

# Beschreibung einer hydrodynamischen Luftpumpe

v o n

Prof. Dr. **Frh. v. Feilitzsch**

in Greifswald.

Hierzu die Figurentafel No. 3.

---

Im 5. und 6. Jahrgange der Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen veröffentlichte ich die Theorie der Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten in einer Ansatzröhre mit engem Einfluss und weiter Mündung. Ich kam zu dem Schluss, dass unter geeigneten Bedingungen dadurch ein luftleerer Raum erzeugt werden könne, und hatte eine kleine Vorrichtung andeutungsweise beschrieben, welche ganz geeignet war, zur experimentellen Bestätigung der theoretischen Herleitungen zu dienen. Schon damals hatte ich die Absicht, die Versuche durch Konstruktion einer grösseren Luftpumpe zu erweitern, doch erlitt die Ausführung allerhand Verzögerungen, so dass das in Arbeit gegebene Exemplar erst zu der im Mai 1876 erfolgten Eröffnung der londoner Ausstellung wissenschaftlicher Apparate fertig gestellt werden konnte und dort unter No. 595 des Katalogs\*) Aufnahme fand.

Herr Dr. W. Holtz hatte die grosse Güte, verschiedene Zeichnungen von dem Apparat und seinen Theilen zu entwerfen, welche auf Tafel 3 enthalten sind, und auf welche in der nachfolgenden Beschreibung Bezug genommen werden mag.

Wenn auch die in der citirten Abhandlung niedergelegten Folgerungen für jede tropfbare Flüssigkeit dieselbe Bedeutung

---

\*) Catalogue of the special loan collection of scientific apparatus at the South-Kensington Museums. London 1876. — No. 792 auf S. 163 der deutschen Ausgabe von Dr. R. Biedermann. London 1877.

haben, so wurde doch dem Quecksilber der Vorzug gegeben, weil dasselbe zugleich als Sperrflüssigkeit gegen die auszupumpende Glocke benutzt werden konnte und die Anwendung eines zu diesem Zweck andernfalls bedurften Hahnes oder Ventiles entbehrlich machte. Es sollte also im Apparate Quecksilber bewegt werden, und deshalb war er aus Eisen zu konstruiren. Das Quecksilber wird nun aus einem Reservoir durch zwei Pumpen aufgesogen und mittelst derselben beim Rückgang ihrer Stempel einem Windkessel und von diesem dem Ausflussrohr überliefert. Die Mündung des letzteren führt wiederum unter die Quecksilberoberfläche im Reservoir, so dass sich dadurch die Flüssigkeit im dauernden Kreislauf befindet. Die als Bedingung gestellte Verengung der Einflussöffnung vom Ansatzrohr geschieht durch eine Röhre, welche zu dem Luftpumpenteller führt und dieser befindet sich in einer Höhe über dem Quecksilberniveau im Reservoir, welche mehr als die Barometerhöhe beträgt. Das Spiel der Pumpenstempel wird durch eine mittelst Kurbeln drehbare Welle, Krummzapfen und Leitstangen unterhalten. Die specielle Beschaffenheit der einzelnen Theile soll im Folgenden ausführlicher beschrieben werden.

Vier Platten von Gussstahl, Fig. 3 No. 1—4, jede 175<sup>mm</sup>. lang, 125<sup>mm</sup>. breit und 11<sup>mm</sup>. dick, sind aufeinander abgeschliffen, und dienen in ihrer Gesammtheit als Fussgestell der Pumpen, in welchem sich die Kanäle befinden. Dieser Umweg wurde gewählt, um das Einbohren der horizontalen Kanäle zu vermeiden, was bekanntlich und namentlich dann mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, wenn, wie hier, wegen des Gebrauches von Quecksilber jede Löthung vermieden werden muss. Die unterste Platte, No. 1, ist an zwei Stellen *a* und *b* von unten her enger, von oben etwas weiter durchbohrt, und auf dem dadurch entstehenden Absatz ruhen die zu beiden Pumpenstiefeln führenden Saugventile. Beide Durchbohrungen sind durch alle Platten nach oben hin fortgesetzt, so dass man durch Wegnahme der Pumpenstiefel zu den Ventilen gelangen kann. — Die zweite Platte, No. 2, enthält nun ausserdem noch die Verbindungskanäle zwischen den Saug- und Druckventilen, und zwar sind dieselben in der Breite von 10<sup>mm</sup>.



durch die ganze Platte gesägt, so dass sie etwas mehr als 1□<sup>cm</sup>. Querschnitt besitzen, wenn sie durch die darunter und die darüber befindliche Platte begrenzt werden. Die freien Enden dieser Kanäle führen zu den in der dritten Platte, No. 3, enthaltenen Druckventilen *d* und *e*. Auch diese letzteren ruhen auf Ansätzen in den unten engeren oben weiteren Öffnungen, welche letztere sich durch die vierte und oberste Platte nach oben fortsetzen. Ferner sind in No. 3 zwei Kanäle eingesägt, welche zu der Öffnung *c* führen und ebenfalls mit 10<sup>mm</sup>. Breite die Platte durchsetzen jedoch derart, dass die Ventilränder in *d* und *e* nicht mit fortgenommen, also die Kanäle nach denselben hin abgeschrägt sind. Dazu kommt noch ein dritter Kanal von gleicher Breite, welcher von *c* nach dem Hohlraum *ss* in Fig. 5 führt, indem sich der in dieser Figur dargestellte Theil, wie aus Figur 2 ersichtlich wird, vor den aufeinander gelegten Platten befindet, und daselbst durch Schrauben festgehalten wird. Die oberste Platte, No. 4, enthält nur die Fortsetzungen der genannten Durchbohrungen und trägt dann die weiteren Theile des Apparates.

Alle vier Platten wurden nach der Fertigstellung mässig erwärmt, alsdann zur nachmaligen besseren Dichtung mit einer leicht schmelzbaren und bei gewöhnlicher Temperatur sehr harten Mischung von Kanadabalsam und Wachs bestrichen, und nach dem Aufeinanderlegen derart mehrfach verschraubt, dass sie als ein einziges Stück betrachtet werden können.

Die vier Ventile sind Kegelventile und tragen axiale nach oben gerichtete Zapfen, welche sich in geeigneten Führungen bewegen. Sie werden durch Spiralfederh aus dünnem Stahldrath gerade mit solcher Kraft auf die Schlussränder niedergedrückt, dass sie nicht im Quecksilber schwimmen.

Auf der obersten Bodenplatte sind nun in der Art, wie es Figur 2 zeigt, zunächst zwei kleine Kappen mit Flanschen und Ledervorrichtung aufgeschraubt, welche die Öffnungen für die Druckventile luft- und quecksilberdicht decken. Ferner trägt diese Platte einen mittelst Flansche und Lederdichtung aufgeschraubten Windkessel, unter welchem die Öffnung *c* mündet, und in gleicher Weise sind darauf über den Öffnungen *a* und *b* die beiden Pumpenstiefel befestigt. Letztere sind

gussstählerne Röhren von  $22^{\text{mm}}$  äusserm und  $15^{\text{mm}}$  innerem Durchmesser, deren Höhe  $241^{\text{mm}}$  beträgt einschliesslich der Flanschenhöhe von  $6^{\text{mm}}$ . In den Stiefeln bewegen sich die Kolben mit  $200^{\text{mm}}$  Hubhöhe. Die Dichtung derselben liess sich wegen des zu starken Druckes nicht in der gewöhnlichen Weise bewerkstelligen. Vielmehr wurde jeder Kolben vom untern Ende her mit einer Schraubenmutter von gleichem Durchmesser versehen, welche zwei aufeinander liegende Lederkappen festpresst. Eine dieser Kappen ist nach unten über die Schraubenmutter die andere nach oben über die Stempelstange gezogen. Erstere wird durch den Quecksilberauftrieb gegen die innern Stiefelwände gepresst, und hindert so dessen Austritt, während die obere Kappe der untern als Stütze dient, um deren Aufstreifen zu verhindern.

Auf der hohen Kante der Gesamtbodenplatte, da wo die Öffnung  $f$  aus derselben hervorgeht, ist der in etwas grösserem Massstabe dargestellte Apparatentheil der Figur 5 luft- und quecksilberdicht aufgeschraubt. Derselbe besteht aus einem Eisenstück von  $59^{\text{mm}}$  Breite,  $44^{\text{mm}}$  Höhe und  $32^{\text{mm}}$  Gesamtdicke. Links oben und rechts unten ist dieser Block bis auf  $10^{\text{mm}}$  abgefeilt, so dass ein rhomboedrischer Vorsprung  $abcd$  von  $22^{\text{mm}}$  Dicke,  $25^{\text{mm}}$  Breite und  $51^{\text{mm}}$  schiefer Höhe übrig bleibt. Von der Innenseite her ist in diesen Vorsprung ein Hohlraum  $ss$  eingearbeitet, in welchen der Kanal  $cf$  (in Fig. 3, No. 3), sowie die Röhren  $Lc$  und  $Ao$  münden. Die Röhre  $Ao$  hat bei  $A$  einen innern Durchmesser von  $3,20^{\text{mm}}$  und bei  $oo$  einen innern Durchmesser von  $4,95^{\text{mm}}$  bei einer Länge von  $29,50^{\text{mm}}$ . Die Röhre  $Lc$  ist bei  $c$  auf eine längere Strecke bis auf einen äussern Durchmesser von  $4,02^{\text{mm}}$  cylindrisch abgedreht, und in diesem Theil bis auf die geringste Wanddicke ausgebohrt. Gegen  $L$  hin besitzt dagegen diese Röhre sowohl aussen als innen einen grössern Durchmesser. Die Röhre  $Ao$  ist auf der Seite  $bd$  und die Röhre  $Lc$  auf der Seite  $ae$  in den rhomboedrischen Vorsprung eingeschraubt und letztere kann in jeder Tiefe durch eine Contermutter  $mm$  festgestellt werden. Da sich die Röhre  $Aa$  gegen  $A$  konisch verjüngt, so lässt sich nach den bekannten Dimensionen leicht berechnen, wie weit das Ende  $c$  in der Röhre  $Ao$  vorgeschoben werden muss,



damit der Zwischenraum zwischen  $c$  und  $oo$  genau den vierten Theil des Querschnittes der Öffnung bei  $A$  misst, wie es die Theorie verlangt.

Der in Fig. 2. abgebildete Haupttheil des Apparates steht in einem gusseisernen Kasten, wie solches in Fig. 4 dargestellt ist, und wird in demselben durch seitliche Schrauben in seiner Lage erhalten. Von jenem Antheil sind hier nur die Kuppe des Windkessels und der obere Theil der Pumpenstiefel unbedeckt. Der Eisenkasten dient dazu, das Quecksilber aufzunehmen und ausserdem trägt er einen Ständer, an welchem die inneren Koulissen zur Führung der Pumpenstempel, so wie das mittlere Axenlager der Krummzapfen angebracht sind. Die Figur enthält ferner noch die Krummzapfen und die Leitstangen.

Fig. 1 endlich stellt den ganzen zusammengesetzten Apparat dar. Ein Gestell von starkem Eichenholz, nach allen Richtungen hin zweckmässig versteift, hat vom Fussboden aus eine Höhe = 107<sup>cm.</sup> Die untere Platte ist 77<sup>cm.</sup> lang und 31<sup>cm.</sup> breit. Die obere, den Luftpumpenteller tragende Platte ist 42<sup>cm.</sup> lang und 31<sup>cm.</sup> breit. In dem oberen Winkel der seitlichen Andreaskreuze ruhen die äusseren Lager der Krummzapfenwelle, und von da abwärts verlaufen die beiden äusseren Führungen der Kolbenstangen. Durch die obere Platte geht eine rechtwinklich gebogene Glasröhre, die einerseits mit dem Abführungsgang der Luft aus der Glocke durch eine Kautschukröhre verbunden wird, und welche andererseits mittelst eines Kautschukschlauches in luftdichter Verbindung steht mit dem Ende  $L$  der Röhre  $Lc.$  in Fig. 5 Die Verbindungsschläuche sind, weil sie den äusseren Luftdruck auszuhalten haben, mit Spiralen von Stahlrath innen ausgelegt. An die Krummzapfenwelle wird auf einer Seite ein Schwungrad mit Handgriff und auf der anderen Seite eine einfache Kurbel angesteckt. Letztere ist überflüssig, da der Apparat bequem von einem einzigen Arbeiter in Drehung versetzt werden kann.

Der Vorgang beim Auspumpen ist nun der folgende. Das in die Stiefel gehobene Quecksilber wird bei deren Rückgang in den Windkessel gepresst, und fliesst von diesem in den Hohlraum  $ss$  der Fig. 5. Dort hat es keinen anderen

Ausweg als durch den ringförmigen Zwischenraum zwischen  $oo$  und  $c$ , d. h. zwischen der weiteren Röhre  $oA$  und dem in demselben befindlichen Theil der Röhre  $Lc$ . Dieser Zwischenraum hat  $\frac{1}{4}$  vom Querschnitt der Ausflussöffnung bei  $A$  und wenn dann das Quecksilber mit 15 Atmosphären Druck durch denselben gepresst wird, entsteht daselbst Luftlere. Da nun die an gleicher Stelle mündende Oeffnung  $o$  der Röhre  $Lc$  mit der Luftpumpenglocke communicirt, muss von letzterer die Luft durch  $o$  abfließen, wird vom Quecksilber mit fortgerissen und tritt mit demselben bei  $A$  in das grosse Reservoir resp. die freie Luft aus. Wird dann das Spiel der Pumpen unterbrochen, so steigt das Quecksilber in Folge des äusseren Luftdruckes in der Verbindungsröhre gegen die Luftpumpenglocke empor, um sich innerhalb der Röhre der Barometerhöhe asymptotisch anzunähern. Wurde statt der Luftpumpenglocke ein einfaches Manometer mittelst eines Kantschoukschlauches vorgelegt, so konnte die Verdünnung bis auf  $1^{\text{mm}}$  Quecksilberdruck gebracht werden.

Ein absolut luftlerer Raum ist aber durch diese hydrodynamische Luftpumpe ebensowenig zu erzielen, wie durch die gewöhnliche aerostatische, da hier das in gleichen Zeiten austretende Luftvolum zwar constant bleibt, aber wegen Verminderung der Spannkraft in der zurückbleibenden Luft die in dem Volumen enthaltene Masse ebenfalls proportional zur Zeit abnimmt. Es ist also theoretisch auch bei dieser Form eine zwar rasche aber immerhin nur asymptotische Annäherung an die absolute Luftlere möglich.

Wenn ferner auch der sogenannte schädliche Raum der gewöhnlichen aerostatischen Pumpen bis zur Bedeutungslosigkeit für die Praxis herabgedrückt worden ist, so dürfte es doch als theoretisch interessant hervorgehoben werden, dass derselbe hier gar nicht existirt. Als ein weiterer Vortheil ist hervorzuheben, dass in demjenigen Antheil, in welchem die Luftbewegung stattfindet, jeder Hahn und alle Ventile entbehrt werden können, vielmehr nur ein einziger Stopfen im Fuss des Luftpumpentellers hinreicht, um erforderlichen Falles die entlerte Glocke wieder mit Luft zu füllen.

Schliesslich mag noch ein kurzer Nachweis folgen über die Berechnung der einzelnen Theile der Pumpe. Die Durchflussmenge des Quecksilbers durch die ringförmige Oeffnung (oo in Fig. 5) von 2,01 □ Millimeter Querschnitt bei 15 mal 760<sup>mm</sup>. Quecksilberdruck beträgt für 1 Sekunde

$$2,01 \sqrt{2.9807.15.760} = 30066 \text{ Kubikmillimeter.}$$

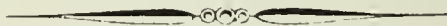
Auf einen Kontraktionskoeffizienten braucht bei der eigenthümlichen Gestalt dieser Oeffnung nicht Rücksicht genommen zu werden. Ferner wird durch die beiden Stiefel von 7,5<sup>mm</sup>. Halbmesser bei 200<sup>mm</sup>. Hubhöhe der Kolben durch  $n$  Umdrehungen eine Quecksilbermenge jener Oeffnung zugeführt, welche gleich ist

$$n. 2. 3,14. 7,5^2 200 = n. 76686 \text{ Kubikmillimeter.}$$

Sollen diese beiden Werthe einander gleich sein, so würde die nöthige Quecksilbermenge bei 0,425 Umdrehungen der Welle in 1 Sekunde, oder bei einer Umdrehung in 2,35 Sekunden geliefert werden. Nach Fertigstellung des Apparates zeigte sich aber, dass ein Mann bequem eine Umdrehung schon in 1 Sekunde zu leisten vermag, dass also bei geeigneter Wahl grösserer Abmessungen ein noch rascheres Evacuiren möglich ist, als dieser Apparat gestattet.

Die Luftpumpe wurde von Herrn Mechanicus Demmin hierselbst nach vorstehenden Angaben ausgeführt.

Greifswald im November 1877.



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Feilitzsch

Artikel/Article: [Beschreibung einer hydrodynamischen Luftpumpe 118-124](#)