

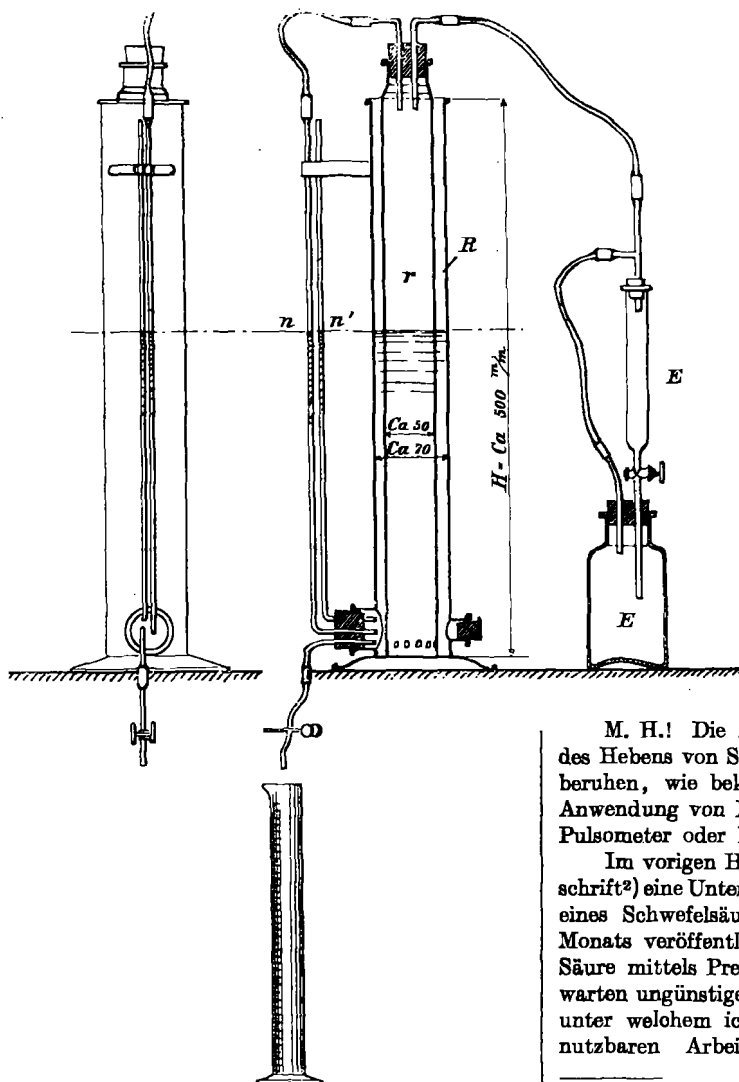
die Verhältnisse von hier aus verfolgen kann, und soweit ich sie mir von dortigen Kollegen habe bestätigen lassen, daß ein großer Teil der beklagten Schwierigkeiten auf die Person des jetzigen Leiters des Amtes zurückzuführen sei. [A. 148.]

Apparat zu gasvolumetrischen Bestimmungen.

Von Dr. W. MÜLLER, Flix.

(Eingeg. d. 1./7. 1910.)

Ein einfacher und bequemer Apparat zur Ausführung gasvolumetrischer Bestimmungen, der auch in den Händen von ungeübten Arbeitern eine schnelle und verhältnismäßig sichere Kontrolle im Betriebe zuläßt, ist in beistehender Skizze veranschaulicht.



R und r sind durch die in r befindliche untere Lochreihe zwei kommunizierende Rohre, die aus Weißblech gefertigt sein können. Der untere Gummistopfen enthält 3 Bohrungen zur Aufnahme

der beiden engen Niveauröhre aus Glas n und n' und des Rohres zum Wasserablaß. Durch den oberen Gummistopfen sind zwei Glasrohre durchgesteckt, von welchen das eine mit einem der beiden Niveauröhre und das andere mit dem Gasentwicklungsgefäß E verbunden wird, das in der Flasche die zu untersuchende Substanz und im Trichterrohr die gasentwickelnde Flüssigkeit enthält. Eine dritte Bohrung (in der Zeichnung nicht angedeutet) dient zur Aufnahme eines Thermometers.

Vor Beginn der Untersuchung steht die Sperrflüssigkeit, gewöhnlich Wasser, in den beiden Niveauröhren gleich hoch. Nach der Gasentwicklung wird so viel Wasser abgelassen, bis wiederum das Niveau in n und n' gleiche Höhe zeigt. Die abgelassene Wassermenge wird entweder in einem Meßzylinder aufgefangen oder auch gewogen. Selbstverständlich ist zu beachten, daß die gefundene Wassermenge gleich ist dem doppelten Volumen des entwickelten Gases.

Wir benutzen den nebenstehenden Apparat vorzugsweise zur Kontrolle für Chlorkalk und Bleichlaugen nach der Wasserstoffsuperoxydmethode. Seine Abmessungen sind derart gehalten, daß 1,583 g Chlorkalk (38%) im Gasentwicklungsgefäß zersetzt werden können. Die abgelassene Wassermenge — nach Berücksichtigung der Druck- und Temperaturkorrektur für das halbe Wasservolumen — gibt sodann den zehnfachen Betrag des Gehaltes an wirksamem Chlor, ausgedrückt in Gewichtsprozenten, an. [A. 161.]

Der Kraftverbrauch beim Säureheben¹⁾.

Von

Dr. TH. MEYER, Offenbach.

(Eingeg. 28./5. 1910.)

M. H.! Die zurzeit gebräuchlichen Methoden des Hebens von Schwefelsäure und anderen Säuren beruhen, wie bekannt, fast ausnahmslos auf der Anwendung von Preßluft, sei es mittels Montejus, Pulsometer oder Emulseur.

Im vorigen Herbst habe ich in der Vereinszeitschrift²⁾ eine Untersuchung über den Kraftverbrauch eines Schwefelsäuresystems während eines vollen Monats veröffentlicht, welche für die Hebung der Säure mittels Preßluft und Montejus ein über Erwarten ungünstiges Resultat ergab; der Nutzeffekt, unter welchem ich das Verhältnis der geleisteten nutzbaren Arbeit zur aufgewandten Energie,

¹⁾ Vortrag auf der Hauptversammlung München; Fachgruppe für anorg. Großindustrie; vgl. diese Z. 21, 972 (1910).

²⁾ Diese Z. 22, 1841 (1909).

ausgedrückt in Meterkilogrammen, verstehe, wurde zu 3,5% gefunden. Ich habe die damalige Rechnung, die Gewichtsmengen und Hubhöhen noch einmal kontrolliert und komme sogar zu einem noch unvorteilhafteren Ergebnis, nämlich 34 120 000 Meterkilogramm : 23 819 Kilowattstunden oder 1 402 000 000 mkg, entsprechend 2,4% Nutzeffekt.

Für „Nutzeffekt“ habe ich in der erwähnten Veröffentlichung wiederholt auch die Bezeichnung „Wirkungsgrad“ gebraucht. Nun verstehen aber hierunter die Pumpenfabriken etwas anderes, nämlich das Verhältnis der insgesamt geleisteten, also nicht nur der nutzbaren, Arbeit zu der der Pumpe zugeführten Energie, also exkl. des Energieverlustes in dem die Pumpe antreibenden Motor nebst Transmission. Der Gegenstand läßt sich daher nur mit Klarheit behandeln, wenn die beiden Bezeichnungen scharf getrennt gehalten und im Sinne der gegebenen Definition gebraucht werden. Für den Säurefabrikanten ist natürlich nicht der Wirkungsgrad der Pumpe, sondern der Nutzeffekt das Wesentliche.

Wenn auch von anderer Seite noch keine Veröffentlichungen vorliegen, so scheint das Unökonomische des Hebens mit Preßluft doch schon mehrfach empfunden zu sein. Es bedarf ja auch nur einer Überlegung, um sich klar zu machen, daß der eigentliche Energieinhalt der Preßluft größtenteils beim Expandieren verloren geht; man würde diesen Verlust vermeiden, wenn man die gebrauchte Preßluft, anstatt sie frei austreten zu lassen, mit ihrem vollen Druck wieder in die Saugleitung des Kompressors eintreten lassen würde, das läßt sich aber praktisch nicht ausführen, schon weil die gebrauchte Preßluft stets etwas Säuredunst enthält. Zu diesem Hauptverlust kommen dann noch diejenigen im Motor, der Transmission, dem Kompressor, durch die Reibung der Säure in den Steigrohren und durch Undichtheiten.

Verschiedentlich sind schon Versuche gemacht, Schwefelsäure zu pumpen mittels Plungerpumpen, auch Zentrifugalpumpen werden, speziell für geringere Hubhöhen, schon vielfach für Säuren angewendet. Für die kolossalen Mengen von Gloversäure und Nitrose, welche in den modernen Intensivsystemen je etwa 200% der Produktion betragen und auf Höhen von annähernd 20 m gehoben werden müssen, dient aber noch fast allgemein der Luftkompressor in Verbindung mit Montejus oder Pulsometer.

Das Streben in der Schwefelsäurefabrikation geht bekanntlich schon seit längerer Zeit dahin, die Kammern durch Rieseltürme zu ersetzen, welche ja auch bei manchem Kontaktverfahren einen Hauptteil der Apparatur ausmachen. Auch gewisse Vorschläge zur Verbesserung des eigentlichen Kammerbetriebes beruhen darauf, große Mengen Säure kontinuierlich auf die Höhe der Kammern zu fördern, deren Bemessung bei großen Systemen in der Zunahme zu sein scheint, auch wenn nicht gerade Faldings 24 m hohe Riesenkammer als Zukunftsideal angesehen werden soll.

Meine Untersuchung über den Kraftbedarf im Schwefelsäurebetriebe hat ergeben, daß 71% desselben auf Konto Säurehebung zu setzen sind. Für 100 kg produzierte Säure von 50° Bé. waren die

Kosten für Kraft insgesamt 7,98 Pf, für Säurehebung separat demnach 5,67 Pf, also rund 3% der gesamten Selbstkosten.

Aus all diesem geht hervor, daß die Verbilligung der Säurehebung ein Problem von eminenter Wichtigkeit ist. Ich habe mich daher inzwischen weiter damit beschäftigt. In der Überzeugung, daß speziell die Zentrifugalpumpe mit ihren modernen Verbesserungen, die mehrstufige, mit Elektromotor gekuppelte Turbinenpumpe, geeignet sei, sich den Anforderungen des Schwefelsäurebetriebes anpassen zu lassen, habe ich mich mit der Firma Sächsisch-Anhaltische Armaturenfabrik und Metallwerke-A.-G. in Bernburg in Verbindung gesetzt, und diese Fabrik, welche gleicherweise über Erfahrungen im Turbinenpumpenbau wie in der Bleibearbeitung verfügt, hat meinen Angaben gemäß eine Hartbleipumpe konstruiert, mit welcher in der Fabrik von Fr. Müller in Leopoldshall Versuche ausgeführt worden sind.

Wie es gewöhnlich geht, traten bei diesen ersten Versuchen verschiedenerlei Störungen auf, die zwar nicht die Sache selbst betrafen (z. B. Versagen des Elektromotors) aber eine längere Fortführung der Versuche verhinderten; immerhin wurde ein Resultat gewonnen, das als erstes gut befriedigen kann, und das daher hier mitgeteilt werden mag.

Die Turbopumpe war vor dem Reservoir, in welchem sich Gloversäure befand, so montiert, daß ihr die Säure mit i. M. 90 cm Gefälle zufließ; im ruhenden Zustande blieb sie also mit Säure gefüllt und ebenso auch die Druckleitung bis auf eine Höhe von i. M. 90 cm über Pumpenmitte. Von hier ab gerechnet, betrug die Hubhöhe ca. 1700 cm, die horizontale Entfernung bis zum Hochreservoir war etwa 18 m. Letztere bedingt natürlich keinen Kraftaufwand, abgesehen von der Reibung, welche die gleiche ist wie in den vertikalen Rohrrecken. Der Druck der ruhenden Säule Gloversäure im Steigrohr mußte also $1700 \times 1,715$ oder 2915 cm-Wassersäule gleich sein. Während des Arbeitens der Pumpe aber zeigte das Manometer in dem 50 mm weiten Steigrohr einen Druck von 3,2 Atm. oder 3200 cm Wassersäule an. Die Differenz von rund 3 m Wassersäule oder 10% der nutzbaren Arbeit ist äquivalent dem Energieverlust infolge der Reibung im Rohr.

Die Leistung der Pumpe war nun bei im Mittel 1812 Touren, 112 Volt und 20,2 Amp. pro Minute 92,5 l oder 158 kg. Die Pumpe hat also in einer Minute eine nutzbare Arbeit von $158 \text{ kg} \times 17 \text{ m}$ Höhe = 2686 mkg verrichtet, entsprechend 44,8 smkg. Dafür wurden verbraucht $112 \times 20,2 = 2264,4$ Watt. 1 Watt ist gleich 0,102 smkg, 2264,4 Watt also gleich 2310 smkg. Mit 2310 smkg sind 44,8 smkg nutzbare Arbeit geleistet, d. h. mit 100 19,4, oder der erzielte Nutzeffekt ist = 19,4%.

In entsprechender Weise berechnete sich der Wirkungsgrad der Pumpe auf rund 30%.

Ein Vergleich dieser Untersuchung mit der vom vorigen Jahre ergibt also zwischen der Hebung mittels Kompressor und Montejus einerseits und der Turbinenpumpe andererseits ein Nutzeffektverhältnis von 2,4 : 19,4 oder von 1 : 8,1, — d. h. pro 100 kg produzierte Säure von 50° Bé. ein Kostenverhältnis von 5,67 : 0,71 Pf. Das bedeutet also, daß durch Ersatz eines mit Preßluft arbeitenden

Montejus durch eine Turbinenpumpe eine Ersparnis von rund 5 Pf pro 100 kg Säure 50° Bé. erzielt worden ist.

Es ist ja möglich, daß der Nutzeffekt beim Drücken mit Luft sich in manchen Fabriken etwas weniger ungünstig stellt, als dies im Monat April 1909 in der Fabrik von Fr. Müller in Leopoldshall der Fall war, ein besonderer Mangel war indes bei dieser neu eingerichteten und unter sachverständiger Kontrolle stehenden Anlage nicht erkennbar. Und auf der anderen Seite ist wohl sicher zu erwarten, daß mit 19,4% auch noch keineswegs der maximale Nutzeffekt der Turbopumpe erreicht ist. Außerdem fallen noch andere Gesichtspunkte zugunsten der letzteren in die Wagschale:

1. Die Rohrleitungen werden mehr geschont, weil keine Preßluft hineingelangt, die Erschütterungen bewirkt, sondern die Säure ganz gleichmäßig und mit verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit hindurchströmt.

2. Aus demselben Grunde ist der Kraftverlust durch Reibung im Steigrohr gering, der ja in hohem Verhältnis mit der Strömungsgeschwindigkeit wächst. Der Verlust von 10% bei vorliegendem Versuch läßt sich zweifellos noch verringern, teils durch noch gleichmäßigere Verteilung des zu hebenden Säurequantums über die Zeit, teils durch Vermeidung aller starken Krümmungen, Verbeulungen und Unebenheiten im Steigrohr, dessen Weite natürlich auch in einem angemessenen Verhältnis zum Förderquantum stehen soll.

3. Die Turbopumpen lassen sich leicht mit einer automatischen Aus- und Einrückvorrichtung ausrüsten, so daß sie ohne Beaufsichtigung arbeiten können, wie die Pulsometer;

4. Beim Fördern von nitroser Säure mit Preßluft entweicht bekanntlich mit der Ausblaseluft salpetrige Säure, die in hygienischer Hinsicht anstößig und unbequem ist, außerdem auch einen kleinen Salpeterverlust bedeutet; beim Fördern mit Turbinenpumpen kommt all dies in Wegfall.

5. Endlich stellt sich das Anlagekapital geringer für eine Turbopumpenanlage als für eine Luftdruckeinrichtung; es wirkt dabei der Umstand mit, daß für Gloversäure und konz. Säure unbedenklich Gußeisen verwendet werden kann, während für Kammer-säure, dünnere und wohl auch nitrose Säure Blei unerlässlich ist.

Wer einmal seine Säurehebungs- und -transportanlage für Preßluftbetrieb eingerichtet hat, wird diese Einrichtung natürlich nicht ohne weiteres herausreißen! Immerhin hoffe ich, mit meiner Mitteilung die Anregung zu weiteren Versuchen mit der Turbopumpe gegeben zu haben, über die wir dann vielleicht auf der nächsten Hauptversammlung Interessantes erfahren werden.

Nachtrag. Sowohl aus der im Anschluß an vorstehend abgedruckten Vortrag stattgehabten Diskussion (vgl. d. Z. 23, 973), wie aus verschiedenen Zuschriften ersehe ich, daß das ungünstige Resultat vom Heben mit Preßluft von sehr vielen Kollegen bezweifelt oder auf Konto besonders unökonomischer Apparatur und Umstände gesetzt wird. Ich sehe mich daher veranlaßt, im nachfolgenden einer solchen Auffassung entgegen zu treten und das Unökonomische der Arbeit mit Preßluft auch theoretisch klar zu legen.

Der Schwefelsäurebetrieb der oben genannten Fabrik, in welcher ich meine Messung des Kraftverbrauchs, die sich über den vollen Monat April erstreckte, ausgeführt habe, empfing sämtliche nötige Energie in Form von Gleichstrom 110 V. von der Kraftzentrale der Fabrik; in dieser waren für jede Betriebsabteilung und so auch für den Schwefelsäurebetrieb Siemens & Halskesche Elektrizitätszähler in die Leitung eingeschaltet, welche den Energieverbrauch einwandfrei in Kilowattstunden angaben. Diese Angabe betrug für den Schwefelsäurebetrieb im April 1909 5376 Kilowattstunden.

Nebenher wurden nun in diesem Monate tägliche Messungen der Stromstärke an den einzelnen Motoren vorgenommen. Das Produkt aus dem Durchschnitt dieser mit der Spannung von 110 V. und der aufgezeichneten Zeit, während welcher die betreffenden Motoren funktioniert hatten, ergab den Energieverbrauch in Kilowattstunden für die verschiedenen Arbeitsleistungen im einzelnen, so auch für die Luftkompression. Infolge der unvermeidlichen Fehlerquellen bei der Bestimmung der Durchschnittsstromstärke und mehr noch der Arbeitszeit differierte die Summe der so bestimmten Kilowattstunden mit der Angabe des Elektrizitätszählers in der Zentrale um annähernd 8%. Da die letztere als unanfechtbar angesehen werden muß, so mußten natürlich erstere um diese 8% korrigiert werden. In dieser Weise ist das Resultat von 3819 Kilowattstunden für Luftkompression zum Zweck des Hebens und Transportes von Säuren zustande gekommen; sie sind äquivalent 1 402 000 000 mkg. Die Leistung der Preßluft bestand in der Hauptsache darin, $28 \times 30 = 840$ Montejus = 1 652 000 Kilogramm Gloversäure und Nitrose um rund 18 m zu heben. Zuzüglich 518 000 kg Kammer-säure, die um 6 bzw. 7 m gehoben wurde, sind so in Summa 34 120 000 mkg Arbeit geleistet.

34 120 000 verhält sich aber zu 1 402 000 000 = 2,4 : 100.

Die ganze Anlage war neu und sachgemäß ausgeführt; — elektrische Installation von G. Fleischer in Magdeburg — Kompressor von Wegelin & Hübener.

Das Personal der Schwefelsäurefabrik war eingearbeitet und zuverlässig und wurde von Nachtaufsichtern kontrolliert. Daß trotzdem Vergeudung von Preßluft vorgekommen sein kann, soll nicht bestritten werden, aber in gleicher Weise kann es in jeder Fabrik vorkommen, das liegt eben in der Eigenart der Arbeitsweise mit Preßluft.

Nun haben wir aber wirklich gar nicht nötig, besonderen Fehlern in der Anlage oder im Betriebe nachzuspüren, denn die Verlustquelle liegt zum weitaus überwiegenden Teile in der Natur des Preßluftbetriebes selbst, wie eingangs schon hervorgehoben ist und durch nachfolgende Darlegung nun begründet werden soll:

Es sei in Fig. 1 das Montejus-b mit genau (exkl. Tasse) 1 cbm Wasser gefüllt, und ebenso auch das Steigrohr, welches von Mitte Montejus ab genau 20 m hoch ist. Diesem Anfangszustande entspricht ein Druck von 2,00 Atm., der als gegeben angesehen wird. Soll jetzt der Inhalt von b nach c gehoben werden, so bedarf es dafür der Erhöhung des Druckes um einen ganz minimalen Betrag, denn die kleinste Druckerhöhung bewirkt bereits ein

Überfließen des Wassers aus dem Steigrohr nach c, und zwar wird die Größe dieses Überdruckes offenbar um so kleiner, auf je längere Zeit sich die Arbeit verteilt. Übrigens ist dieser Überdruck ganz belanglos. Denn sobald der ganze Inhalt von b nach c befördert ist, und zwar so, daß d gefüllt bleibt — Fig. 2 veranschaulicht diesen Endzustand —, so stellt sich der Druck im Gleichgewicht wieder auf 2,00 Atm. Ein Verbrauch an Energie hat nur insoweit stattgefunden, als das Kubikmeter Wasser tatsächlich nicht auf eine mittlere Höhe von 20,0 m gehoben ist, sondern je nach Form und Anordnung des Hochbehälters um etwas weniger, nehmen wir z. B. an, auf 19,5 m. Dieser Leistung entspricht ein Druck von nur 1,95 Atm., während 2,00 Atm. aufgewendet sind. Die Energie, welche in 1 cbm

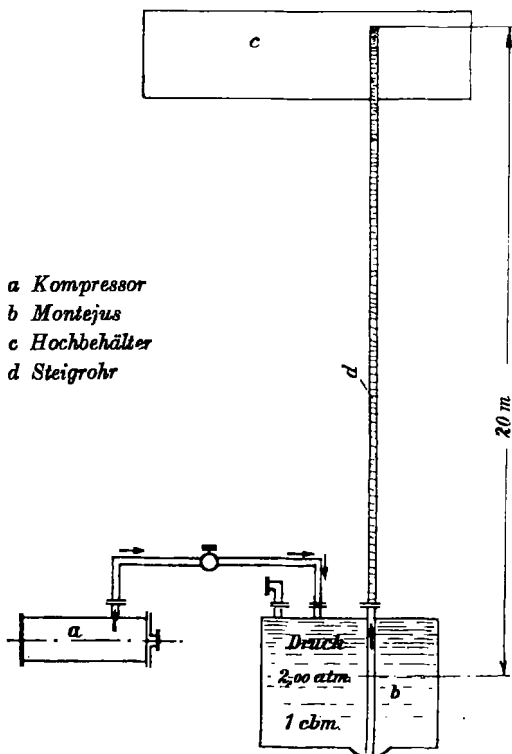


Fig. 1.

Preßluft von $2,00 - 1,95 = 0,05$ Atm. enthalten ist, ist also diejenige, welche für die Hebung von 1 cbm Wasser auf 19,5 m mittlere Höhe tatsächlich erforderlich ist. Voraussetzung ist dabei, daß das im Endzustand vorhandene Kubikmeter Preßluft von 2 Atm. voll verwertet wird. Das ist aber im Betriebe, wie jeder Praktiker weiß, eben nicht der Fall, sondern man läßt die gespannte Preßluft durchs Ablassventil ins Freie entweichen, wo sie expandiert, d. h. ihre Energie für nutzlose Arbeit vergäudet, nämlich zur Verdrängung von Luft gegen den darauf lastenden Atmosphärendruck.

Anstatt des erforderlichen Druckes von 0,05 Atmosphären wird im praktischen Betriebe also ein solcher von 2,00 Atm. verbraucht, d. h. der Nutzeffekt ist nur $= 2,5\%$! — Wohl bemerkt, sind alle weiteren oben angedeuteten Verluste — Elektromotor, Reibung, Kompressorkühlung, Undichtigkeiten usw. — nun noch gar nicht berücksichtigt,

sondern einzig die Expansion; ist es also verwunderlich, wenn meine Messung im Betriebe nur 2,4% Nutzeffekt ergeben hat?! —

Daß es theoretisch möglich ist, den Druck der im Montejus verbleibenden Preßluft zu verwerten, kann nicht zweifelhaft sein. Lassen wir sie z. B. auf ein zweites mit 1 cbm Wasser gefülltes Montejus wirken, so hebt sie dieses auf 10 m Höhe, indem sie dabei auf 1 Atm. Überdruck expandiert; mit diesen 2 cbm Preßluft von 1 Atm. können 2 cbm Wasser auf 5 m Höhe gehoben werden usw. Oder aber, man verbindet, wie in Fig. 2 angedeutet, die Abblaseleitung des Montjus mit der Saugleitung e des Kompressors und verwendet die Preßluft an Stelle von atmosphärischer Saugluft. Praktisch ist dies im Säurebetriebe natürlich schon deswegen nicht

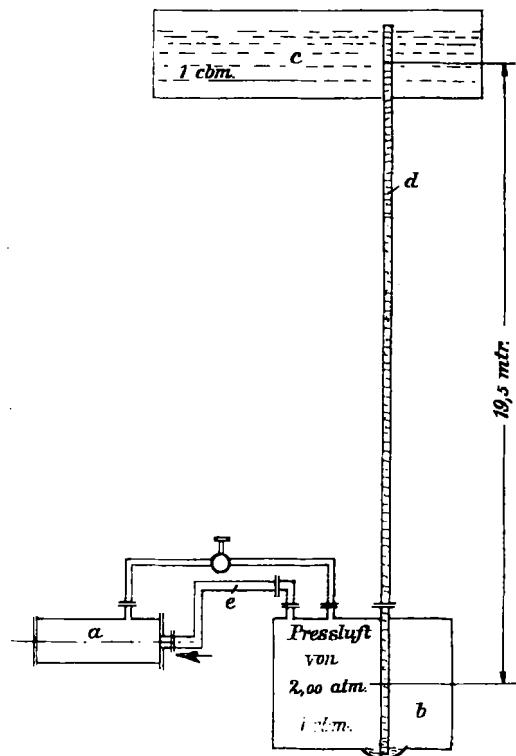


Fig. 2.

ausführbar, weil die gebrauchte Preßluft Säureteichen enthält, die den Kompressor ruinieren würden.

Der Nutzeffekt beim Heben mit komprimierter Luft wird sich daher schwerlich nennenswert vergrößern lassen. Für das heikle Manipulieren mit Säure u. dgl. besitzt diese Methode ja den Vorzug großer Handlichkeit und Bequemlichkeit; nachdem aber durch die Fortschritte der Maschinenindustrie andere für denselben Zweck geeignete Apparate zur Verfügung sind, die der chemischen Einwirkung gleichfalls widerstehen, dabei aber schon jetzt mit einem mehrfach so großen Nutzeffekt arbeiten, sollte man nicht zögern, den Schwefelsäurebetrieb, der in den letzten Jahrzehnten in chemischer Hinsicht bedeutend verbessert worden ist, auch hinsichtlich des Kraftverbrauches rationeller und ökonomischer zu gestalten. [A. 160.]