

schenkels geschehe, so dass die Oeffnung nicht zu gross wird (und nicht zu lange Zeit offen bleibt). Denn wenn zu viel Wasser in das Gefäss dringt, wird der Heber eine zu grosse Luftmenge aus diesem aufnehmen, und indem diese durch den Schenkel abfließt, könnte sie das Gewicht der Wassersäule zu sehr beeinträchtigen und die Wasserströmung aufhören. Um dies zu vermeiden, muss man die Mündung immer nur wenig öffnen und rasch schliessen . . . . So wird das Gefäss in abgebrochenen Zwischenräumen gefüllt, und wenn es voll und der Hals geschlossen ist, öffnet man eine untere Mündung und nimmt das Wasser heraus . . . .“

Selbstverständlich muss auch durch ein Hähnchen Luft in das Gefäss eingelassen werden können, wenn das Wasser daraus abfließen soll. Da die mangelhafte Abbildung von diesem Apparate aus PORTA's Werk in diejenigen

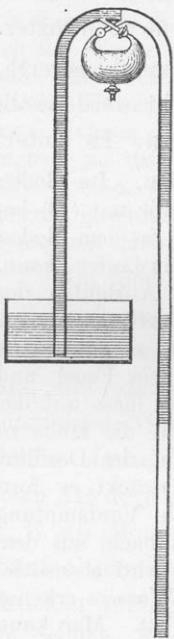


Fig. 301.

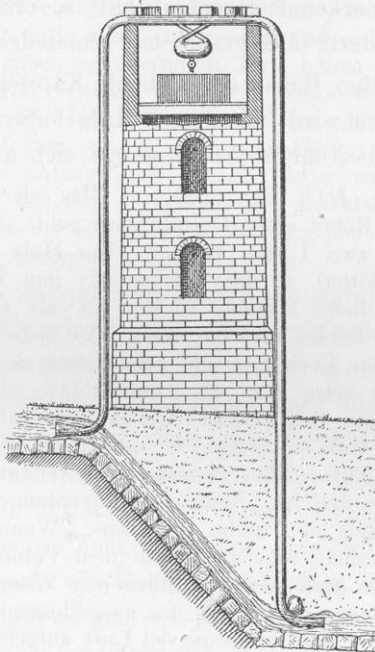


Fig. 302.

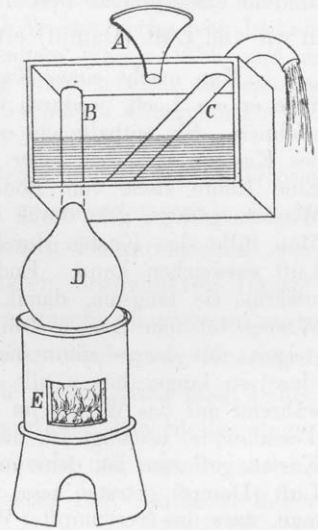


Fig. 303.

vieler späterer Schriftsteller übergegangen ist, und diese meist noch mangelhaftere Erklärungen dazu gesetzt haben, glaubten wir die Beschreibung PORTA's, soweit es uns für die Verständlichkeit nöthig schien, hier wiedergeben zu sollen.

In Kapitel XV wird gezeigt, wie man durch den soeben beschriebenen Heber Wasser aus einem Bache auf einen Thurm schaffen kann. Es ist hier offenbar vorausgesetzt, dass bei dem Thurme ein genügend grosses Gefälle in dem Bache vorhanden sei (siehe Fig. 302). Das Ende des kürzeren Heberschenkels ist gegen die Strömung horizontal umgebogen und in das Oberwasser eingetaucht, so dass dieses nicht nur von dem Heber angesaugt, sondern auch durch die Strömung hineingetrieben wird. Das Ende des längeren Schenkels ist in das Unterwasser eingetaucht und mit der Strömung horizontal umgebogen, so dass diese das aus dem Heber fliessende Wasser rasch wegführt.

Hier, sowie in dem nun folgenden ersten Kapitel des zweiten Buches, tritt wieder deutlich hervor, dass PORTA von der bei etwa 10 m gelegenen Grenze der Saughöhe nichts wusste. Denn in dem letztgenannten Kapitel will er zeigen, dass man mittelst eines Hebers Wasser über einen Berg aus einem Thale in ein benachbartes, tiefer gelegenes Thal bringen könne, und es ist kaum zu bezweifeln, dass er sich den Berg höher als den vorhin genannten Thurm und diesen mehr als 10 m hoch vorstellte. Am höchsten Punkte des über den Berg geführten Hebers soll ein Trichter mit Hahnverschluss angebracht sein, um ersteren füllen zu können. Die Heberöhre soll aus Thon, Blei oder Kupfer hergestellt werden. Eisen ist nicht genannt, denn gusseiserne Röhren kamen, wie wir schon früher zu bemerken Gelegenheit hatten, erst in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts in Gebrauch und schmiedeiserne noch später.

Ferner ist aus dem zweiten Buche das siebente Kapitel bemerkenswerth, in dem ein Apparat beschrieben wird, mit dessen Hilfe untersucht werden soll, in wie viel Luft (Dampf) eine bestimmte Wassermenge sich auflöst. Es lautet:

„Man mache einen Kasten (*BC*) (Fig. 303) von Glas oder Zinn. Im Boden habe er ein Loch, wodurch die Röhre einer Destillirblase geht, die wir mit (*D*) bezeichnen. Sie enthalte ein oder zwei Unzen Wasser. Der Hals sei in dem Boden des Kastens verlöthet (oder verkittet), so dass nichts aus ihm herauslaufen kann. Eine Röhre stehe vom Boden dieses Kastens so weit ab, als zum Auslaufen des Wassers genügt, gehe durch den Deckel und ein wenig über seine Oberfläche hinaus. Man fülle den Kasten durch das Loch (*A*) und verschliesse es gut, so dass keine Luft entweichen kann. Endlich setze man die Destillirblase über ein Feuer und erwärme sie langsam, damit, wenn das Wasser sich in Luft auflöst, diese auf das Wasser in dem Kasten drückt und es zwingt, in der Röhre (*C*) in die Höhe zu steigen, aus der es dann herausläuft. Man erwärme das Wasser (in der Destillirblase) so lange, bis es alle geworden ist. Während es verdampft, drückt es fortwährend auf das Wasser im Kasten und treibt dieses aus. Wenn die Verdampfung (l'essalatione) beendigt ist, messe man, wieviel Wasser (dem Volumen nach) aus dem Kasten geflossen ist, denn an die Stelle des ausgeflossenen Wassers wird ebensoviel Luft (Dampf) getreten sein, und aus der Menge des ausgeflossenen Wassers erkennt man, dass das (verdampfte) Wasser sich in ebensoviel Luft aufgelöst hat. Man kann auch (mit diesem Apparat) bequem messen, in wieviel Theile dünnerer Luft eine gegebene Menge dichter Luft sich ausdehnen lässt, und obgleich wir dieses Thema schon in unserer Meteorologie behandelt haben, so soll es uns, da es unserem Zwecke hier entspricht, doch nicht verdrissen, noch einmal darüber zu sprechen.“

Es folgt die Beschreibung des betreffenden Experiments.

Trotz aller Mangelhaftigkeit des Apparates ist der vorstehend beschriebene Versuch PORTA's als der erste zur quantitativen Bestimmung einer Verdampfung von Interesse. Auch möchten wir schon jetzt darauf hinweisen, dass man nach einer kleinen Veränderung des Steigrohres diesen Apparat dazu benutzen kann, um das Wasser aus dem Kasten durch den Dampf hoch in die Höhe zu treiben. Er ist als eine Modifikation des Heronsballes zu betrachten. Wendet man zwei Kasten an, versieht deren Steigrohre mit einem Hahn und schleift sie in eines zusammen, so kann man einen kontinuierlichen Wasserstrahl erhalten, wenn man abwechselnd den einen Kasten füllt, während der andere sich entleert.

In dieser Form gross und stark ausgeführt, stimmt der Apparat wahrscheinlich mit der Dampfmaschine überein, welche der MARQUIS OF WORCESTER erfand, denn in seiner Schrift „a Century of the Names and Scantlings of the Marquis of Worcester's Inventions. 1663“ sagt er\*):

68. „Eine wunderbare und höchst kraftvolle Art, Wasser durch Feuer in die Höhe zu treiben, nicht durch Anziehen oder Ansaugen, denn das kann, wie die Philosophen sagen, nur „Infra sphaeram activitatis“, d. h. nur auf eine gewisse Entfernung (Höhe) geschehen, sondern diese Art hat keine Grenzen, wenn die Gefässe stark genug sind; denn ich habe ein Stück von einer ganzen Kanone, deren Ende zersprungen war, genommen und zu drei Viertel mit Wasser gefüllt, und nachdem ich das zerbrochene Ende, sowie das Zündloch verstopft und verschraubt und ein anhaltendes Feuer darunter gemacht hatte, barst es innerhalb 24 Stunden mit einem lauten Knall; so dass, nachdem ich ein Mittel gefunden hatte, meine Gefässe so zu machen, dass sie durch die Kraft darin verstärkt werden und sich eines nach dem anderen füllt, ich das Wasser in einem andauernd 40 Fuss hohen Springbrunnenstrahle ausströmen sah. Ein Gefäss voll Wasser, das durch Feuer verdünnt wird, treibt 40 (Gefässe) kalten Wassers in die Höhe. Und ein Mann, der den Apparat bedient, hat nur zwei Hahnen zu drehen, damit, wenn ein Gefäss voll Wasser verbraucht ist, ein anderes zu drücken anfängt und es sich wieder mit kaltem Wasser füllt, und so abwechselnd, wobei das Feuer gewartet und gleichmässig erhalten wird, was dieselbe Person gleichfalls in der Zwischenzeit zwischen den nothwendigen Umdrehungen der genannten Hahnen besorgen kann.

Da hier das Zersprengen eines Kanonenrohres als Beweis für die Grösse der Kraft angeführt wird, welche bei der Maschine angewendet wurde, so ist wohl nicht zu bezweifeln, dass diese eine Hochdruck-Dampfmaschine war, und die oft wiederholte Behauptung, dass die ersten brauchbaren Dampfmaschinen Niederdruck oder vielmehr atmosphärische Maschinen gewesen seien, dürfte danach einzuschränken sein. Denn brauchbar sind auch Maschinen nach Art derjenigen des MARQUIS OF WORCESTER, da sie thatsächlich noch heute, z. B. als Monte-jus in Zuckerfabriken, gebraucht werden. Die Stelle obigen Citats: „damit, wenn ein Gefäss voll Wasser verbraucht ist, ein anderes zu drücken anfängt und es sich wieder mit kaltem Wasser füllt“, scheint sagen zu wollen, dass das ausgetriebene Wasser heiss gewesen sei, dass also die Maschine wohl nur aus einer Kombination zweier direkt erhitzter Heronsbälle nach Art des SALOMON DE CAUS bestand. Da es aber doch kaum möglich gewesen sein dürfte, das kalte Wasser bis zur Siedhitze zu bringen, ehe das aus dem anderen Gefässe getriebene zu Ende gegangen war, und auf diese Weise einen kontinuierlichen Wasserstrahl zu erhalten, so neigen wir zu der Ansicht hin, dass die Dampferzeugung, wie bei dem soeben besprochenen Apparate PORTA's, in einem besonderen Dampfkessel erfolgte.

Wenden wir uns dem in Rede stehenden Werke desselben wieder zu, so finden wir das neunte Kapitel des zweiten Buches überschrieben: „Wie wir starken Wind für Schmiede und zum Kühlen von Zimmern erhalten können, ohne dass er jemals abnimmt, sowie über einige Irrthümer des HERON.“ Es lautet:

\*) Nach der Kopie der betreffenden Schrift, welche sich findet in: The life, times and labours of the second MARQUIS OF WORCESTER by Henry Dircks, London 1865.

„ $(AB)$  (Fig. 304) sei ein grosses Gefäss oder eine Kammer. Am Boden habe sie ein Loch ( $E$ ) und darüber erhebe sich ein Kanal ( $F$ ) von einem Fuss Länge. Die Kammer habe ferner eine Mündung ( $G$ ), wodurch der Wind blasen soll, und oben einen Trichter ( $C$ ). Wenn sich nun Wasser aus einem Kanale ( $D$ ) in diesen Trichter ergiesst, so führt es Luft mit sich und diese stürzt gleichzeitig mit dem Wasser in die Kammer ( $AB$ ). Das Wasser wird durch die Mündung ( $E$ ) entweichen, in dem Kanale ( $F$ ) in die Höhe steigen und ausfliessen. In das Innere aber fliesse ebensoviel Wasser durch ( $C$ ) ein, als durch ( $F$ ) austritt, so dass die Kammer immer bis zu ( $F$ ) gefüllt sei. Und da das Wasser unausgesetzt in die Kammer ( $AB$ ) herabstürzt und beständig Luft mitführt, so wird stets Wind durch die Mündung ( $G$ ) ausströmen.“

Eine unvollständigere Beschreibung desselben Apparates findet sich schon in PORTA'S „*Magia naturalis*“ von 1589. Dort wird im sechsten Kapitel des neunzehnten Buches gesagt:

„Wie Luft die Dienste von Blasbälgen leistet, haben wir zu Rom gesehen. Es wird eine überall verschlossene Kammer zusammengefügt. Von oben nimmt sie durch einen Trichter eine Quantität Wasser auf. In der Wandung ist oben ein kleines Loch, wodurch die Luft mit grosser Gewalt ausströmt. Sie wird mit solcher Kraft ausgetrieben, dass sie ein Feuer auf's Beste in Brand setzt und in Kupfer- und Eisenschmieden die Stelle von Blasbälgen leicht ausfüllt, indem der Einlauf so konstruirt ist, dass er je nach Bedürfniss abgewendet oder das Wasser hinein-geleitet wird.“

Dies ist die älteste Beschreibung eines Wassertrommelgebläses.

In „*Pneumaticorum libri III*“ fährt PORTA fort:

„Aber in Nettuno bei Rom\*) sind zwei Kammern errichtet, damit, während die eine sich mit Wind füllt, die andere sich von Wasser entleert, und während diese sich wieder füllt, die andere sich von Wind entleert. Und auf diese Weise fehlt der Wind niemals dem Feuer, sondern bläst es auf's Heftigste an. Auf unsere Weise aber haben wir zwar immer anhaltend Wind, jedoch nicht so starken.“

Diese Stelle scheint uns nur dann einen Sinn zu haben, wenn unter „Wind“ gepresste Luft zu verstehen ist, und diese entsteht, indem die Kammer sich mit Wasser füllt, sowie dass unter „Entleeren von Wind“ das Verschwinden dieser Luftpressung zu verstehen ist und dieses gleichzeitig mit der Entleerung von Wasser erfolgt. Beides ist sowohl bei Wassertrommel- als auch bei Wassersäulengebläsen der Fall, und es bleibt daher zweifelhaft, welcher von beiden Gattungen das Gebläse von Nettuno angehörte. Wir halten es indessen für das Wahrscheinlichste, dass das Wasser in der vorhin beschriebenen Weise in die Kammern hineinstürzte, aber nicht kontinuierlich abliefe. Anstatt des stets offenen Auslaufes ( $F$ ) dürfte ein Hahn angebracht gewesen sein, durch welchen das Wasser nur zeitweilich abgelassen wurde, nachdem es die Kammer gefüllt hatte. Während des Wasserzufflusses würde alsdann eine solche Kammer gleichzeitig als Wassersäulen- und als Wassertrommelgebläse gewirkt haben, woraus sich die stärkere Windpressung erklären liesse.

PORTA fährt fort:

„Ich will auch nicht unterlassen, eine Art anzugeben, auf welche wir einen sehr starken Windstrom dadurch erzeugen können, dass wir Wasser durch eine Röhre

\*) Nettuno liegt nahe der Küste des Tyrrhenischen Meeres, etwa 50 km südlich von Rom.

in eine Kammer (camera) herableiten, und je länger die Röhre ist (d. h. je grösser die Druckhöhe), desto stärker wird der Wind sein. Man kann auf diese Weise bei der grössten Sommerhitze, um Zimmer (camere) zu kühlen, einen sehr starken Luftstrom erzeugen, wie wir es in Tivoli gesehen haben.

Es sei (*AB*) (Fig. 305) ein Zimmer und darunter ein tiefer Brunnen (pozzo) (*CF*), dessen Mündung mit einem Deckel (*GJ*) geschlossen ist, so dass keine Luft daraus entweichen kann. Durch diesen gehe ein grosser offener Trichter (*H*), der mit ihm verlöthet ist und aus einer grossen Röhre (canale) Wasser aufnimmt (in der Abbildung ist dieser Trichter seitlich angebracht). Je höher die Röhre (oder je höher der Kanal gelegen ist) und mit je grösserer Gewalt das Wasser in den Trichter stürzt, desto besser wird es sein, weil dieses dann eine grössere Menge und kühlere Luft mitführt. Von dem Brunnen gehen Röhren (*CA*) und (*FB*) in das Zimmer,

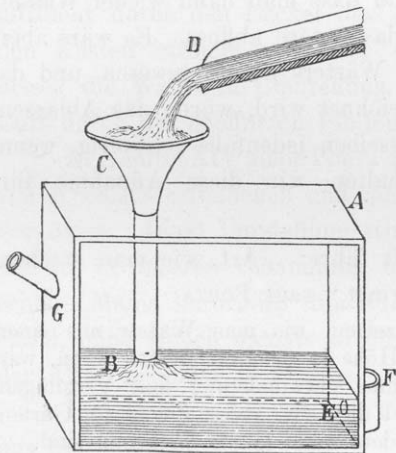


Fig. 304.

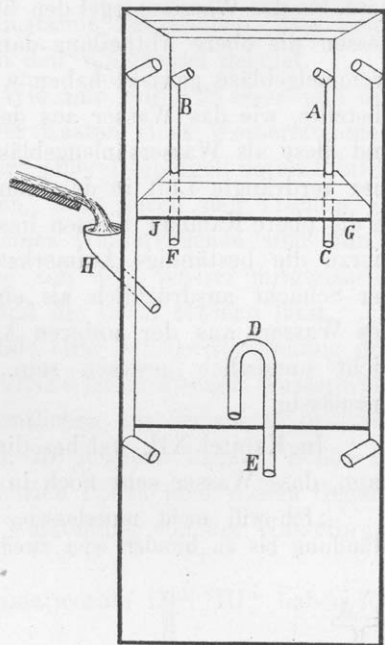


Fig. 305.

die den Wind in dasselbe führen. In halber Höhe des Brunnens sei eine Scheidewand, durch welche ein Heber (*DE*) geht, damit, wenn die Brunnenabtheilung (*CF*) mit Wasser gefüllt ist, dieses durch den Heber in den unteren Brunnen herabfliesst. Durch andere Röhren werde der in dem Zimmer (oder der Schachtabtheilung, camera) aufgefangene Wind abgeführt, damit durch vermehrte Röhren der Wind vermehrt werde. Wenn man nun den Luftstrom erzeugen will, lasse man den Wasserstrom (il fiume) sich in den Trichter ergiessen, und sofort wird, indem die Luft aus dem Schachte entweicht und in das Zimmer tritt, dieses so abgekühlt, dass diejenigen, welche sich schlafend darin befinden, eine scharfe Kälte in allen Gliedern fühlen.“

Dadurch, dass „pozzo“ sowohl durch Brunnen, als auch durch Schacht, das Wort „canale“ sowohl durch Kanal, als auch durch Röhre übersetzt werden kann, und dass hier offenbar unter „camera“ ein Mal ein Zimmer, das andere Mal eine Schachtabtheilung oder ein sonstiger Behälter verstanden wird, ist diese Beschreibung unklar. Da jedoch vom Ablassen des Wassers aus der

unteren Schachtabtheilung keine Rede ist, glauben wir annehmen zu müssen dass hier ein Brunnen gemeint ist, worin der natürliche Wasserspiegel nicht stieg, wenn das Wasser aus der oberen Abtheilung in die untere abfloss, und dass wir es daher einfach mit einem Wassertrummelgebläse zu thun haben, dessen Kasten durch die obere Schachtabtheilung gebildet wurde.

Wollte man annehmen, der Schacht sei unten geschlossen gewesen und das durch den Heber in die untere Abtheilung fliessende Wasser habe die daraus verdrängte Luft ebenfalls in das Zimmer getrieben, so wäre zeitweiliges Ablassen des Wassers aus dieser unteren Abtheilung nothwendig gewesen. Es wäre zwar möglich, dass man zunächst Wasser in die obere Kammer stürzen liess, bis der Wasserspiegel den höchsten Punkt des Hebers erreichte, währenddessen die obere Abtheilung dann theils als Wassersäulen, theils als Wassertrummelgebläse gewirkt haben würde; dass man alsdann den Zufluss so lange abstellte, wie das Wasser aus der oberen Schachtabtheilung in die untere floss und diese als Wassersäulengebläse wirkte, indem das eindringende Wasser die hier verdrängte Luft in das Zimmer trieb, und dass man dann wieder Wasser in die obere Kammer fliessen liess, während das untere abfloss. Es wäre aber hierzu die beständige Aufmerksamkeit eines Wärters nöthig gewesen, und da der Schacht ausdrücklich als ein tiefer bezeichnet wird, würde das Ablassen des Wassers aus der unteren Abtheilung desselben jedenfalls schwierig, wenn nicht unmöglich gewesen sein. Deshalb halten wir diese Annahme für unzulässig.

In Kapitel XII, welches die Ueberschrift führt: „Art, wie man machen kann, dass Wasser sehr hoch in die Luft springt,“ sagt PORTA:

„Ich will nicht unterlassen, eine Art zu zeigen, wie man Wasser aus einer Mündung bis zu hundert oder zweihundert Fuss Höhe in die Luft treiben kann, was man nicht ohne Verwunderung und Vergnügen sieht. Es wird dies eine grosse Zierde für Gärten sein, insbesondere wenn Gäste anwesend sind.

Man nehme einen Kasten (*DE*) (Fig. 306) je nach der Wassermenge, welche man in die Luft springen lassen will. Er muss von sehr starkem Kupfer oder Eisen sein, damit die Luft und die Gewalt des Wassers ihn nicht zersprengen, wie ich es oft gesehen habe, und ringsum muss er gut verlöthet sein. Vom Boden steige eine Röhre (*GF*) auf, die so weit vom Boden absteht, als genügt, um das Wasser durchzulassen. Sie reiche bis über den Deckel des Kastens und sei wohl verlöthet, so dass sie keine Luft entweichen lässt.

In den Kasten münde eine Röhre, welche das Wasser und die Luft aus einer Ktesibischen Maschine (einer Pumpe) hineinführt. Wenn man nun will, dass das Wasser in die Luft springe, bewege man den Handgriff (*A*), wie gewöhnlich, auf und nieder, damit der Kolben, indem er das Wasser anzieht, gleichzeitig Luft anziehe und beim Niedergange das mit Luft gemischte Wasser in den Kasten treibe. Kaum erfüllt dies den Kasten, so treibt die Luft, welche in grösserer Menge hineingekommen ist, das eingepresste Wasser in die Höhe.

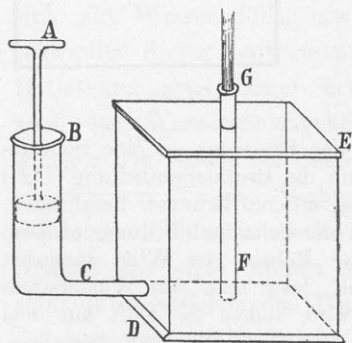


Fig. 306.

Je rascher man die genannte Ktesibische Maschine bewegt, desto mehr Luft und Wasser wird hineinkommen und mit um so grösserer Gewalt wird letzteres in die Höhe geschleudert und wird niemals aufhören zu springen, solange die Bewegung der Ktesibischen Maschine nicht aufhört.“

Diese Beschreibung einer Pumpe mit Windkessel stimmt im Wesentlichen mit derjenigen überein, welche schon HERON der Aeltere etwa 1700 Jahre früher gegeben hatte (vergl. Fig. 11, S. 10), aber noch weitere hundert Jahre mussten vergehen, bis die Feuerspritzen mit Windkesseln versehen wurden. Charakteristisch für die Auffassung der genannten beiden Autoren ist es, dass sie von Elasticität, Kompression und Expansion der in dem Windkessel von Anfang an eingeschlossenen Luft nicht reden, sondern die Austreibung des Wassers dem Umstande zuschreiben, dass neue Luft, die von dem Wasser mitgeführt wird, in den Windkessel gelangt.

Kapitel XIII führt die Ueberschrift: „Wie nur durch Wasser und die Bewegung der Tasten eine Orgel ertönt.“ Der Kasten eines Wassertrommelgebläses umschliesst die Windlade und die Walze einer Drehorgel, deren Pfeifen luftdicht durch den Deckel des ersteren gehen. Das durch den Trichter in den Kasten strömende Wasser setzt ein kleines Wasserrädchen und durch dieses die Walze in Umdrehung, während die von dem Wasser mitgerissene Luft durch die geöffneten Pfeifen entweicht und die Orgel ertönen lässt.

In Kapitel XIV giebt PORTA zum ersten Male eine richtige Darstellung der von KTESIBIUS erfundenen und von HERON und VITRUV beschriebenen Wasserorgel der Alten. Diese Darstellung stimmt im Wesentlichen mit derjenigen überein, die wir in unserer Abhandlung über HERON (S. 25) gegeben haben. Schon in seiner „*Magia naturalis*,“ lib. XIX, Cap. II, schrieb PORTA über diesen Gegenstand, ohne jedoch damals zu einer richtigen Vorstellung von der Wasserorgel der Alten kommen zu können.

Die übrigen Kapitel von PORTA's „*Pneumaticorum libri III*“ haben für uns hier weniger Interesse.