von 2 Meter in ei-

nem Abstände von 100^{mm} von der Ausflußöffnung f , welche in einer dünnen Wand aus Blech angebracht war und 3^{mm} im Durchmesser hatte, für

	die Platte	die Halbkugel
von 9^{mm} Durchmesser zu	22 Grammes	42 Grammes.
„ 24^{mm} „ „	23 „	38 „

25. Dieser gröfsere Druck bei den Halbkugeln beruht offenbar darauf, dafs das Wasser des Strahls, der dieselben in der Mitte trifft, sich zur Seite bewegt, und dadurch gegen die halbkugelförmige Wand noch einen Druck ausübt. Dafs dies wirklich so ist, ergibt sich schon aus der Art, wie das Wasser von den Halbkugeln von verschiedenem Durchmesser zurückgeworfen wird. Während dasselbe nämlich von der von 9^{mm} fast parallel mit dem ankommenden Strahl zurückkommt, bildet es, zurückgeworfen von der von 24^{mm} , eine gekrümmte Oberfläche, von ähnlicher Gestalt wie die in Fig. 5. Taf. I., deren grösster Durchmesser etwas gröfser als der der Halbkugel ist.

Hieraus erklärt sich auch, weshalb bei der gröfseren Halbkugel die bewegende Kraft geringer ist, als bei der kleinen, während doch die Fläche, gegen welche der Druck ausgetübt wird, gröfser ist. Es zerlegt sich nämlich der seitliche Druck bei dem gröfseren Krümmungshalbmesser so, dafs ein geringerer Theil desselben in der Richtung des ursprünglichen Strahls wirkt, als bei dem kleineren Halbmesser. Nur bei ganz ebenen Platten erhält man den Antheil der Bewegung allein, welcher in der Richtung des Strahls stattfindet. Deshalb wurden zur Ermittlung der Quantität der Bewegung nur solche Platten benutzt.

26. Die übrige Einrichtung war folgende: Aus einem Gefäfse, in welchem der Wasserstand dadurch unveränderlich erhalten wurde, dafs aus einem darüber befindlichen Behälter mehr Wasser zu, als unten abflofs, führte ein vertikales Rohr MN Fig. 10. Taf. I., das bei M rechtwinklig gebogen war. Dasselbe hatte im Innern einen Durchmesser von 1 Zoll, und trug an seinem horizontalen Theile bei O eine Hülse von Metall, in deren Mitte sich die Aus-

flußöffnung befand, welche bei allen diesen Versuchen kreisrund war, und bei den meisten einen Durchmesser von 3^{mm} hatte. Das Stück *MO* dieses Rohrs befand sich mit der Platte *cd* in einem großen Gefäße *ABCD*, das 4 Fufs lang, 3 Fufs breit und 16 Zoll hoch war; dasselbe war ganz mit Wasser gefüllt, und durch einen in einer bestimmten Höhe angebrachten Abflufs *gh* wurde der Stand des Wassers unveränderlich erhalten. Die Waage mit ihrer Platte war zwischen zwei Leisten *HI* so verschiebbar, daß sie sich immer parallel mit sich selbst bewegte. An diesen Leisten war eine Theilung angebracht, um den Abstand der Platte *cd* von der Ausflußöffnung *f* messen zu können. Bevor das Gefäß *ABCD* mit Wasser gefüllt wurde, überzeugte man sich, daß der durch die Luft gehende Strahl die Platte in ihrem Mittelpunkt traf. Für die geringen Entfernungen, welche hier in Betracht kommen, glaubte ich die Richtung des Strahls unter Wasser als unverändert ansehen zu dürfen, besonders da derselbe sich in dem gleichartigen Medium bewegte.

27. Wendet man bei diesem Versuche Platten von verschiedenem Durchmesser an, so nimmt die Kraft, welche nothwendig ist, um bei unveränderter Entfernung von der Ausflußöffnung die Waage im Gleichgewicht zu erhalten, mit der Gröfse der Platten zu, jedoch nur bis zu einer bestimmten Gränze; über diese hinaus bleibt sie unverändert. Wurden daher ziemlich große Platten benutzt, so war man sicher die ganze Gröfse der Wirkung zu erhalten. Die kleinste Platte, welche ich angewendet habe, hatte 100^{mm} Durchmesser. Die folgende Tabelle enthält einige von den Bestimmungen, welche mit Platten von verschiedener Gröfse erhalten worden sind.

Ho-

Horizontaler Strahl¹⁾.

Oeffnung.	Druck- höhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zu- rückzuführen.		
In dünner Vwand. Durchmesser 3mm.	6' 10" Rhl. = 2,145 Mètres	100mm	20mm	No. I.	No. II.	No. III.
			50	20,0	20,0	20,0
			100	21,0	21,0	20,75
			150	21,5	21,5	21,5
			200	21,5	21,5	21,5
Desgl.	Desgl.	150mm	20mm	No. IV.	No. V.	No. VI. ²⁾
			50	20,0	20,0	18,0
			100	21,0	21,0	19,0
			150	22,0	22,5	20,0
			200	23,0	23,5	20,0
			250	23,0	23,5	21,0
			300	23,0	23,0	21,0
In Messing von 1mm Dicke. Durchm. 3mm.	7' 1½" Rhl. = 2,229 Mètres.	200mm	20mm	No. VII.	No. VIII.	
			50	16,0	16,2	
			100	16,7	16,7	
			150	18,0	18,0	
			200	18,0	18,0	
			250	17,5	17,7	
Glas- röhrchen von 10mm Länge. Durchmesser nahe 3mm.	Desgl.	150mm	20mm	No. IX.		
			50	21		
			100	21,6		
			150	23,2		
			200	23,3		
			250	23,3		
Glas- röhrchen von 20mm Länge. Durchmesser etwas weniger als 3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm	No. X.		
			50	14,3		
			100	14,9		
			150	15,2		
			200	15,4		

1) Die Temperatur des Wassers schwankte bei diesen Versuchen sehr wenig, sie war sehr nahe 14° C.

2) Bei dieser Beobachtungsreihe war die Richtung der Hülse etwas verändert, und die Axe des Strahls nicht ganz senkrecht gegen die Platte.

28. Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Wirkung gegen die Platte mit der Entfernung derselben von der Ausflußöffnung zunimmt, und zwar bis zu einem Abstände von 150 Millimètres. Bei allen Versuchen wurde ein ähnliches Resultat erhalten. Kein einziger, und ich habe deren viele, aufser den hier mitgetheilten, angestellt, zeigte innerhalb des Abstandes von 100 Millim. eine Abnahme. Allein die Zunahme war nicht immer gleich, und ich überzeugte mich, daß die Schwankungen davon herrührten, daß es nicht möglich war die Hülse, in der die Ausflußöffnung sich befindet, immer so anzubringen, daß die Richtung des Strahls, selbst innerhalb dieser geringen Entfernung genau dieselbe blieb.

29. Um diese Unsicherheit zu vermeiden, wurde der Versuch so abgeändert, daß der Strahl vertical war und gegen eine horizontale Platte sich bewegte. Zu dem Ende wurde diese mittelst drei feinen Drähten von 3 Fuß Länge an dem einen Ende des Waagebalkens befestigt. Die Waage selbst aber befand sich an einem Gestelle, durch welches sie auf und nieder bewegt werden konnte, wobei jedoch der Mittelpunkt der Platte stets senkrecht unter der Oeffnung blieb, durch welche das Wasser ausfloß.

Die Platte hing im Wasser in einem Gefäße, das 3 Fuß Durchmesser und 2 Fuß Höhe hatte, und in welchem der Stand des Wassers unverändert blieb. Die Oeffnung, aus welcher der Strahl hervorging, befand sich 4 Zoll unter der Oberfläche.

Auch bei diesen Versuchen zeigten sich ähnliche Zunahmen der Wirkung gegen die Platte und zwar sowohl wenn der Strahl vollkommen vertical niederging, bevor das Wasser in das Gefäß gebracht war, als auch wenn derselbe unter einem Winkel von 10 Grad das Centrum der horizontalen Platte traf; wie dieß aus No. XIII. der folgenden Tabelle hervorgeht.

Verticaler Strahl.

Oeffnung.	Druck- höhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zu- rücksuführen.	
In dünner Vwand. Durchmesser 3mm.	8' 10" Rhl. = 2,772 Mètres.	200mm	50mm	No. XI.	No. XII.
			100	29,5	29,0
			150	30,5	30,5
			200	31,0	31,0
				30,5	30,5
Desgl. Der Strahl machte einen Winkel von 10° mit der Verticalen.	Desgl.	Desgl.	50mm	No. XIII.	
			100	29,0	
			150	30,7	
			200	31,0	
Glas- rohr 10mm lang, nahe 3mm Durch- messer.	Desgl.	Desgl.	20mm	No. XIV.	
			30	26,0	
			50	26,5	
			100	27,5	
			150	28,5	
			200	29,0	
Glasrohr 65mm lang, 6mm Durch- messer, unten zusammenge- schmolzen bis auf nahe 3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm	No. XV.	
			50	23,5	
			100	25,5	
			150	26,5	
			200	26,5	
Glasrohr 65mm lang, aber überall von demsel- ben Durchm. von 3,3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm	No. XVI.	
			50	28,5	
			100	29,5	
			150	30,8	
			200	31,3	

30. Später §. 41. werde ich auf die Erklärung dieser Erscheinung, daß die Wirkung des gegen eine Platte sich bewegenden Wassers mit der Entfernung zunimmt, zurückkommen. Zunächst schien es mir von Interesse die Art und Weise wie das einströmende Wasser sich mit dem schon vorhandenen mischt, genauer zu verfolgen.

Ich liefs deshalb das Wasser durch eine Oeffnung von 2 bis 3 Millim. im Durchmesser und unter dem Drucke

einer Wassersäule von 7 Fufs, horizontal in ein Gefäfs einströmen, von dem zwei Seitenwände aus Glas und nur 0,5 Zoll von einander entfernt waren. Indem der Strahl auf der schmalen Seite desselben in der Mitte der Höhe eintrat, konnte er sich nur nach unten und oben ausbreiten, und es war bei der geringen Dicke der Wasserschicht zu hoffen, dafs man im Stande seyn würde, den Vorgang innerhalb derselben näher zu beobachten.

Das Gefäfs mußte in einiger Entfernung von der Einströmungs-Oeffnung, bei *A* Fig. 11. Taf. I., beträchtlich breiter gemacht werden, weil sonst der Widerstand durch die Reibung längs der Seitenwände zu grofs war. Auch hatte dasselbe an der, der Einströmungs-Oeffnung gegenüberliegenden Seite, bei *B*, einen Ausschnitt zum Abflufs des Wassers, so dafs das Niveau desselben unverändert blieb. Um den Strahl besser beobachten zu können brachte ich verschiedene undurchsichtige Körper, *Semen Lycopodii* und statt dessen auch Milch in das Wasser, aber die Bewegung war stets so unruhig und heftig, dafs sich keine scharfe Beobachtung anstellen liefs. Indefs zeigte dieser Versuch eine andere Erscheinung die, wiewohl sie eine unmittelbare Folge aus den früher mitgetheilten Versuchen ist, doch nicht ohne Interesse seyn möchte. Die Oeffnung durch welche das Wasser in das Gefäfs einströmte, lag etwa 2 Zoll unter der Oberfläche des darin befindlichen Wassers, und 3,5 Zoll über dem Boden des Gefäßes. Sobald das Einströmen begann, sank die Oberfläche in dem schmalen Theile des Gefäßes und zwar nahm dieselbe verschiedene Vertiefungen an, je nachdem das Wasser mit gröfserer oder geringerer Gewalt einströmte. Oft sank sie zunächst der Einströmungs-Oeffnung bis unter diese hinab. Wenn dies geschah, so entstand ein heftiges Schäumen und dabei blieb, so lange noch Wasser mit hinreichender Gewalt einströmte, die Oberfläche an dieser Stelle niedriger als die Einströmungs-Oeffnung. Vermied man aber ein so bedeutendes Sinken der Oberfläche, und blieb die Oeffnung *f* unter derselben, so zeigten sich mehrere Vertiefungen, wie sie in

Fig. 11. Taf. I. angedeutet sind. Vermehrte man alsdann durch vollständiges Oeffnen des Hahns *C* die zuströmende Wassermasse, so wurde die Vertiefung bei *d* geringer, dagegen blieb die bei *e*, die etwa in einer Entfernung von 5 Zoll von der Oeffnung *f* lag, fast unverändert. In allen diesen Fällen bewegte sich das Wasser unten und oben aus dem weiteren Theile *AB* des Gefäßes in den engeren *AD* zurück, also der Richtung des durch *f* einströmenden entgegen. Dieß giebt einen neuen Beweis dafür, daß ein nicht unbedeutender Theil des ruhenden Wassers von dem einströmenden beständig mit fortbewegt wird. Dadurch entstehen neben der einströmenden Masse wirbelnde Bewegungen des Wassers, die hier bei *g* deutlich zu sehen waren. Eine nähere Beobachtung des Vorgangs im Innern war aber bei der Unruhe, welche durch die rückgängige Bewegung des Wassers in der oberen Schicht eintrat, unmöglich. Um daher diesen Vorgang im Inneren des einströmenden Wassers näher kennen zu lernen, habe ich eine andere, wenn auch etwas mühsamere Methode gewählt.

31. Wasser das frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure war, strömte in ein großes weites Gefäß in dem sich Wasser befand, das etwa 1 Proc. Kochsalz enthielt. Um die Quantität dieses Salzes in der Auflösung genau zu bestimmen, wurde ein abgemessenes Volumen derselben, gewöhnlich 10 Cub. Cent., mittelst einer Pipette in eine Flasche gebracht, und dann so lange mit einer normalen Auflösung von salpetersaurem Silber versetzt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Aus dem Volumen der normalen Auflösung von salpetersaurem Silber, das zur Fällung nöthig gewesen war, ergab sich die Quantität des Kochsalzes. Es ist dieß die umgekehrte Methode von der, welche Gay-Lussac für die Bestimmung des Silbers eingeführt hat. Bei einiger Uebung kann man den Gehalt an Chlornatrium bis auf 0,01 Proc. sicher bestimmen. Liefs man nun Wasser das, wie schon erwähnt, frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure seyn mußte, in diese Salzlösung einströmen, und fing man in dem so entstehenden Strahle an ir-

gend einer Stelle eine Quantität der Flüssigkeit mit der Vorsicht auf, daß sich dadurch die Bewegung in dem Strahle nicht änderte, so ging aus der Menge des Kochsalzes in dieser Flüssigkeit hervor, in welchem Verhältniß sich das einströmende Wasser mit der im Gefäße vorhandenen Salzlösung an dieser Stelle gemischt hatte.

32. Um die Flüssigkeit an irgend einer Stelle des Strahls aufzufangen, bediente ich mich einer Glasröhre *abc* Fig. 12. Taf. I., die in eine feine Spitze bei *a* ausgezogen war. Der zugespitzte Theil war horizontal und wurde in die Richtung des horizontal einströmenden Wassers gebracht, hinter dieser Zuspitzung bog sich die Röhre nach oben und ragte über die Oberfläche des Wassers hervor. Hier war mittelst Kautschuk eine andere Röhre *cd* angesetzt die abwärts geneigt werden konnte. Die Röhre *abc* war an einem starken Brette *gh* gut befestigt, das auf einem andern, quer über das Gefäße *ABCD* fest angebrachten Brette, sicher vor und rückwärts sowie auch seitwärts bewegt werden konnte. Die Spitze der Glasröhre hatte eine Oeffnung von 1^{mm} innerem und 1,5^{mm} äußerem Durchmesser, und verjüngte sich allmählig, so daß der Widerstand, welchen sie für die Bewegung des Wassers darbot, zu gering war um diese wesentlich zu ändern. Wurde diese Spitze in nicht zu großer Entfernung von der Oeffnung *f* angebracht, durch welche das Wasser einströmte, so war die Bewegung hinreichend, um das Wasser in dieselbe hinein und in der Röhre *abc* so hoch hinauf zu treiben, daß es durch *cd* abfließen, und in einem untergehaltenen Glase aufgefangen werden konnte. Die ersten Portionen die hierbei ausflossen enthielten noch die Salzlösung, welche in der Röhre vor dem Beginn des Versuches enthalten war, und erst die späteren hatten die Zusammensetzung, welche der Flüssigkeit an dem Punkte *a* in dem Strahle entspricht. Es wurde deshalb die ausfließende Flüssigkeit in 3 Portionen aufgefangen, deren beide letzte dieselbe Zusammensetzung zeigen mußten, wenn das Resultat als richtig betrachtet werden sollte. Später hatte übrigens die Erfahrung

schon gelehrt, wie viel ausfliessen mußte, um sicher zu seyn, daß die früher im Rohre befindliche Flüssigkeit ganz entfernt sey.

Durch das in die Salzlösung einströmende Wasser ändert sich zwar die Concentration derselben, allein diese Aenderung war während der kurzen Dauer eines Versuches immer nur sehr unbedeutend. Vor jedem neuen Versuch wurde die Quantität des Salzes in der in dem Gefäße *AB* befindlichen Lösung von neuem bestimmt.

33. Vorzüglich war es interessant zu erfahren ob die Salzlösung bis in die Mitte des einströmenden Wasserstrahles gelange. Es wurden deshalb zunächst Versuche angestellt, bei welchen sich die Spitze stets in der Mitte dieses Strahles, aber in verschiedenen Entfernungen von der Oeffnung *f*, durch welche das Wasser einströmte, befand. Um die Mitte des in der Salzlösung entstehenden Strahls sicher ermitteln zu können, wurde die Salzlösung aus dem Gefäße *AB* abgelassen, und die Spitze in die Mitte des in das leere Gefäß einströmenden Wassers gebracht. Dann wurde die Salzlösung wieder eingefüllt und die Bestimmung in der erwähnten Art vorgenommen.

Die Resultate, welche so erhalten wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in den vier ersten Columnen sind die unmittelbar beobachteten Zahlen enthalten, die fünfte ergibt sich aus der dritten und vierten.

Die Spitze in der Mitte des Strahls.

No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
1.	3mm	10mm	0,92 Proc.	0,50 Proc.	54,4 Proc.	45,6 Proc.
2.	»	20mm	0,90 »	0,54 »	60,0 »	40,0 »
3.	»	»	0,78 »	0,46 »	59,0 »	41,0 »
4.	5mm	10mm	0,89 »	0,03 »	3,4 »	96,6 »
5.	»	20mm	0,93 »	0,14 »	15,1 »	84,9 »
6.	»	»	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »

No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
7.	5 ^{mm}	30 ^{mm}	0,93 Proc	0,27 Proc.	29,0 Proc.	71,0 Proc.
8.	»	»	0,90 »	0,27 »	30,0 »	70,0 »
9.	»	»	0,88 »	0,23 »	26,2 »	73,8 »
10.	»	»	0,82 »	0,19 »	23,2 »	76,8 »
11.	»	»	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
12.	»	50 ^{mm}	0,98 »	0,44 »	44,9 »	55,1 »

Wurde die Spitze so weit genähert, daß sie sich dicht vor der 3^{mm} weiten Oeffnung befand, durch welche das Wasser in *AB* einströmte, so drang nur reines Wasser ohne eine Spur der Salzlösung in dieselbe ein.

34. Die Verschiedenheiten, welche sich für die Versuche ergeben, bei denen die Spitze in derselben Entfernung angebracht war, haben ihren Grund darin, daß die geringste Abweichung von der Mitte des Strahls eine große Verschiedenheit in der Mischung der Flüssigkeit bedingt. Um zu erfahren, wie bedeutend diese Verschiedenheit ist, wurden einige Versuche angestellt, bei welchen die Spitze aus der Mitte des durch die Oeffnung von 5^{mm} einströmenden Strahls gerückt war, theils bis an den äußeren Rand des in die Luft ausströmenden Wassers, wobei die Mitte der Spitze um 1,75^{mm} von der Mitte des Strahls entfernt war, theils auch noch mehr seitlich, so daß die Mitte der Spitze um 2,5 bis 3,0^{mm} von der Mitte des Strahls abstand, wobei sich das Wasser, wenn es in die Salzlösung einströmte, noch mit hinreichender Kraft in die Spitze hinein bewegte, um durch die Röhre *cd* wieder abzufließen.

Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

No. d. Versuchs.	Entfernung d. Spitze von der Oeffnung ¹⁾ .	Die Spitze befand sich	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt d. durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
13.	10 ^{mm}	in der Mitte	0,89 Proc.	0,93 Proc.	3,4 Proc.	96,6 Proc.
»	»	1,75 ^{mm} seitl.	1,08 »	0,23 »	21,3 »	78,7 »
»	»	3,00 ^{mm} seitl.	0,94 »	0,42 »	44,7 »	55,3 »
6.	20 ^{mm}	in der Mitte	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »
»	»	1,75 ^{mm} seitl.	1,06 »	0,40 »	37,7 »	62,3 »
»	»	2,50 ^{mm} seitl.	0,99 »	0,45 »	45,5 »	54,5 »
11.	30 ^{mm}	in der Mitte	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
»	»	1,75 ^{mm} seitl.	0,97 »	0,46 »	47,4 »	52,6 »
»	»	2,50 ^{mm} seitl.	0,96 »	0,56 »	58,3 »	41,7 »

Es geht hieraus hervor, daß die Quantität der Salzlösung bedeutend zunimmt, wenn man die Spitze von der Mitte entfernt, und daß ein wirkliches Eindringen der schon vorhandenen in die einströmende Flüssigkeit stattfindet.

35. Ich wende mich nun zu der Erklärung dieser Erscheinungen. Nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft ist eine streng mathematische Herleitung derselben leider nicht möglich, die folgende Betrachtung kann aber, wie ich glaube, dazu dienen dieselben vollständig zu erklären.

Denkt man sich eine Flüssigkeit, welche in die gleichartige Substanz, die in einem Gefäße enthalten ist, das als unbegrenzt betrachtet werden kann, durch eine Oeffnung einströmt, welche hinreichend tief unter der Oberfläche liegt, so breitet sich der auf diese Weise in der Flüssigkeit entstehende Strahl continuirlich aus, d. h. seine auf der Axe senkrechten Querschnitte werden continuirlich größer. Zugleich nimmt die Geschwindigkeit in demselben mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung ab, was man beides leicht beobachten kann.

Ginge hierbei durch jeden gegen die Axe des Strahls senkrechten Querschnitt dieselbe Menge von Flüssigkeit in derselben Zeit hindurch, so würde die nachkommende Masse

1) Der Durchmesser der Oeffnung, durch welche das Wasser in die Salzlösung einströmte, betrug 5^{mm}.

hinreichend seyn, um den Raum auszufüllen, welchen die vorhergehende inne hatte.

Wir wollen nun untersuchen, unter welchen Bedingungen dieß möglich ist. Betrachtet man zu dem Ende eine bestimmte Masse der einströmenden Flüssigkeit, z. B. die, welche in einer Zeiteinheit durch die Einströmungs-Oeffnung hindurchgeht, so wird, wenn dieselbe sich ausbreitet, ihre Dicke oder Ausdehnung in der Richtung der Axe des Strahls in demselben Verhältnisse geringer, als ihr Querschnitt oder ihre Ausdehnung in den beiden gegen die Axe senkrechten Richtung größer wird. Wenn dabei ihre Geschwindigkeit zugleich auch in diesem Verhältnisse abnähme, so daß beide, sowohl die Geschwindigkeit als auch die Dicke, sich umgekehrt wie die Querschnitte verhielten, dann würde diese Masse durch jede Ebene, welche senkrecht gegen die Axe des Strahls ist, in derselben Zeit hindurchgehen. Allein wenn diese Bedingungen erfüllt würden, so würde die Kraft, mit welcher diese Masse sich bewegt, in demselben Verhältnisse geringer werden wie ihre Geschwindigkeit.

Es läßt sich aber einsehen, daß dieß nicht der Fall seyn kann. Denn wenn man von dem Verluste an bewegender Kraft absieht, welcher durch die Reibung der Flüssigkeitstheilchen entsteht, und wenn, wie oben schon vorausgesetzt worden, die Bewegung in einem Gefäße stattfindet, welches so groß ist, daß seine Wände keinen Widerstand für die Bewegung darbieten, so ist, wenn die Oberfläche während der Bewegung horizontal bleibt und man zunächst davon ausgeht, daß die Druckverhältnisse für alle Theile der Flüssigkeit während ihrer Bewegung dieselben wie im Zustande der Ruhe sind, keine Kraft vorhanden, welche der Bewegung entgegenwirkte. Es wird deshalb kein Theil von dieser bewegenden Kraft vernichtet werden.

Zwar breitet der Strahl sich dadurch aus, daß die ankommende Masse einen Widerstand in der ihr vorhergehenden findet, allein da dieser Widerstand von vollkommen beweglichen Theilen geleistet wird d. h. nur auf Träg-

heit beruht, so bleibt doch die bewegende Kraft, welche in der Richtung der Axe stattfindet, unverändert, und deshalb ist, sobald die Bewegung permanent geworden, dieselbe bewegende Kraft während der Zeiteinheit in jeder gegen die Axe des Strahls senkrechten Ebene wirksam.

Bestände das Breiterwerden des Strahls nur darin, daß dieselbe Masse bei ihrem Fortschreiten ihre Form ändert, und einen größeren Querschnitt annimmt, so könnte sich ihre Geschwindigkeit nicht ändern; dann aber würde diese Masse in einer um so kürzeren Zeit durch die verschiedenen Querschnitte des Strahls hindurchgehen, jemebr sie sich ausgebreitet hat. Dadurch würden die einzelnen Schichten des Strahls sich entweder von einander trennen, oder es müßte eine Verdünnung eintreten. In solchen Fällen, in denen dafür gesorgt ist, daß keine andere Masse Zutritt, wo also nur diesselbe Masse sich ausbreitet, kann man bei tropfbar flüssigen Körpern, wo eine Verdünnung nicht möglich ist, wenigstens eine Druckabnahme, und bei luftförmigen eine wirkliche Verdünnung experimentell nachweisen, wie dieß in §. 14. geschehen ist. Auch ist diese Abnahme des Drucks schon theoretisch nachgewiesen (D. Bernoulli, *Hydrodynamica Sectio XII.* §. 9. p. 262. Poisson, *Traité de mécanique 2^{me} Edit. II.* pag. 730.). In dem Falle aber, wo wie hier der Strahl in der gleichartigen Substanz sich bewegt, verursacht die Druckabnahme in ihrem Entstehen sogleich ein seitliches Zuströmen, wodurch sich die Masse in dem Strahle vermehrt.

Mit dieser Vermehrung der Masse nimmt die Geschwindigkeit ab. Da aber die bewegende Kraft sich nicht ändert, so wird durch einen entfernten Querschnitt stets mehr Flüssigkeit in derselben Zeit hindurchgehen, als durch einen der der Einströmungs-Oeffnung näher ist.

Da der Druck, den die Flüssigkeit in ihrer Bewegung ausübt, geringer ist als der der ruhenden, so könnte man glauben, daß die Voraussetzung, von welcher die obige Betrachtung ausgegangen ist, daß nämlich kein Theil der bewegenden Kraft in dem Strahle vernichtet werde, nicht

richtig sey, weil ein Theil dieser Kraft nöthig zu seyn scheint, um die Flüssigkeit, welche im Anfange unter einem geringeren Drucke sich befindet, allmählig unter den gröfseren Druck zu versetzen, oder um, wenn statt der tropfbaren eine luftförmige Masse vorhanden ist, diese zu verdichten.

Allein diefs ist deshalb nicht der Fall, weil die Verminderung dieses Drucks gerade dadurch entstanden ist, dafs die vorangehende Flüssigkeit schneller durch einen Querschnitt des Strahls hindurchgeht als die nachfolgende. Wenn daher durch die Druckverschiedenheit die Geschwindigkeit der ursprünglich sich bewegenden Masse vermindert wird, so wird auch gerade durch sie die seitlich vorhandene, vorher ruhende Masse mit in Bewegung gesetzt, und dadurch der Verlust an bewegender Kraft wieder ausgeglichen.

Es ergiebt sich hieraus:

1) dafs in einem Strahle, welcher entsteht, wenn eine Flüssigkeit in eine gleichartige Masse einströmt, durch jeden Querschnitt, welcher weiter von der Einströmungs-Oeffnung entfernt liegt, in derselben Zeit mehr Flüssigkeit hindurchgeht, als durch einen näher liegenden, und

2) dafs in Folge hiervon der Druck der Flüssigkeit während der Bewegung in dem Strahle geringer ist als im Zustande der Ruhe.

36. Mit Hülfe dieser beiden Sätze erklären sich die oben beschriebenen Erscheinungen sehr einfach. Bei dem in §. 4. erwähnten Versuche von Venturi, bewegt sich durch den Querschnitt *SM* des Kanals *SMVR* Fig. 1. Taf. I. mehr Wasser, als in derselben Zeit durch die Röhre *CA* zufließt, es mufs folglich von dem in dem Gefäfse enthaltenen Wasser mit fortgeführt werden.

Ebenso bewegt sich in dem in §. 5. beschriebenen Versuche durch die weite Röhre *ABC* Fig. 2. Taf. I. in derselben Zeit mehr Flüssigkeit, als durch die enge Röhre bei *a* zufließt, und da hier kein Zuströmen von der Seite stattfinden kann, so dringt, in Folge der Verminderung des

Drucks, durch die Oeffnung BC die Flüssigkeit aus der Abtheilung HF des Gefäßes $EDGF$. Dadurch sinkt die Flüssigkeit in dieser Abtheilung.

37. Sinkt aber die Oberfläche der Flüssigkeit in der Abtheilung HF während dieselbe in der Abtheilung HE unverändert bleibt, so wirkt der Druck, welcher durch den Unterschied der Niveaus entsteht, der Bewegung entgegen, und es nimmt dadurch die bewegende Kraft ab, so daß dieselbe in dem Querschnitte der Röhre AB bei A geringer ist als die, welche während derselben Zeit in der engen Röhre bei a wirksam ist. Mit dieser Abnahme wird aber auch die Quantität der Flüssigkeit geringer, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt hindurchgeht. Es wird daher die Oberfläche in der Abtheilung HF so lange sinken bis die Masse der Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt der weiten Röhre bei A hindurchgeht, ebenso groß ist als die, welche in derselben Zeit durch a sich bewegt. — Der Unterschied der Niveaus giebt die oben §. 35. erwähnte Verminderung des Drucks der einströmenden Flüssigkeit zu erkennen.

38. Wenn die Verhältnisse bei diesem Versuche so sind, daß nachdem die Flüssigkeit in der Abtheilung HF bis an den untern Rand der Röhre bei C gesunken ist, der Unterschied in dem Stande der Flüssigkeit in beiden Abtheilungen noch nicht hinreicht, um die bewegende Kraft, welche in der Richtung des Strahls wirksam ist, so weit zu vermindern, daß in Folge dieser Verminderung durch die weite Röhre in derselben Zeit ebenso viel hindurchgeht als durch die Oeffnung bei a eintritt; so erfährt das Wasser während der Bewegung in dieser Röhre von A her einen geringeren Druck als von B , wiewohl der statische Druck d. i. der, welcher wirksam wäre, wenn die Flüssigkeit sich nicht bewegte, von B her nur der Druck der Atmosphäre, von A aber der der Atmosphäre und noch der durch den Unterschied der Niveaus hervorgebrachte ist. In Folge dieses stärkeren Drucks bei B tritt die Luft

durch diese Röhre in das Wasser hinein, wie dies in dem in §. 6. beschriebenen Versuche sich gezeigt hat.

39. Aus demselben Grunde tritt auch bei dem in §. 7. erwähnten Versuche, wo durch einen dünnen Strahl das Ausfließen aus einer weiten Röhre gehemmt wird, die Luft durch diese Röhre in das Wasser hinein, und zwar so lange bis die Flüssigkeit in dem Gefäße *A* Fig. 3. Taf. I. eine solche Höhe erreicht hat, daß innerhalb der Röhre der Druck von beiden Seiten derselbe geworden ist. Wird von der innern Seite des Gefäßes der Druck noch größer, so beginnt das Wasser abzufließen.

40. Nimmt während das Wasser durch die Röhre *de* Fig. 8. Taf. I. fließt, auch der Druck ab, welchen die Luft ausübt, die sich in dieser Röhre befindet, wie in dem Versuche §. 13.; so wird nur so lange die Luft in das Wasser eindringen und mit diesem fortbewegt werden, bis in der Röhre die Gleichheit des Drucks von beiden Seiten sich hergestellt hat.

41. Die Zunahme der Wirkung des gegen eine Platte strömenden Wassers, welche sich in den in §. 27 bis §. 29. beschriebenen Versuchen herausgestellt hat, findet, wie ich glaube, auch ihre Erklärung darin, daß der Druck der sich bewegenden Flüssigkeit geringer ist als der der ruhenden. Es bewegt sich nämlich die Flüssigkeit, welche eine ebene Platte trifft, wenn diese groß genug ist, längs derselben hin, und auch bei dieser Bewegung, parallel der Platte, wird der Druck, welchen die Flüssigkeit während ihrer Bewegung ausübt geringer seyn, als er im Zustande der Ruhe wäre. Es wird deshalb der Druck, welcher gegen die Platte von der Seite, wo die Flüssigkeit sich bewegt, ausgeübt wird, geringer seyn als von der hinteren Seite, wo die ruhende Flüssigkeit gegen die Platte drückt, und zwar wird der Unterschied des Drucks um so größer seyn, je größer die Geschwindigkeit ist, mit welcher die Flüssigkeit längs der Platte hinströmt und je größer das Stück der Platte ist mit dem sie sich parallel bewegt. Die Geschwindigkeit aber ist offenbar größer wenn die Platte der Einströ-

mungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht und ebenso ist bei dieser näher befindlichen Platte, bei welcher der Strahl sich noch weniger ausgebreitet hat, das Stück gröfser, neben welchem sich die Flüssigkeit parallel bewegt. Je näher daher die Platte der Einströmungs-Oeffnung ist, um so gröfser ist die Differenz des Drucks den sie von beiden Seiten erfährt, und deshalb ist die Kraft, welche erfordert wird, um die Platte im Gleichgewicht zu erhalten, geringer, wenn sie der Einströmungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht, bis bei zunehmender Entfernung jene Differenz des Drucks verschwindet.

42. Auf eine ähnliche Weise ist leicht zu erklären weshalb, wenn zwei Platten unter Wasser in geringer Entfernung parallel einander gegenüberstehen, und ein Wasserstrahl durch die Mitte der einen mit einiger Gewalt eintritt, sie sich, wie Hachette gezeigt hat, zu einander bewegen, und ebenso auch weshalb solche in der Luft befindliche Platten sich zu einander bewegen, wenn durch die Mitte der einen die Luft mit einiger Geschwindigkeit gegen die andere strömt.

43. Aus dem seitlichen Zuströmen, welches stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz einströmt, (§. 31 bis §. 34.) ergibt sich als eine nothwendige Folge, dafs wenn diefs Einströmen mit hinreichender Geschwindigkeit geschieht, eigenthümliche wirbelnde Bewegungen entstehen müssen, wie diefs auch der in §. 30 beschriebene und auf Fig. 11. Taf. I. abgebildete Versuch deutlich zeigte. Wenn die Oeffnung nicht zu klein, und namentlich in verticaler Richtung ziemlich ausgedehnt ist, so können bei hinreichender Geschwindigkeit des Wassers trichterförmige Vertiefungen entstehen, weil das Wasser im Innern einer solchen wirbelnden Bewegung dem am Rande derselben sich bewegenden fortwährend zuströmt, wodurch der Druck in der Mitte vermindert wird.

44. Ein ganz ähnlicher Vorgang findet auch bei luftförmigen Körpern statt. Es wird genügen an die eigen-

thümlichen Bewegungen des aufsteigenden Rauches zu erinnern. Aber auch die spiralförmige Fortpflanzung, die man bei heftigen Winden und Stürmen beobachtet hat, beruhen, wenn ich nicht irre, auf einem solchen Zuströmen der Luft nach der in Bewegung befindlichen. Selbst das merkwürdige Phänomen der sogenannten Wasserhosen läßt sich leicht hierdurch erklären, denn wenn ein Wind mit hinreichender Geschwindigkeit sich wirbelförmig in einiger Höhe über dem Wasser bewegt, so wird die Luft im Innern dieser Wirbel zu der am Rande sich bewegenden hinströmen, es wird dadurch der Luftdruck im Innern dieser Wirbel vermindert und in Folge dessen hebt sich das Wasser und nimmt an jener wirbelnden Bewegung mit Antheil. Aehnliche Erscheinungen, die auf dem seitlichen Zuströmen einer Flüssigkeit beruhen, ließen sich noch manche anführen, doch mögen diese genügen.

Zusatz über das Wassertrommel-Gebläse.

Zum Schluß kann ich nicht unterlassen noch eine Vorrichtung anzuführen, die auf den vorher §. 15 bis §. 22 erwähnten Erscheinungen des Eindringens von Luft in eine Flüssigkeit beruht. Es ist dieß das sogenannte Wassertrommel-Gebläse, das nach Grignon¹⁾ etwa ums Jahr 1640 in Italien erfunden seyn soll. Ein solches ist in Fig. 13. Taf. I. nach der Beschreibung abgebildet, welche Richard in seinen „*Etudes sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais*“ p. 169“ giebt.

B ist ein Behälter der durch den Kanal *Z* stets voll Wasser gehalten wird.

A und *A* sind zwei Röhren oder ausgehöhlte Bäume etwa 13 Fufs hoch, von denen hier die eine im Durchschnitt dargestellt ist.

C. *C* ist ein luftdicht schließender Kasten von Holz oder auch ein Fafs.

Die

1) *Mémoires de Physique* p. 196.

Die Röhren *AA* werden nach oben etwas weiter. An dieser Stelle sind 2 gegen einander geneigte Bretter *pp* in eine jede eingesetzt, welche eine trichterförmige Verengung bilden und durch die Hölzer *tt* von einander entfernt gehalten werden.

Unter dem unteren Rande dieser Bretter sind in den Röhren mehrere Oeffnungen *ee* angebracht, durch welche Luft eindringen kann. Aehnliche Oeffnungen befinden sich, nach Richard's Angabe, auch etwa in der halben Höhe dieser Röhren bei *e'e*, doch fließt durch diese, wie er anführt, zuweilen Wasser aus, weshalb es wohl zweckmäßiger seyn würde sie fortzulassen.

Werden die konischen Verschlüsse *k* der trichterförmigen Oeffnungen *pp* in die Höhe gezogen, so fällt das Wasser durch die Röhren hinab, und es wird zugleich Luft durch die Oeffnungen *ee* eingesaugt¹⁾. Indem diese von dem Wasser in den Kasten *CC* hinabgeführt wird, vermehrt sich die Luft in demselben, und strömt durch das Rohr *H* und die Oeffnung bei *b* aus.

In dem unteren Theile des Kastens *CC* ist bei *q* eine Oeffnung angebracht, durch welche das herabfallende Wasser abfließen kann. Die Größe derselben ist so abgeglichen, daß die Oberfläche des Wassers in dem Kasten *CC* niemals bis zu dieser Oeffnung sinkt. Um dies zu erreichen ist gewöhnlich vor derselben noch ein Kasten angebracht, in dem das Wasser erst in die Höhe steigen muß, um über seinen oberen Rand fortzufließen.

Soviel auch über diese Art der Gebläse²⁾, die in ei-

1) Statt die Luft durch die Oeffnungen *ee* einsaugen zu lassen hat man auch die Einrichtung, daß statt der Bretter *pp* in jede Röhre zwei hölzerne Trichter eingesetzt werden, die so hoch sind, daß sie über die Oberfläche des Wassers hervorragen. Das Wasser fließt dann durch den Zwischenraum zwischen diesen Trichtern in die Röhre *A* hinab, dadurch sinkt das Wasser in den Trichtern selbst und es tritt durch dieselben Luft in die Röhre hinein.

2) Dieselben werden hauptsächlich bei der unmittelbaren Gewinnung des Schmiedeeisens aus den Erzen (*Forges catalanes*) benutzt, und nach Poggendorff's Annal. Bd. LXXX.

nigen Departements des südlichen Frankreichs sehr viel in Anwendung sind, geschrieben worden, und so ausführlich und genau die Beschreibung ist, welche Richard in dem oben erwähnten, i. J. 1838 zu Paris erschienenen, Werke davon giebt, so ist doch der eigentliche physikalische Grund, auf welchem das Hinabdringen der Luft beruht, noch ganz unbekannt.

Richard ist auf denselben gar nicht eingegangen. Von älteren Schriftstellern behauptete im vorigen Jahrhunderte Justi¹⁾, dafs das Wasser sich bei heftiger Bewegung in Luft verwandle, und Venturi²⁾ erklärte im Jahre 1800 die Wirkung dieser Gebläse durch die seitliche Mittheilung der Bewegung des Wassers. Eine solche würde voraussetzen, dafs eine so starke anziehende Kraft zwischen Luft und Wasser vorhanden sey, dafs die Luftblasen bis tief unter die Oberfläche hinabgeführt werden, was, wie ich schon früher in §. 16. erwähnt habe, nicht gut denkbar ist. Ausserdem habe ich dort einen Versuch angeführt, der, wie ich glaube, diese Ansicht vollständig widerlegt.

Um indess den Vorgang bei dem Wassertrommel-Gebläse näher kennen zu lernen, habe ich dasselbe im Kleinen aus Glas nachgebildet, in der Art wie es in Fig. 14. Taf. I. dargestellt ist.

N bezeichnet den Wasserbehälter, an welchem die 6 Zoll lange Röhre *ab* mittelst eines Korks befestigt ist. Das untere Ende derselben ragt in das obere Ende der Röhre *cd*. Diese ist 6,5 Fufs lang und hat einen innern Durchmesser von $\frac{3}{4}$ Zoll. Bei *d* geht sie durch den Kork, welcher die Flasche *AB* verschließt und endet bei *g*, etwa zwei Zoll über dem Boden der Flasche. Durch den Kork *d* gehen noch zwei Röhren, nämlich *de*, die mittelst des Hahnes *e* verschlossen werden kann, und *hik*, die als Manometer dient und von *i* bis *k* mit Quecksilber gefüllt ist.

Richard's Angabe bedienten sich im Departement de l'Ariège im Jahre 1838 alle Schmieden, bis auf eine oder zwei, nur dieses Gebläses.

1) Schauplatz der Künste und Handwerke Bd. II. S. 97. Anmerk.

2) Gilberts Annalen III, 129.

Wenn die Röhre ab an ihrem unteren Ende bei b eine Oeffnung von 0,4 Zoll im Durchmesser hatte und das Wasser durch dieselbe hinab floß, so wurde eine nicht unbedeutende Menge von Luft in die Flasche AB mit hinab gerissen. Es vermehrte sich der Druck, und indem das Manometer bei k stieg, hob sich zugleich das Wasser in der Röhre cdg . Durch Oeffnen des Hahnes e wurde das Ausströmen der Luft, und durch den Hahn D das Abfließen des Wassers aus der Flasche so geregelt, daß der Stand des Wassers in cdg auf einer constanten Höhe blieb. Lag diese etwa 3 Fufs über der Oberfläche AB des Wassers in der Flasche, und hatte die Oeffnung b wie schon erwähnt 0,4 Zoll im Durchmesser, so sah man eine Menge kleiner Luftblasen, die sich in der ganzen Breite des Rohrs gleichförmig mit dem Wasser hinab bewegten. War der Durchmesser bei b gröfser, so fand die Bewegung schneller statt, und man konnte die Blasen nicht mehr gehörig verfolgen. War die Oeffnung b hingegen enger, hatte sie z. B. nur 0,2 Zoll im Durchmesser, so entstanden bei f zwar Blasen von Luft, allein dieselben gelangten nicht bis an den unteren Theil der Röhre, sondern nachdem sie bis zu einiger Tiefe hinabgekommen waren, stiegen sie in Folge ihres geringeren specifischen Gewichts wieder in die Höhe. Nur einzeln ganz kleine Blasen wurden bis zur Tiefe von etwa 24 Zoll hinabgeführt.

Offenbar bilden die Luftblasen sich da, wo der herabfallende Strahl die Oberfläche f des Wassers in der Röhre trifft, und hier werden sie von dem Wasser ganz umschlossen, und von diesem mit fortbewegt. Ist nun die Kraft mit welcher diese Bewegung stattfindet so groß, daß die Blasen schneller hinab bewegt werden, als sie in Folge ihres specifischen Gewichts steigen würden, so werden sie in die Flasche AB gelangen. Diefs wird aber nur eintreten, wenn erstens die Fallhöhe des Wassers bis zur Oberfläche f hinreichend ist, damit dasselbe tief genug unter diese hinabdringt, und wenn zweitens die Oeffnung b einigermassen beträchtlich ist im Verhältnifs zu dem Durch-

messer der Röhre cdg , denn nur alsdann wird die ganze Wassermasse in dieser Röhre sich mit hinreichender Geschwindigkeit abwärts bewegen. Ist hingegen die Oeffnung b nur klein im Verhältniß zu dem Durchschnitt von cdg , so ist die Bewegung des Wassers in dieser Röhre auch nur gering, und die Luft wird sich in Folge hiervon schneller auf als abwärts bewegen.

Ist die Oeffnung b nicht viel kleiner als der Durchschnitt der Röhre cdg , so verschließt das herabfallende Wasser diese Röhre, selbst wenn dieselbe, statt bis g herabzugehen, schon unmittelbar unter dem Korke d endet. Es nimmt auch dann das Wasser, wie in dem eben erwähnten Versuche, eine dem Drucke der Luft in der Flasche entsprechende Höhe in der Röhre an, und überhaupt findet die Erscheinung ganz auf dieselbe Weise statt, wie wenn die Röhre cd bis unter die Oberfläche AB des Wassers in der Flasche hinabgeht. Es ist deshalb auch bei dem Wassertrommel-Gebläse nicht nöthig, daß die Röhren AA Fig. 13. Taf. I. bis unter die Oberfläche des Wassers in der Trommel CC hinabgehen.

Diese Versuche zeigen, daß hier derselbe Vorgang stattfindet, den man so häufig Gelegenheit hat zu beobachten, wenn man eine Flüssigkeit in ein Glas eingießt, wobei gleichfalls Luftblasen mit hinabgeführt werden. Ich glaube diesen Vorgang früher §. 18 bis §. 20. hinreichend auseinander gesetzt zu haben, und führe die Versuche in Betreff des Wassertrommel-Gebläses hier nur an, um zu zeigen, daß die Art wie die Luft bei demselben fortgeführt wird, sich vollkommen jenen früher beschriebenen Vorgängen anschließt.