

V.

*Vorschlag zu einer zweistiefligen Hahn-Luftpumpe,
mit welcher sich die Verdünnung weiter als mit
der gewöhnlichen treiben läßt;*

VON

J. G. GRASSMANN, Prof. am Gymn. zu Stettin.

Die Vorzüge der Hahn-Luftpumpe vor den Luftpumpen mit Ventilen sind unter den Physikern anerkannt. Sie lassen sich eben so gut zur Compression der Luft, als zur Evacuation, auch zum Umfüllen der Gasarten, ohne diese mit Wasser in Berührung zu bringen, brauchen; geben eine grössere Verdünnung, welche nur durch das Verhältniß des schädlichen Raumes zum Inhalte des Stiefels beschränkt wird, und sind weniger wandelbar als die Ventil-Pumpen, bei denen man sich der unangenehmen und schmutzigen Arbeit, die Ventile von Zeit zu Zeit nachzusehen, nicht überheben kann, und die schon dann aufhören zu evacuiren, wenn das Uebergewicht der Expansivkraft der beim Herabgehen des Kolben in dem Stiefel verdichten, über die äussere Luft, das Ventil nicht mehr zu heben vermag. Diese Vortheile werden von der kleinen Unbequemlichkeit, den Hahn nach jedem Kolbenzuge drehen zu müssen, nicht aufgewogen, ist er nur so angebracht, daß man jedesmal bequem hinzu kommen kann, ohne eines Gehülfen zu bedürfen; und jemand,

der so unkundig ist, daß er nicht weiß, wie er den Hahn zu drehen hat, sollte billig keine physikalischen Instrumente in die Hand nehmen.

Es sind mir von neueren Bemühungen zur Verbesserung der Hahn-Luftpumpe vorzüglich die der HH. Muncke und Messerschmidt bekannt geworden *). Beide suchten den schädlichen Raum dadurch zu vermindern, daß sie den Hahn dem Boden des Stiefels so nahe als möglich brachten, und den Fortsatz des Kolben bis unmittelbar, oder doch nahe an den Hahn treten ließen. Gänzlich läßt sich indess der schädliche Raum so nicht vermeiden; der Fortsatz des Kolben darf den Hahn nicht berühren, wenn er ihn nicht verletzen und sehr bald unbrauchbar machen soll; und immer bleibt einiger leerer Raum um die untere Metallscheibe des Kolben, auf welcher die Lederscheiben ruhen, wie sorgfältig auch die Arbeit ausgeführt sey, der sich mit Luft füllt, und der endlichen Verdünnung eine Grenze setzt.

Der Gedanke scheint sehr nahe zu liegen, sich, bei einer zweistiefligen Luftpumpe, zur Verdünnung der Luft des schädlichen Raumes in dem einen Stiefel, des andern Stiefels zu bedienen, und es ist zu verwundern, daß, so viel mir bekannt, bisher noch niemand auf diesen so leicht ausführbaren Gedanken gekommen ist, zumal doch schon Little bei einer einstiefligen Luftpumpe eine Vorrichtung zu einem ähnlichen Zweck angegeben hat. (Gilb. Ann. B. 6 S. 1.) Die von mir in den nachfolgenden Blättern beschriebene

*) Voigt's Magazin 6ter Bd. S. 146. — Gilbert's Annalen B. 43 S. 387 und B. 43 S. 144.

Einrichtung eines Hahns zu einer zweistiefligen Luftpumpe ist zwar bis jetzt noch nicht ausgeführt, (denn es steht mir bei dem physikalischen Unterricht auf dem hiesigen Gymnasio eine recht gute Ventil-Luftpumpe zu Gebote, welche aus dem Nachlasse des Geli. Ober-Bauraths Simon zu Berlin entstanden worden); allein sie ist so einfach, so leicht ausführbar, und die Wirkung scheint so sicher zu seyn, daß ich kein Bedenken trage, sie Kennern der Physik zur Prüfung vorzulegen. Die Zeichnungen auf Taf. III beziehen sich auf keine bestimmten Maasse, sondern sollen nur die Einrichtung verdeutlichen.

An das Bodenstück *CD* Fig. 1 und 2 einer zweistiefligen Luftpumpe, auf welchem die beiden Stiefel *A* und *B* stehen, ist als Hülle des diesen beiden Stiefeln gemeinschaftlichen Hahns ein viereckiges prismatisches Stück Messing *EF* angegossen, welches sich nach hinten zu noch über die beiden Stiefel hinaus verlängert. Auf jeder Seite desselben befindet sich eine etwa 8 Linien dicke Messingtafel, welche noch etwas über die Mitte der Grundfläche der Stiefel hinausgeht, und die Communications-Röhren *lmn*, *opq* aufzunehmen bestimmt ist. Das ganze Bodenstück mit Inbegriff dieser beiden Tafeln wird wohl am besten aus einem Guß gemacht. Die Röhren *lm* und *pq* werden von Außen in die Messingtafeln eingebohrt, und sodann durch Schließschrauben wieder verschlossen, so daß man die Röhren wieder reinigen kann, wenn diese weggenommen werden. Dasselbe gilt auch von einer Durchbohrung des Hahns.

Der Hahn *acbf* ist in Fig. 1 und 2 in einem senkrechten Schnitte durch die Axen der beiden Stiefel vor-

gestellt. Dieser Schnitt ist zugleich senkrecht auf die Axe des Hahns und seiner Hülse, und zeigt die Durchbohrungen desselben, welche in die Ebene dieses Schnitts fallen. Von den 4 Längen-Durchschnitten durch die Axe des Hahns Fig. 3 bis 6 beziehen sich die 2 ersten auf die Lage desselben in Fig. 1, die beiden letztern auf die Lage in Fig. 2: Fig. 3 und 5 sind *verticale*, Fig. 4 und 6 *horizontale* Durchschnitte; der Arm *uf*, an welchem der Hahn gedreht wird, liegt auf derselben Seite der Pumpe, an welcher sich die Kurbel befindet, durch die die Kolben auf und ab gewunden werden. Dieses gut bemerkt, wird nun das Nachfolgende deutlich seyn.

In der Ebene durch die beiden Axen der Stiefel ist der Hahn einmal in *ab*, und zwar ganz und central, und zweitens senkrecht auf *ab* in der Richtung *cd* und *fg*, hier aber nur zu einem Drittel der Dicke des Hahns durchbohrt. Die Durchbohrung *cd* wendet sich alsdann aus dieser Ebene weg *nach hinten* zu bis in *e* Fig. 3 und 6, und trifft dort auf eine mit *ab* parallele Durchbohrung *ik* Fig. 4 und 5, wo die Einmündung derselben bei *e* angedeutet ist. Die andere halbe Durchbohrung *fg* wendet sich in *g* *nach vorne*, und öffnet sich bei *h*, wo sie sich konisch erweitert, und so eingerichtet ist, daß ein Ventil aufgeschraubt werden kann.

Wie die Hülse des Hahns in der Ebene durchbohrt ist, welche durch die Axen der beiden Stiefel geht, zeigen deutlich Fig. 1 und 2. Außerdem ist diese Hülse noch an einer andern, weiter nach hinten liegenden Stelle, in *rs* Fig. 3 und 5, durchbohrt, so daß die hintere Durchbohrung des Hahns bei der Stellung, welche Fig. 2 zeigt, und in der gerade entgegengesetz-

ten genau auf diese Durchbohrung der Hülse trifft, wie man in Fig. 5 sieht. Bei *s* wird das *Communications-Rohr* mit dem Recipienten der Luftpumpe aufgeschraubt.

Die Art, wie die Luftpumpe bei dieser Einrichtung des Hahns wirkt, ist nun leicht zu übersehen. In der Stellung des Hahns, welche Fig. 2 zeigt, ist der Stiefel *A* durch die Röhre *lmn*, und durch *cd*, *de*, *ei*, *rs* (Fig. 6 und 5) in offener Gemeinschaft mit dem Recipienten; dagegen ist der Stiefel *B* durch die Röhre *opq* Fig. 2 und *fg h* Fig. 6 in Gemeinschaft mit der freien Luft. Ist nun der Zug vollendet, und der Kolben in *B* auf den Boden seines Stiefels angekommen, so ist der Stiefel *A* mit verdünnter, dagegen die Röhre *opq*, so wie der Raum, welcher sich etwa noch unter dem Kolben in *B* befindet, mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft angefüllt. Wird nun der Hahn gedreht, so ist die Communication mit dem Recipienten sogleich abgeschnitten, und die Durchbohrung des Hahns *cdeik* mit Luft von gleicher Dichtigkeit, mit der des Recipienten angefüllt. Die Gemeinschaft zwischen dem Recipienten und dem andern Stiefel tritt erst wieder ein, nachdem der Hahn eine halbe Umdrehung gemacht hat, und *c* bei *q*, *f* bei *n* angekommen ist, also nun *B* mit dem Recipienten, *A* mit der freien Luft in offener Verbindung steht. In so weit wirkt nun dieser Hahn als ein gewöhnlicher Senguerd'scher, und sein Eigenthümliches wäre nur, daß er für beide Stiefel gemeinschaftlich ist. Aber beim Drehen kömmt er nach Vollendung einer Viertels-Umdrehung in die Stellung Fig. 1, in welcher beide Stiefel mittelst der Durchbohrung *ab* in offener Gemeinschaft sind, die

Luft aus der Röhre *opq* und dem übrigen schädlichen Raume sich also mit der verdünnten Luft in dem Stiefel *A* in gleiche Dichtigkeit setzt. Man sieht leicht, daß dieses Ueberströmen der Luft aus dem schädlichen Raume des einen Stiefels in den luftverdünnten des andern zu einer Zeit Statt findet, wo alle Gemeinschaft mit dem Recipienten abgeschnitten ist, und um so schneller und heftiger vor sich gehen wird, je größer der Unterschied in der Dichtigkeit in den beiden Räumen ist, also zu Ende der Operation stärker als zu Anfang bei den ersten Kolbenzügen. Da es nun gegen Ende der Operation auch nur vorzüglich darauf ankommt, die Wirkung des schädlichen Raums zu vermindern, so wird man sich, wenn die Durchbohrung *ab* hinlänglich weit, und überdies die kleinen Einschnitte bei *b* und *a* Fig. 1 und 2 zur längern Erhaltung der Communication angebracht sind, überall wenig darum kümmern dürfen, den Hahn in der Stellung Fig. 1 lange zu erhalten; es wird genügen, ihn anfangs ohne Unterbrechung mittelst des Arms *uf* herum zu werfen, und bei sehr genauen Versuchen ihn gegen Ende der Operation in der senkrechten Stellung Fig. 1 etwas anzuhalten. Die Erfahrung muß darüber entscheiden, wie lange, und sie wird bald das rechte Maafs finden lehren.

Die hier beschriebene Einrichtung des Hahns verstatet zwar noch immer alle Vorichtsmaafsregeln zur Vermeidung des schädlichen Raums anzuwenden, allein es kommt hier weniger darauf an. Es sey derselbe mit Inbegriff des Canals *opq* oder *lmn*, $\frac{1}{n}$ von dem Spielraume des Kolben. Die Grenze der Verdünnung

wird dann erreicht seyn, wenn die Luft auf die Circulation zwischen beiden Stiefeln beschränkt ist, und diese nichts mehr aus dem Recipienten aufnehmen. Die Dichtigkeit der bis zu dieser Grenze verdünnten Luft sey x , die der atmosphärischen d gesetzt; der schädliche Raum sey r , und der Spielraum des Kolben R , so also, daß $R = nr$. Da die in dem schädlichen Raume zurückbleibende Luft mit der atmosphärischen gleiche Dichtigkeit hat, so beträgt die Masse derselben rd ; die Masse der im andern Stiefel enthaltenen Luft von der Dichtigkeit x beträgt Rx . Oeffnet man nun die Communication zwischen beiden, so verbreitet sich diese Luftmasse, welche $= rd + Rx$ ist, durch den Raum $R + r$ gleichmäfsig; ihre Dichtigkeit ist daher $= \frac{Rx + rd}{R + r}$, und die im Raum r zurückbleibende

Luftmasse $= r \cdot \frac{Rx + rd}{R + r}$ Diese Masse muß nun, wenn der Kolben aufgewunden wird, wieder die Dichtigkeit x haben, und man hat daher die Gleichung:

$$r \cdot \frac{Rx + rd}{R + r} = Rx; \text{ daher}$$

$$Rrx + rrd = RRx + Rrx \text{ und } x = \frac{r^2}{R^2} d.$$

Ist nun $R = nr$, so ist die Gränze der Verdünnung

$$x = \frac{r^2}{n^2 r^2} d = \frac{1}{n^2} d.$$

Nimmt man an, es sey der schädliche Raum $\frac{1}{100}$ vom Spielraume des Stiefels, welches auch bei einer wenig genau gearbeiteten Luftpumpe zu viel ist, so würde $n = 100$, und $x = \frac{1}{10000} d$ seyn, und also die Pumpe die Luft 10000 mal verdünnen können. Wir wol-

len setzen, der Barometerstand sey 28 Zoll = 336 Linien, und es werde das Ventil bei h erst durch einen Druck von 4 Linien Quecksilber geöffnet, so würde bei einer bloß durch die Wirkung des schädlichen Raums begränzten Verdünnung, die Barometerprobe in einer solchen Luftpumpe bis auf $\frac{340}{1000}$ oder nahe bis $\frac{1}{30}$ Linie sinken müssen, was schon über die Gränzen der Genauigkeit hinaus liegt, die man bei der Beobachtung der Barometerprobe gewöhnlich erreicht, und man kann diese Wirkung daher hier schon füglich außer Acht lassen. Es hält aber nicht schwer, bei großen Stiefeln den schädlichen Raum bis auf $\frac{1}{300}$ oder gar $\frac{1}{1000}$ herab zu bringen, und da dann die Gränze der Verdünnung nur ein Milliontheilchen der anfänglichen Dichtigkeit betragen würde, so ließe sich dabei die Wirkung des schädlichen Raums als völlig verschwindend annehmen, und erhielte man die erwartete Verdünnung nicht, so müßte die Ursache in andern Umständen liegen.

Auch für eine solche zweistieflige Luftpumpe scheint mir ein niedriger Tisch und offene Stiefeln, die in das Bodenstück eingeschraubt werden, die bequemste Einrichtung zu seyn. In meiner Luftpumpe mit 14 Zoll hohen Stiefeln macht die Kurbel bei jedem Zuge etwa 60 Grad über einen vollen Umlauf. Ich finde es am bequemsten das Getriebe zwischen die gezähnten Stangen der Kolben so einzusetzen, daß die Kurbel in der Mitte des Zuges gerade senkrecht in die Höhe, und daher bei Beendigung desselben abwärts, etwa 30 Grad nach der Seite desjenigen Stiefels geneigt steht, in welchem der Kolben seinen höchsten Stand-

punkt erreicht hat. Dann ist die Hand aber auch gerade in der günstigsten Lage, um zu dem Endpunkte des Armes *f* Fig. 2 zu gelangen, und denselben herum zu werfen. Es bedarf dann keiner künstlichen Steuerung, die aber auch bei diesem Hahn eben so gut wie bei jedem andern angebracht werden kann, der Maschine aber viel von ihrer Einfachheit raubt.

Eine Luftpumpe mit einem solchen Hahne gewährt mancherlei Bequemlichkeit bei einer solchen völlig abgeforderten, immer in unserer Gewalt stehenden Communication zwischen beiden Stiefeln. Sehr bequem muß sie unter andern auch bei Behandlung, Umfüllung und Mischung der Gasarten seyn. Wenn man das Ventil bei *h* abschraubt, und eine in die kegelförmige Erweiterung der Röhre *g h* genau eingeschliffene Spitze einsetzt, oder durch eine über die Röhre des Gasgefäßes überhangende Schraubenmutter dagegen drückt; so kann man auch ohne Recipienten das Gas in den einen Stiefel ziehen, es in den andern herüber treiben, wieder in ein anderes Gefäß zurückgeben u. s. w. Wollte man z. B. zwei Gasarten mischen, die natürlich von der Beschaffenheit seyn müssen, daß sie das Metall nicht angreifen, so müßte man die Communications-Röhre nach dem Recipienten hin sperren, dann die Stiefel von atmosphärischer Luft gehörig befreien, und nun die eine in den ersten Stiefel ziehen, sie in den andern übertreiben, und dann die andere Gasart in den ersten Stiefel ziehen, und beide durch mehrmaliges Uebertreiben aus dem einen Stiefel in den andern gehörig mischen, und entweder in den luftleer gemachten Recipienten, oder in

eine Blase, oder in ein anderes luftleer gemachtes oder mit einer tropfbaren Flüssigkeit gefülltes Gefäß zurück geben, wobei die Höhen, bis zu welchen die Kolben hinaufgezogen werden, ein ungefähres Maafs für die Menge jeder Gasart gäben. Wie man sich zu benehmen habe, um auch den kleinen Antheil atmosphärischer Luft aus der Röhre *fgh* und der damit verbundenen Gasröhre bis zum Hahne derselben wegzuschaffen, wird jeder, der die innere Oekonomie des Instruments gehörig begriffen hat, leicht übersehen.

Die hier gegebene Lage des Halms unter dem Bodenstücke der Stiefel, und so, daß der Arm zum Dreher desselben nach vorn geht, und mit dem Arm der Kurbel zum Auf- und Abwinden der Stempel in eine Ebene fällt, schien mir aus mehreren Gründen die beste zu seyn. In Fig. 7 ist er abgebildet, wie er zwischen die beiden Stiefel so angebracht werden kann, daß seine Axe in die Ebene des Bodenstücks fällt. Die Einrichtung ist alsdann noch einfacher, und die Kanäle sind kürzer. Einige Risse mit dem Grabstichel in den Boden der Stiefel gegen die Kanäle hingezogen, würden diese mit allen Theilen desselben in hinlängliche Verbindung setzen; allein man behielte beim Bau der Luftpumpe dann nicht mehr Freiheit, die Entfernung der Stiefel willkürlich zu bestimmen, und dann würde die Besorgniß entstehen, ob nicht durch die starke Friction beim Auf- und Abwinden der Kolben das Bodenstück jedesmal ein wenig gebogen, und dadurch zugleich die Form der Hülse des Halms so verändert würde, daß derselbe nicht mehr vollkommen luftdicht

schlüsse. Daß diese keine unbegründete Besorgniß sey, erhellet daraus, daß starke astronomische Instrumente beim Umwenden ihre Form bloß durch ihr Gewicht verändern, und sie könnte den Künstler vielleicht bewegen, die Hülfe des Hahns in Fig. 1 u. 2 nicht mit dem Bodenstücke aus einem Gusse zu machen, sondern sie nur daran zu befestigen, wiewohl das Ganze dadurch an Solidität etwas verlieren möchte.

Bei der von Herrn Physikus Dr. Messerschmidt in Naumburg in diesen Annalen Band 45 angegebenen Einrichtung der Hahn-Luftpumpe, würde sich eine Communication zwischen beiden Stiefeln gleichfalls recht wohl anbringen lassen, wenn man zu den gegebenen noch eine um 90° abstehende innere Durchbohrung des Hahns hinzufügte, die diese Verbindung bewirkte. Fig. 8 stellt den um 90° gedrehten Hahn vor; *o* und *s* sind die Eingänge zu den B. 43 Taf. III Fig. 5 im Durchschnitt dargestellten Durchbohrungen, und *ab* ist die Röhre, mittelst deren beide Stiefel in Verbindung gesetzt werden können. Diese Einrichtung erfordert aber einen Gehülfsen, der den Hahn dreht, weil er zur Seite angebracht ist, und man nicht ohne Unbequemlichkeit nach jedem Kolbenzuge zu dem Arme desselben gelangen kann.
