

## I. Schulversuche mit dem Cartesianischen Taucher.

Von H. Rebenstorff.

---

Fast sämmtliche Apparate, mit deren Hilfe die naturwissenschaftliche Bildung unserer Jugend begründet wird, haben an der Hand der Fortschritte von Wissenschaft und Technik besonders in den letzten Jahrzehnten Constructionsänderungen erfahren, um sie für ihren Zweck noch geeigneter zu machen. Nur an wenigen, besonders einfachen Apparaten gab es so gut wie nichts zu verbessern, sondern es war höchstens die Zahl der Anwendungen zu vermehren. Hierhin gehört jene Vorrichtung, „zwar nicht von grossem Belang, aber auch nicht ohne Interesse“, wie Poggendorff in seiner „Geschichte der Physik“ sagt, an welcher sich Descartes' Name verewigt hat. Mit seltener Lebenskraft haben sich die Cartesianischen Taucher oder Teufelchen in derselben Form erhalten, welche ihnen von dem Entdecker der zu Grunde liegenden Erscheinungen gegeben war. Auch wenn man von der Benutzung von menschlichen Figuren als Taucher absieht, erscheint das hübsche Sinken und Steigen der Glaskörper fast als Spielerei, aber gerade mit der gefallenden Lebhaftigkeit ihrer Bewegungen hängt nun einmal der Werth der Taucher für den elementaren Physikunterricht zusammen.

Zweck der Taucherversuche. Wer sich im experimentellen Unterricht mit dem Nachweis der grundlegenden Gesetze begnügt, wird mit anderen Apparaten auskommen. Nun ist aber in der neueren Zeit die Erkenntniss immer allgemeiner geworden, dass es von besonderem Nutzen für die gründliche Einführung in die Naturwissenschaft ist, das Experiment wirklich das sein zu lassen, was es sein soll, ein Theil der Sprache des Lehrers; dies gilt nicht nur für die Ableitungen der Grundgesetze, sondern der Lehrer hat, wenn er durch Wiederholungen und allerlei Aufgaben ein gesichertes Wissen und vor Allem ein freies Verfügen und „Können“ auf seinem Gebiete hervorrufen will, auch hierbei vom Experimente Gebrauch zu machen. Eine reiche Auswahl von Versuchsreihen stellen Experimentirbücher und die bekannte Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht von Poske zur Verfügung, um auch den Wiederholungen nicht das anschauliche Element fehlen zu lassen und den zu stellenden Aufgaben wenigstens theilweise Gegenstände zu verschaffen, die auf dem Tische Gebrauch finden und eine Nachprüfung der Aufgabenlösung zulassen. Ueberaus erleichternd wirkt es ebenso bei der kurzen Denkfrage, wie bei der eine längere Rechnung erfordernden Aufgabe, wenn deren Gegenstand aus dem Gebiete der Phantasie herausgerückt werden kann, die vielleicht nur deswegen in manchen Fällen

nicht recht mitarbeitet, weil sie sich wegen mangelnder Gelegenheit an der concreten Wirklichkeit noch nicht hinreichend ausbilden konnte.

Bisherige Verwendung des Tauchers. Einen kleinen Beitrag zur praktischen Durchführung der angedeuteten unterrichtlichen Maassnahmen kann der Cartesianische Taucher liefern, der vielfach schon früher in dem geschilderten Sinne Anwendung fand. Schon der fundamentale Taucherversuch des Sinkens und Steigens in Folge von Druckänderungen giebt Anlass zur Wiederholung der Gesetze über die Volumänderung der Gase durch Druckwechsel, des Archimedischen Principis, sowie der Fortpflanzung und Grösse des Druckes in Flüssigkeiten. Von besonderem Werthe ist hierbei die bequeme und anschauliche Vorführung des eigenartigen labilen Gleichgewichtes. Nicht sonderlich geht die Möglichkeit, diesen Begriff mit Hilfe des Tauchers zu erklären, aus der in Hand- und Lehrbüchern mehrfach anzutreffenden Bemerkung hervor, „es ist nun leicht, den Druck auf die Membran so zu bemessen, dass der Taucher in jeder Lage schwebt“. Lässt man den auf die Membran oder besser mittels einer Wassersäule ausgeübten Druck (Fig. 1) von einem Augenblicke an ungeändert bestehen, in welchem der Taucher *t* mitten in der Flüssigkeit anscheinend zur Ruhe gekommen ist, so sieht man nach wenigen Augenblicken, dass der Taucher nicht wirklich schwebte, sondern nur sehr langsam stieg oder sank und sich in beschleunigter Bewegung von der Stelle entfernte, wo er zu schweben schien. Heben oder Senken des Druckrohres\*) verlegt in kürzester Frist den Punkt des labilen Gleichgewichtes weiter nach oben oder unten, wodurch der Versuch wiederholt wird. Deutlich erkennt man, dass der Zustand wahren labilen Gleichgewichtes in einer nur angenähert, aber nicht vollkommen erreichbaren Grenzlage des Tauchers besteht. Das charakteristische Kennzeichen dieses Gleichgewichtes, dass der Körper bei der

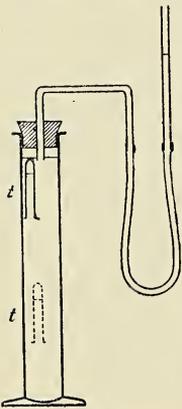


Fig. 1.

allerkleinsten Ueberschreitung der Grenzlage aus der Ruhe in beschleunigte Bewegung übergeht, ist mit dem Taucher klar demonstrirbar. Bezüglich der praktischen Ausführung der Versuche ist zu bemerken, dass man natürlich bei richtiger Füllung einen Taucher jeder Form verwenden kann, dass aber der weiter unten beschriebene Apparat die Mühe der Vorbereitung auf ein sehr geringes Maass beschränkt und daher auch für die längst bekannten Versuche empfohlen werden kann. Die bisher gebrauchten Taucherformen erfordern eine bisweilen recht zeitraubende, weil leicht misslingende Füllung, was nicht bei einmaligen, wohl aber bei schnell auf einander folgenden Anwendungen des Tauchers in Betracht kommt. Methoden zur Füllung findet man in den ausgezeichneten Vorschriften der bekannten Werke über physikalische Demonstrationen von Weinhold, Frick-Lehmann u. A.\*\*). Es sei nur noch die Bemerkung

\*) Die Versuchsanordnung der Figur ist die gleiche wie in der Mittheilung „Versuche mit Tauchern“, Poske's Zeitschr. für den physik. u. chem. Unterricht XI, S. 213, Versuch 1.

\*\*\*) Weinhold: Vorschule der Experimentalphysik, 4. Aufl., S. 179. — Frick-Lehmann: Physikal. Technik, 6. Aufl. I, S. 353. — Weinhold: Physik. Demonstrationen, 3. Aufl., S. 170. — Rosenberg: Experimentirbuch für den Elementarunterricht in der Naturlehre II, S. 42. — K. L. Bauer, Pogg. Ann. Ergänzungsband 6, S. 332.

gestattet, dass man gut thut, dem Wasser, in dem man etwa einen Taucher dauernd verweilen lässt, etwas Salicylsäure hinzuzufügen, den Taucher für diesen Zweck in der bekannten Weise aus einem Reagensglase, einem Kork mit Glasröhrchen und Quecksilber als Beschwerungsmittel herstellt, da das Luftvolumen in Folge Diffusion sich bei anderen Formen schneller verkleinert. Zum Abschluss des Cylinders dient besser ein Gummipfropf (Weinhold), als eine Membran; ein Stück Blase sollte man vor dem Aufbewahren wenigstens etwas loser binden, weil sonst in Folge der Verdunstung von Wasser langsam Luftverdünnung eintritt, die saugend auf die Luft im Taucher wirkt, so dass er später wieder neu zu füllen ist. Ist das Röhrchen des erwähnten Tauchers entsprechend gebogen, so zeigt man die beim Steigen auftretenden Drehungen in Folge des Rückwirkungsdruckes. Einige für besondere Zwecke geschaffene Taucherformen sind in den erwähnten Werken beschrieben, ebenso findet man daselbst verschiedene Verfahren, den Druck zu ändern\*).

Von anderweitigen Verwendungsarten des Tauchers sind seit geraumer Zeit bekannt die Methode von Schwalbe\*\*), den Taucher als Druck-indicator zu benutzen bei Versuchen über Fortpflanzung des Druckes in Gasen, ferner die Anwendung zur Erläuterung der Fallbewegung und zu einigen anderen Zwecken nach Heyden\*\*\*). Liebreich †) benutzte den Taucher zu Demonstrationen über den interessanten „todten Raum“ bei Reactionen. Sodann hat der Verfasser vor zwei Jahren eine kleine Zahl von Versuchen mitgetheilt, welche der Anwendung des Tauchers theils im Unterricht bei Gelegenheit von Wiederholungen, theils bei den sogenannten Schülerversuchen dienen sollten ††).

Einfacher Reagensglas-Taucher. Um die Anstellung der Versuche recht bequem und auch mit den geringsten Mitteln ausführbar zu machen, wurde a. a. O. vom Verfasser ein Taucher einfachster Art, nur aus einem Reagensglase bestehend, empfohlen. Die Füllung mit der erforderlichen Luftmenge geschieht folgendermassen. Man giesst zunächst soviel Wasser in das Gläschen, dass es aufrecht auf dem Wasser schwimmt, und tröpfelt alsdann vorsichtig weitere Mengen Wasser hinein, bis es nur noch wenig aus der Wasseroberfläche hervorragt. Hierauf zieht man das Gläschen heraus, verschliesst es mit dem Finger und taucht es verkehrt in einen zum Ueberlaufen vollen Cylinder mit Wasser hinein. Bei einiger Uebung gelingt es auf diese Weise leicht, die Taucher fast regelmässig richtig zu füllen, so dass nur etwa die Hälfte des Bodens aus dem Wasser hervorragt. Zu empfehlen ist, ein leichtes Drahtkükchen mit Siegelack auf der äusseren Seite des Bodens zu befestigen, um einen zu wenig Luft enthaltenden Taucher mit einem unten kurz umgebogenen Draht schnell wieder empor ziehen zu können. Auch hat man daran zu denken, dass durch unnöthiges Umfassen des Gläschens mit der Hand vor dem Verschliessen mit dem Finger ein Theil der Luft durch Erwärmen entfernt würde. Uebrigens gehört ein ein- oder zweimaliges Misslingen der

\*) Ferner bei Antolik, Poske's Zeitschr. IV, S. 124.

\*\*) Schwalbe, Zeitschr. zur Förderung des phys. Unt. III, 1886.

\*\*\*) Heyden, ebenda.

†) Liebreich, Vortrag in der physik. Gesellschaft in Berlin, ref. in Poske's Zeitschr. IV, S. 211, den Hinweis auf den labilen Gleichgewichtszustand des Tauchers enthaltend.

††) Rebenstorff, a. a. O., S. 213 — 221.

beschriebenen Taucherfüllung wohl zu denjenigen Momenten des Unterrichtes, die bei manchen Schülern erst recht zur Gewinnung des Verständnisses beitragen.

In letzter Zeit hat der Verfasser den einfachen Reagensglas-Taucher mit einer seitlichen Oeffnung dicht unter derjenigen Stelle versehen, bis zu welcher das innen befindliche Wasser bei richtiger Füllung reicht. Man erzielt dadurch die Wirkung, dass man den Taucher nur ruhig in das im Cylinder befindliche Wasser einzusenken braucht, um ihn sofort in brauchbarem Zustande zur Verfügung zu haben. Hierbei ist es von Vortheil, das Luftvolumen im Taucher vergrößern zu können; deswegen wird der Taucher entweder unten mit Blei beschwert oder er wird aus starkwandigem Glasrohr hergestellt. Die erstere Art der Ausführung eignet sich auch zur Anfertigung durch Schüler und man kann diesen vorher die Aufgabe stellen, aus dem Gewicht des Gläschens und seinem Inhalt das Gewicht der Bleimenge zu berechnen, welche bewirkt, dass der Taucher noch eben schwimmt, wenn die Oeffnung am Ende des ersten Drittels — von der Mündung des Gläschens an gerechnet — sich befinden würde. Die Herstellung des beschwerten Tauchers geschieht in folgender Weise. Von einer 2 bis 3 mm dicken Bleiplatte schneidet man mit der Scheere einen schmalen Streifen ab, welcher annähernd das berechnete Gewicht hat. Man windet ihn spiralg um das Reagensgläschen, so dass er zunächst am geschlossenen Ende desselben durch Reibung festsetzt. Hierauf bringt man das Gläschen auf das in einem weiten Gefäss befindliche Wasser und tröpfelt so viel Wasser hinein, bis der Rand nur noch wenig herausragt. Man verschliesst dann das etwas angehobene Gläschen, ohne viel mit der Hand zu erwärmen, mit dem Finger und taucht es verkehrt unter Wasser. Bevor man loslässt, schiebt man die Bleispirale hinab, so dass diese nun an der Mündung des Gläschens liegt. Man überzeugt sich hierauf davon, ob das Gläschen, etwa mit der Hälfte seines Bodens aus dem Wasser ragend, an der Oberfläche schwimmt. Andernfalls wird die Manipulation des Füllens wiederholt. Man kann übrigens auch mit einem U-förmig gebogenen Glasfaden mit recht feiner Oeffnung, der noch an dem Glasrohre sitzt, welches man zu seiner Herstellung auszog, Luft in kleinen Mengen in den Taucher treiben oder daraus entfernen. Mit einem auf das Glasrohr geschobenen kurzen Stück Gummischlauch, den man in geeigneter Weise zudrückt, gelingt es noch leichter als durch Blasen und Saugen mit dem Munde, kleine Luftmengen in Bewegung zu setzen. Ist die Luftmenge im Taucher die richtige, so hebt man ihn, unten zugreifend, etwas empor und markirt den Stand des Wassers in ihm mit dem Schreibdiamanten oder auch nur durch Anlegen des Daumennagels der linken Hand, hebt den Taucher vollends aus dem Wasser und macht etwa 1 mm unterhalb der markirten Stelle einen Feilstrich, den man vorsichtig bis zur Durchbohrung des Glases vertieft oder an dessen Stelle man mit der Stichflamme und durch Abziehen des Glases eine kleine Oeffnung herstellt.

Als käufliches Lehrmittel empfohlene Taucherform. Für die Anfertigung durch den geübteren Glasbläser eignet sich mehr die im Wesentlichen übereinstimmende Herstellung des Tauchers aus starkwandigem Glasrohr. Die von A. Eichhorn in Dresden verfertigten Taucher sind etwa 12 cm lang und die seitliche Oeffnung befindet sich etwa 4 cm vom offenen Ende. Durch bloßes Einsenken erhalten sie die

für die Versuche geeignete Luftfüllung und schwimmen und tauchen in fast genau senkrechter, durchaus stabiler Haltung. Nur durch heftige Erschütterung werden Luftbläschen zu der seitlichen Oeffnung hinausgetrieben. Man kann sich dies zu nutze machen, wenn man beabsichtigt, die Luftmenge etwas zu verkleinern. Hat man den Taucher in das Wasser gleiten oder auch aus einiger Höhe senkrecht hineinfallen lassen, so kann man bei einiger Uebung an der Grösse des aus der Oberfläche hervorragenden Bodenstückes sofort erkennen, ob ein geringerer oder grösserer Wasserdruck nöthig ist, die Luftmenge so weit zu verdichten, dass der Taucher die Grenzlage des labilen Gleichgewichts überschreitet und in die Tiefe sinkt. Es ist jedoch empfehlenswerth, durch eine Marke, Diamantstrich, eingezätzten Ring oder dergleichen sich die Stelle über der seitlichen Oeffnung zu bezeichnen, bis zu welcher die Luftfüllung reicht, wenn jene Grenzlage erreicht wird. Um die Marke anbringen zu können, legt man provisorisch einen Zwirnsfaden oder sehr schmalen Schlauchabschnitt um den Taucher, einige Millimeter über der seitlichen Oeffnung. Man erhöht alsdann nach Abschluss des Cylinders den Druck in irgend einer Weise und merkt sich die Lage des Wasserniveaus in dem Augenblicke, in dem der Taucher zu sinken beginnt. Die Anbringung der Marke durch den Fabrikanten kann den überaus geringen Preis der Taucher nur wenig erhöhen.

Taucherglockenartige Vorrichtung als Zubehör zu den Tauchern. Ein Taucher, dessen Luftfüllung nicht bis zu der erwähnten Marke reicht, sinkt zu Boden. Um ihn durch Zuführung von Luft zum Ansteigen zu bringen, kann man über den aufrecht am Boden stehenden Taucher ein oben geschlossenes, weites Glasrohr stülpen. Aus diesem füllt sich der Taucher fast völlig mit Luft, so dass er beim Anheben der weiten Röhre mit heraufkommt. Da die oben und unten gleichweite Röhre das Wasser im Cylinder leicht zum Ueberlaufen bringt, so benutzt man bequemer ein weites Rohr  $g$  (Fig. 2), welches nur einige Centimeter länger als der Taucher ist und sich in eine etwa 4 mm weite, etwas starkwandige Röhre  $r$  fortsetzt. Der ganze Apparat wird 5 bis 6 dm, für besonders hohe Cylinder entsprechend länger angefertigt. Die lange Röhre der „Taucherglocke“, wie der Apparat wohl der Kürze halber genannt werden darf, wird natürlich beim Zuführen von Luft oben mit dem Finger verschlossen. Zur Erleichterung des Anfassens befindet sich am Ende der Röhre ein Kork  $k$ , der zugleich die Röhre vor dem Zerschneiden schützt, wenn man sie — die Erweiterung nach oben — zum Umrühren des Wassers im Cylinder gebrauchen will; ferner kann man die verkehrt eingesenkte „Taucherglocke“ zum Hinabdücken eines Tauchers verwenden, weswegen die Endfläche des Korkes concav ausgeschnitten wird.



Fig. 2.

Handhabung der Taucher, ihr Verhalten im Wasser. Lässt man die Taucher aus der einige Centimeter über der Wasseroberfläche gehaltenen Hand senkrecht in das Wasser gleiten, so sind dieselben so weit gefüllt, dass die Grenzfläche der Luft annähernd mit dem oberen Rande der seitlichen Oeffnung abschneidet. Beim Einfallenlassen aus grösseren Höhen, wobei der bis auf den Boden hinabgehende Taucher grössere Mengen Luft mit fortreisst, fällt die Füllung weniger gleichmässig aus.

Ist die Zimmerluft erheblich wärmer als das Wasser, oder hatte man den Taucher lange in der Hand gehabt, so kommen natürlich ebenfalls Unregelmässigkeiten der Taucherfüllung vor; einfaches Anheben und Einsenken des eine kurze Zeit im Wasser befindlichen Tauchers gleicht jede Unregelmässigkeit wieder aus. Bei den von A. Eichhorn gefertigten Exemplaren war ein Druck von 5 bis 7 dm Wassersäule erforderlich, den ohne Hast eingesenkten Taucher zum Untersinken zu bringen.

Soll die Luftfüllung geringer sein, so ergreift man den an der Oberfläche schwimmenden Taucher mit den Fingern, hebt ihn einige Centimeter empor, und stösst ihn, ohne loszulassen ein oder mehrere Male in das Wasser. Dadurch wird meistens eine kleine Luftmenge zur seitlichen Oeffnung hinausgetrieben. Man überzeugt sich durch Loslassen, ob man seinen Zweck erreicht hat, indem man entweder, wie schon oben erwähnt, auf die Grösse des herausragenden Bodentheils oder auf die Lage des Wasser-niveaus zu der die Grenze desselben beim labilen Gleichgewicht angehenden Marke achtet.

Ein anderes, vielleicht noch besseres Mittel, die Luftfüllung zu verkleinern, besteht in dem Einsenken des kurz zuvor aus dem Wasser gezogenen Tauchers in schräger Stellung, wobei die seitliche Oeffnung *o* nach oben zu halten ist (Fig. 3). Nöthigenfalls neigt man auch den Cylinder hierbei etwas auf die Seite. Merkt man sich mit dem Augenmaass den Winkel, unter dem man den Taucher langsam einsenkt, so kann man in dieser höchst einfachen Weise leicht die Luftfüllung mit einiger Sicherheit beliebig bemessen, so dass der Taucher je nach Wunsch sofort untersinkt oder seine labile Gleichgewichtslage nur ein kleines Stück unterhalb der Wasseroberfläche erreicht. In Folge der Dicke des Glases erwärmt sich die Luft im Taucher durch die Finger während der kurzen Handhabung nicht merklich.

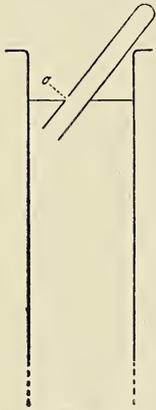


Fig. 3.

Der beschriebene Taucher ersetzt also auch jene grossen Formen der Cartesianischen Vorrichtung, die von Weinhold u. A.\*) angegeben, an der Oberfläche schwimmen, nach dem Hinabdrücken bis zu einer gewissen Tiefe sich nicht wieder erheben können.

Gleicht man nach dem mitgetheilten Verfahren das Luftvolumen so ab, dass die labile Lage 1 bis 2 dm über dem Boden des Cylinders ist, so wird der Taucher dadurch sehr hübsch wieder in die Höhe gebracht, dass man den Cylinder um einige Centimeter vom Tische erhebt und ihn mit etwas Nachdruck wieder hinstellt. Nur bei gar zu heftigem Stoss treten Luftmengen zu den seitlichen Oeffnungen hervor; ist dies, wie gewöhnlich, nicht der Fall, so hüpfen die Taucher — man lässt, um den Eindruck des Versuches noch zierlicher zu gestalten, am besten mehrere farblose und bunte bis auf den Boden sinken — genügend weit empor, um die labile Gleichgewichtsstelle zu überschreiten. Die Taucher müssen hierzu aber den Boden wirklich berührt haben, sonst können dessen Schwingungen beim Hinsetzen sie nicht treffen.

Ebenfalls recht gefällig sieht das Emportreiben der etwas zu schweren Taucher durch einen Wirbel aus, den man durch Umrühren des Wassers

\*) Weinhold, Frick-Lehmann, a. a. O.

im oberen Theil des Cylinders hervorrufft. Sobald die rotirende Bewegung auch die unteren Flüssigkeitsschichten erfasst, erheben sich die Taucher, um, wenn ihre Luftfüllung es zulässt, oben schwimmen zu bleiben. Das Emporwirbeln eines Körpers in einer Flüssigkeit, worin er nur noch ein sehr geringes Gewicht hat, ist eine ebenso alltägliche, wie wohl wenig in den Kreis der Betrachtungen gezogene Erscheinung. Es erinnert zwar an die im Innern von Luftwirbeln u. s. w. auftretende Luftverdünnung, die aufsteigende Bewegung in der Mitte des Flüssigkeitscylinders, welche die Taucher mit emporreisst, ist hier aber nicht wie dort eine der Ursachen, sondern Wirkung der Rotation. Der centrale, nach oben gerichtete Strom ist der Gegenstrom einer an den Wänden des Cylinders in Spiralen abwärts gehenden Strömung, welche aus der Centrifugalkraft der Flüssigkeit und dem Umstande resultirt, dass die Flüssigkeit am Boden eine geringere Geschwindigkeit hat. Man kann sich in leicht ersichtlicher Weise von dem Vorhandensein der beiden Strömungen durch Versuche mit kleinen, im Wasser nahezu schwebenden Körpern überzeugen.

Hatte man einen Taucher mit so wenig Luft versehen, dass er nicht mehr in der erwähnten Weise zum Schwimmen an der Oberfläche zu bringen ist, so stülpt man die oben mit dem Finger zugehaltene Taucherglocke über ihn und zieht ihn in bequemster Weise wieder empor. Lässt man hierbei die lange Röhre geschlossen, so wird der Taucher bis über die Wasseroberfläche angehoben. Nähert man die luftgefüllte Taucherglocke einem am Boden liegenden Taucher, bis sein oberer Theil dicht unter der Taucheröffnung liegt, und lässt jetzt durch Oeffnen der langen Röhre plötzlich die Luft oben heraustreten, so schnellt der Taucher in die Glocke hinein. Die lebhaftere Bewegung erinnert in besonderem Maasse an die Saugwirkungen des Luftdruckes und eine vergleichende Behandlung dieser Wirkungen im Anschluss an den Versuch ist wohl im Stande, das Verständniss der oft nicht recht klar werdenden Vorstellungen in Betreff des Luftdruckes zu verbessern. Man wähle bei dem letzten Versuch den Cylinder recht hoch, so dass der Wasserdruck den Taucher möglichst energisch in die Glocke emporschleudert.

Wenn man die Taucherglocke einige Zeit in Gebrauch hat, wird man finden, dass die einfache Vorrichtung auch anderweitig verwendet werden kann. Ausser zur Demonstration des durch die Bezeichnung angedeuteten Apparates dient die Vorrichtung in recht wirksamer Weise zum Nachweis des Wasserstosses und zu manchen anderen Zwecken. Ein halbes Dutzend Taucher nebst „Glocke“ liefert Eichhorn, Dresden, Mittelstr. für 2 Mark. Die Taucher werden theils aus weissem, theils aus hellfarbigem Glasrohr hergestellt.

Versuche mit Tauchern. Die 1898 vom Verfasser a. a. O. beschriebenen Versuche werden durch Benutzung der neuen Taucherform bequemer ausführbar, soweit sie nicht derart sind, dass sie ein Reagensglas erfordern, an dem eine seitliche Oeffnung nicht vorhanden sein darf. Letzteres gilt insbesondere von den Versuchen zur Messung des Dampfdruckes leicht siedender Flüssigkeiten und des Gasdruckes von höchst concentrirtem Ammoniak. Auch die Versuche über das Auf- und Niedersteigen eines Tauchers durch den wechselnden Dampfdruck von Aether, sowie von Wasser in einer unten erwärmten Flüssigkeitssäule erfordern ein gewöhnliches Reagensglas.

Bei allen Versuchen über das fast völlige Schweben eines Tauchers in einem gänzlich mit Wasser gefüllten und überall abgeschlossenen Cylinder ist die Benutzung des Tauchers der neuen Form bequemer. Man kann dann auch die Verwendung des mit aufgeschliffener, durchbohrter Glasplatte versehenen Cylinders umgehen (a. a. O. S. 215). Dadurch gestaltet sich der Versuch sehr einfach: Eine recht hohe Flasche mit einer Oeffnung, die nur etwas weiter ist, als der Durchmesser des Tauchers beträgt, wird mit Wasser ganz gefüllt und dafür gesorgt, dass nicht an den Wandungen ein Luftbläschen zurück bleibt. Alsdann senkt man den Taucher, am besten schräg — unter seitlichem Neigen der Flasche — in das Wasser und setzt auf die Mündung einen Kork mit gebogenem Glasrohre, an welchem ein Schlauchstück von einigen Centimetern Länge sitzt. Nach dem Einfügen des Korkes darf weder unter diesem, noch in der Rohrverbindung ein Luftrestchen bleiben; es ist rathsam, die Röhren vor dem Aufsetzen des Korkes mit Wasser vollzusaugen, das Ende des Schlauchstückchens zuzurücken und dies erst während des Eindrehens des Korkes zu öffnen. Hinterher schliesst man es durch ein zugeschmolzenes Stückchen Glasrohr ab. Der Kork muss natürlich sehr dicht sein; da er keinen grossen Durchmesser zu haben braucht, wird man leicht einen genügend reinen finden, so dass man nicht nöthig haben wird, ihn mit einem der bekannten Hilfsmittel abzudichten.

Nach dieser Vorbereitung wird auf das Schlauchstückchen ein Schraubenquetschhahn gesetzt und dessen Schraube etwas angezogen; meistens wird dies den Taucher noch nicht zum Sinken bringen. Man schiebt dann unter Drehungen das im Kork sitzende Knierohr langsam so weit in die Flasche, dass der Taucher seine gleichförmige Bewegung nach unten beginnt. Durch leise Aenderungen des Druckes, welche man am Quetschhahn vornimmt, bringt man den Taucher dahin, dass seine Bewegungen äusserst langsam werden und er auf geringe Aenderungen der Temperatur reagirt. Weiteres in Betreff des Verhaltens des Tauchers unter den Umständen des Versuches bietet die citirte Mittheilung. Es sei noch hervorgehoben, dass der Versuch die charakteristische Eigenschaft der Flüssigkeiten, die überaus leichte Verschiebbarkeit der Theilchen, besonders deutlich hervortreten lässt. Man Sorge bei der Vorbereitung für möglichst klares Wasser.

Um den Taucher zum sogenannten wirklichen Schweben zu bringen, kann man ihn in einen Cylinder fallen lassen, welcher zur Hälfte mit Wasser, zur andern Hälfte mit verdünntem Spiritus gefüllt ist. Dieser Taucher reagirt durch mehr oder weniger tiefes Einsinken auf Aenderungen von Temperatur und Barometerstand und kann als Gegenstand von Aufgaben Verwendung finden.

Dasselbe gilt von einem Taucher, den man mittels einer dünnen Glasröhre, die von unten her in den Luftraum des Tauchers hineinragt, zum Schweben bringt. Anleitung zur Bildung von Aufgaben ergeben sich aus dem a. a. O. S. 216—218 Gesagten.

Der für fast völliges Schweben vorhin beschriebene Apparat kann auch nach Anfügen einer längeren Gummiröhre nebst geradem Glasrohr anstatt des kurzen Schlauchstückes zu dem Versuche (a. a. O. No. 1) benutzt werden, die Druckhöhen des Wassers im Rohre  $s$  zu vergleichen, die hinreichen, um den Taucher einmal oben, einmal unten ins labile Gleichge-

wicht zu bringen (Fig. 4). Es ergibt sich  $OU = ou$ . Die Volumänderung der eingeschlossenen Luft während des Emporsteigens oder Sinkens macht sich durch Verschiebung der Wassersäule in der Röhre  $s$  bemerkbar.

Eine annähernde Messung dieser Volumänderung ist auch am Taucher selbst deswegen leicht ausführbar, weil er überall gleiche Weite hat. Eine Erhöhung des Druckes um 10 cm Wassersäule verkleinert zwar das Luftvolumen im Taucher nur im Verhältniss der Zahlen 1043 : 1033, d. h. um ca. 1 Procent, also ein 8 cm langes Luftvolumen wird um etwa 0,8 mm verkürzt. Macht man die mit dem Knierohr verbundenen Röhren etwa 1 m lang, so kann man durch senkrecht Anheben derselben nach oben, bez. Senken nach unten schon den Druck um mehr als das 20-fache variiren (es kommt noch die Steighöhe des Tauchers in der Flasche hinzu). Das lange Glasrohr nehme man bei diesem Versuch etwas eng, damit das Wasser beim Verkleinern des Druckes nicht herausrinnt. Klebt man einen sehr schmalen Streifen Millimeterpapier, den man mit Lack bedeckt, an den Taucher in der Gegend der seitlichen Oeffnung, so kann man einen Schülner die mehr als 20 Procent betragende Gesamtänderung des Luftvolumens ablesen lassen und die gefundene Grösse mit der Länge der Luftsäule im Taucher und dem Unterschied der Druckhöhen zu einer einfachen Rechnung auf Grund des Mariotte'schen Gesetzes verbinden. Bei diesem Versuche kann das Wasserniveau im Taucher nicht unerheblich unter die seitliche Oeffnung sinken; die Luft wird am Herausreten durch das Oberflächenhäutchen gehindert.

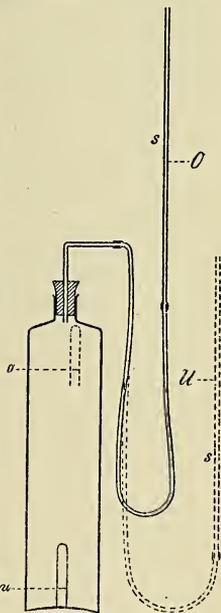


Fig. 4.

Hat man einen Taucher in eine enghalsige Flasche gebracht, in welcher er durch irgend welche Ursachen einen zu grossen Theil seiner Luftmenge eingebüsst hat, so kann man den Taucher auch dadurch wieder zum Aufsteigen bringen, dass man die Flasche — etwa mit einem Heber entleert und dann neu füllt.

Die Expansion der Luft zeigt man sehr anschaulich durch den Luftpumpenversuch, bei dem ein halb mit Luft gefülltes Reagensglas in ein Gefäss mit Wasser verkehrt eingestellt und unter den Recipienten gebracht wird. Es empfiehlt sich, auch hier den Taucher mit seitlicher Oeffnung zu verwenden. Man senkt denselben derart schräg in das in einem Cylinder befindliche Wasser, dass der Taucher auf den Boden sinkt, und stellt den Cylinder entweder unter einen hohen Recipienten oder man versieht ihn mit einem guten Kork, in dessen Durchbohrung ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr sitzt, das man durch weitere Stücke Glasrohr und festzubindende Gummiröhren an die Kolben- oder Wasserluftpumpe anschliesst. Gleich nach dem Beginn des Evacuirens erhebt sich der Taucher und eine Luftblase nach der anderen entweicht aus der seitlichen Oeffnung. Wenn man nun nicht gleich möglichst grosse Luftverdünnung hervorruft, sondern von Zeit zu Zeit das Arbeiten der Pumpe unterbricht, so kann man mit dem Taucher annähernd den Grad der bereits erreichten Luftverdünnung feststellen. Man lässt hierzu vorsichtig etwas Luft zurück-

treten (bei Benutzung der Kolbenluftpumpe lässt man einfach den Kolben zurückgehen), bis der Taucher gerade zu sinken beginnt. Dieser fällt jetzt viel schneller auf den Boden, als wenn über dem Taucher der gewöhnliche Luftdruck besteht, weil das Luftvolumen im Taucher in Folge des unten grösseren Wasserdruckes jetzt viel stärker verkleinert wird. Aus der Grösse dieser Volumabnahme und der Höhe der Flüssigkeitssäulen kann man in einer einfachen Aufgabe eine ungefähre Feststellung des über der Wasseroberfläche vorhandenen Druckes gewinnen. Beim weiteren Evacuiren macht sich der Einfluss des Dampfdruckes immer mehr bemerkbar. Benutzt man die Kolbenluftpumpe, so kann man mit diesem Versuch den Nachweis des Siedens von Wasser in der Kälte unter geringem Druck gleichzeitig erledigen.

Lässt man einen Taucher längere Zeit hindurch in nicht desinficirtem Wasser, so beobachtet man eine langsame Abnahme der Luftmenge, die in erster Linie von dem Verbrauch des im Wasser gelösten Sauerstoffes durch Mikroorganismen herrührt. Auch abgesehen hiervon treten ausser durch Wechsel von Temperatur und Barometerstand Aenderungen des im Taucher befindlichen Luftvolumens ein. Will man zu Versuchen, die am Schluss angedeutet sind, das Luftvolumen recht lange ungeändert durch Lösungsvorgänge bewahren, so wählt man zur Aufnahme des Tauchers eine andere, leicht bewegliche Flüssigkeit, Petroleum oder dergleichen. Versuche hierüber hat der Verfasser erst begonnen. Man hat in dem Aufsuchen des Punktes, in welchem der Taucher sich im labilen Gleichgewicht befindet, ein ziemlich genaues Mittel, ganz kleine Aenderungen des Volumens unter Berücksichtigung von Temperatur und Barometerstand zu messen.

An einer etwa  $\frac{1}{2}$  m langen Glasröhre *sk* (Fig. 5), die innen eine Millimetertheilung auf Papier enthält und an beiden Enden zugeschmolzen ist, befinden sich unten zwei verschiebbare, aber durch Reibung ziemlich festsitzende Spiralen aus Draht oder kurze Blechcylinder *b*. Dieselben haben zwei kurze, von der Röhre senkrecht forttragende Ansätze, welche den Taucher zwischen sich festhalten, jedoch derart, dass derselbe sich um 1 bis 2 mm aufwärts, bez. abwärts bewegen kann. Der untere Träger des Tauchers ist ein einfacher, wie die Figur zeigt, gebogener Draht *d*; der obere ist ein am Ende zu einem Ringe *r* gebogener Draht. Der Ringdurchmesser ist kleiner als derjenige des Tauchers. Man befestigt das Skalenrohr des kleinen Apparates, nachdem man diesen mit eingesetztem Taucher, in schiefer Stellung in die in einem Cylinder befindliche Flüssigkeit eingesenkt hat, so in einer Stativklemme, dass es leicht in senkrechter Richtung verschoben werden kann, und sucht nun diejenige Höhenlage für den Taucher auf, in welcher er nach einer leichten Erschütterung durch Klopfen an das Stativ mit dem Finger sich etwa ebenso geneigt zeigt, sich an den oberen, als den unteren Theil

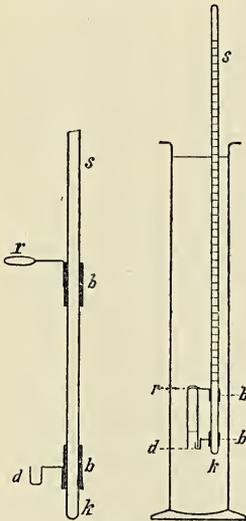


Fig. 5.

der seine Bewegung begrenzenden Stützen anzulegen. Man kann auch die Skalenröhre, nachdem der Ort des labilen Gleichgewichts annähernd ge-

funden ist, in der Klemme fester spannen und mit einem als Pipette benutzten Röhrchen das Flüssigkeitsniveau im Cylinder ändern. Schliesslich liest man das Skalenrohr wie ein Aräometer ab und notirt Temperatur der Flüssigkeit und Barometerstand.

Diese Beobachtung wird nach einigen Tagen, während welcher der Apparat ruhig stehen bleibt, wiederholt und die Ursache der inzwischen eingetretenen Aenderungen besprochen. Auch bei Schülerversuchen dürfte eine Genauigkeit der Beobachtung bis auf 2 mm leicht erreichbar sein, ein Werth, der einer Aenderung des Barometerstandes um etwa  $\frac{1}{7}$  mm entspricht. Die Methode gestattet möglicherweise auch Anwendungen auf der Schule fernerstehenden Gebieten\*).

Für solche Gase, die wie Kohlensäure und Acetylen in Wasser leichter löslich sind als Luft, kann diese Eigenschaft mit dem Taucher viel einfacher constatirt werden. Man füllt diesen entweder wie in der pneumatischen Wanne oder durch bloses Einleiten mit dem Gase, wobei man den Taucher mit Daumen und Mittelfinger, die seitliche Oeffnung abschliessend, festhält; nach dem Füllen legt man den Zeigefinger auf die Endöffnung des Tauchers und lässt diesen nunmehr in das in einem Cylinder befindliche Wasser gleiten. Der mit Kohlensäure gefüllte Taucher sinkt in reinem Wasser in 10 bis 15 Minuten, in sehr verdünntem Ammoniak in etwa 2 Minuten zu Boden. Ein mit Acetylen gefüllter Taucher braucht in reinem Wasser erheblich mehr Zeit. Die hierbei mitwirkenden Umstände sollen noch näher untersucht werden.

Wie schon Eingangs erwähnt, wurde zuerst von Schwalbe der Cartesianische Taucher als Druckindicator bei Schulversuchen benutzt\*\*). Durch sein Sinken, bez. sein Steigen macht der Taucher das vielleicht nur äusserst kleine Ueberschreiten zweier Druckgrenzen in einer die Aufmerksamkeit stark erregenden Weise bemerkbar\*\*\*). Man kann nun auch den Taucher dazu verwenden, die innerhalb zweier Grenzwerte vorhandenen Drucke in einer zwar nicht für genaue Messungen geeigneten, aber dafür besonders deutlich sichtbaren Weise anzuzeigen. Bringt man nämlich mit den oben angedeuteten Mitteln einen Taucher zum sogenannten Schweben†), so wird durch Druckänderungen im Cylinder, den man auf der Aussenseite mit einer lapidarisch gemalten Skale versehen kann, ein breit herstellbarer Index verschoben. Auf diese Weise sind die a. a. O. beschriebenen Apparate, ein Thermoskop, sowie ein Differential-Thermoskop construir††). In justirtem Zustande nicht transportirbar, weil die

\*) Die angegebene Genauigkeit entspricht einer solchen der Beobachtung kleiner Volumänderungen um etwa  $\frac{1}{5000}$ . Mit Hilfe von auf gleichem Princip beruhenden Apparaten können auch grosse Volumänderungen genau gemessen werden — soweit dies bei Benutzung von Wasser als Sperrflüssigkeit möglich ist. Weiteres hierüber möchte ich einer späteren Arbeit vorbehalten.

\*\*) Vergl. auch den Versuch von Geschöser, Poske's Zeitschr. XII, S. 350.

\*\*\*)) Beide Grenzwerte des Druckes liegen soweit auf einer Wasserdruckskale von einander, wie die Höhe der vom Taucher durchfallenen Flüssigkeitssäule beträgt.

†) Nimmt man es genau, so könnte man auch bei jenen Versuchsanordnungen (a. a. O. S. 214 unten und S. 216—218) nur von einer besonderen Art des Schwimmens reden und wohl behaupten, dass nur die Flüssigkeitsmolekeln und die in die gleichen Zustände übergeführten Molekeln und Ionen gelöster Körper zu „schweben“ vermögen.

††) Das Farbenthermoskop hat als ein Indicator für die Ueberschreitung zweier Temperaturen seinen Anwendungsbereich für sich.

Luft des Tauchers beim Kippen heraustritt, haben dieselben vorläufig noch den Nachtheil, dass die Luftmengen auch bei ruhigem Stehen der Apparate sich langsam verkleinern. Dieser Umstand wird wohl durch Aenderungen der Construction, insbesondere durch Fortschaffen der ohnehin durch Schlechtwerden die Brauchbarkeit der Apparate beeinträchtigenden Gummischläuche und Ausprobiren der besser als Wasser geeigneten Flüssigkeit zu beseitigen sein.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [1900](#)

Autor(en)/Author(s): Rebenstorff Hermann Alb.

Artikel/Article: [I. Schulversuche mit dem Cartesianischen Taucher 1003-1014](#)