

PHYSIKALISCHE DEMONSTRATIONEN

ANLEITUNG ZUM EXPERIMENTIREN

IM UNTERRICHT

AN GYMNASIEN, REALSCHULEN UND GEWERBSCHULEN.

VON

Dr. ADOLF F. WEINHOLD,
PROFESSOR AN DER KGL. HÖHERN GEWERBSCHULE IN CHEMNITZ.



MIT 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN

UND

483 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG

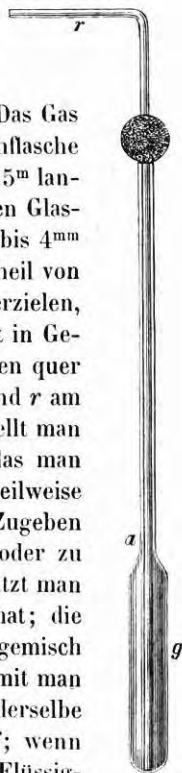
VERLAGSBUCHHANDLUNG VON QUANDT & HÄNDEL.

1881.

es ist gut, den unteren messingnen Verschlussheil mit dem Ventil abzunehmen, das aus dem Cylinder im Uebermaasse eingedrungene Oel zu entfernen und dann das Verschlussstück wieder fest einzuschrauben; das Oeffnen der Flasche nehme man aber erst vor, nachdem sie wieder Zimmertemperatur erlangt hat, damit sie innen nicht mit Feuchtigkeit beschlägt.

Flüssige schweflige Säure zur Kälteerzeugung. Hat man keinen Kohle-säureverdichtungsapparat, so kann man auch durch flüssige schweflige Säure eine starke Kälte erzeugen und Quecksilber zum Gefrieren bringen. Man entwickelt das Schwefligsäuregas durch Erhitzen von 0,5^l englischer Schwefelsäure und 300 g Kupferblech-schnitzeln ¹⁾ in einem geräumigen Kolben (1,5 bis 2^l Inhalt); den Kolben erwärmt man zweckmässig in einer mit einer dünnen Schicht von Eisenfeile ausgekleideten Eisenblechschale. Das Gas leitet man durch eine (Bunsen'sche oder Drechsel'sche) Waschflasche mit englischer Schwefelsäure und aus dieser durch einen etwa 0,5^m langen Kautschukschlauch mit angesetztem, rechtwinklig gebogenen Glasrohr *r* in das Verdichtungsgefäss *g* Fig. 360. Das Rohr *r* soll 3 bis 4^{mm} inneren, 4 bis 5^{mm} äusseren Durchmesser haben, der engere Theil von *g* soll 6^{mm} weit sein. Um eine rasche Verdichtung des Gases zu erzielen, muss *r* bis fast auf den Boden von *g* reichen; damit man nicht in Gefahr kommt, den Boden durchzustossen, schiebt man über *r* einen quer durchbohrten, streng passenden Kork, der sich auf *g* stützt und *r* am directen Auftreffen auf den Boden verhindert. Das Gefäss *g* stellt man bis wenigstens zur Höhe von *a* in ein Eiskochsalzgemisch, das man fleissig mittels des Gefässes *g* selbst umrührt und wenn nöthig theilweise erneuert durch Abgiessen der gebildeten Kochsalzlösung und Zugeben von Eis und Salz. Sobald ein Verdichtungsgefäss zur Hälfte oder zu zwei Dritteln mit verdichteter schwefliger Säure gefüllt ist, benutzt man ein neues, das man schon vorher im Kältegemisch abgekühlt hat; die gefüllten Gefässe bleiben bis nach dem Zuschmelzen in Kältegemisch stehen. Die Arbeit nimmt man unter einem guten Zuge vor, damit man durch den Schwefligsäuregeruch nicht zu sehr belästigt wird; derselbe tritt übrigens hauptsächlich nur beim Wechseln der Gefässe auf; wenn sich in einem Verdichtungsgefässe eine etliche Millimeter hohe Flüssigkeitsschicht angesammelt hat, wird bei gutem Umrühren des Kältege-^{1/4 nat Gr.} misches das Gas so vollkommen verdichtet, dass gar keine Blasen mehr entweichen. Man halte 6 bis 8 Verdichtungsgefässe vorrätthig und unterbreche die Operation, wenn das Rohr, welches das Gas aus dem Kolben nach der Waschflasche leitet, sich stark erwärmt, d. h. wenn das entwickelte Gas anfängt viel Wasserdampf mitzuführen. Die oberen Theile der Verdichtungsgefässe schmilzt man vor der Gebläseflamme (unter Abziehen des äussersten Stückchens mit Hülfe eines angehefteten Glasröhrchens) zu, während sich die weiteren Theile noch im Kältegemisch befinden — der enge Theil der Gefässe muss anfangs lang sein,

Figur 360.

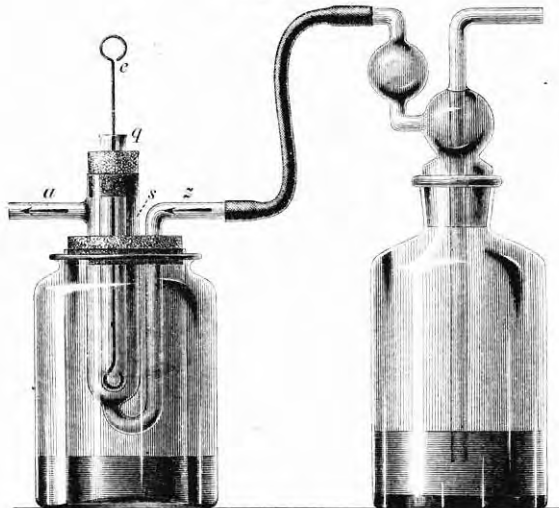


1) Die aus Schwefelsäure und Kohle dargestellte, mit Kohlensäure gemischte schweflige Säure lässt sich durch Abkühlen weniger gut und vollständig verdichten.

damit man die Gefäße nach dem Abbrechen des zugeschmolzenen Endes noch wiederholt benutzen kann 1).

Die Verdunstung der schwefligen Säure zum Zwecke des Quecksilbergreifens lässt man in dem Apparate Fig. 361 vor sich gehen. Das Quecksilber kommt in das Gläschen *q*, das mittels eines gut schliessenden Pfropfens in das eigentliche Schwefligsäuregefäß *s* dicht eingesetzt wird; ein an beiden Enden umgebogener Eisendraht *e* dient später zum Herausheben des gefrorenen Quecksilbers. Zu möglicher Abhaltung der Wärmezufuhr aus der Umgebung ist *s* mittels eines passend ausgeschnittenen Korkes eingesetzt in einen unten offenen Glaszylinder (ein Stück eines Argandbrennerylinders), der in einer genügend weithalsigen Büchse steht, in die man einige Stunden vor dem Versuche eine fingerdicke

Figur 361.



$\frac{1}{3}$ nat. Gr.

Länge. Ein Gefäß *g* Fig. 360 kühlt man im Kältegemisch auf etwa -15° ab, öffnet es durch Abbrechen der zugeschmolzenen Spitze nach vorherigem Ritzen mit der Feile an einer Stelle, wo die conische Spitze etwa 4 mm dick ist; das geöffnete Gefäß hebt man aus dem Kältegemisch, steckt es an das freie Ende des Kautschukschlauchs und neigt es so, dass die Flüssigkeit nach dem Gefässe *s* läuft. Anfangs lasse man nur wenige Tropfen überfließen, weil eine sehr lebhaftere Verdampfung stattfindet, so lange der Schlauch und das Gefäß *s* noch nicht abgekühlt sind, später neigt man *g* anhaltend und treibt erforderlichenfalls die letzte Flüssigkeit heraus, indem man den aufwärts gerichteten, weiten Theil von *g* durch Umfassen mit der Hand etwas erwärmt. Hat man eine sehr gut wirkende Wasserluftpumpe, so braucht man nur einige Minuten zu warten, um das Queck-

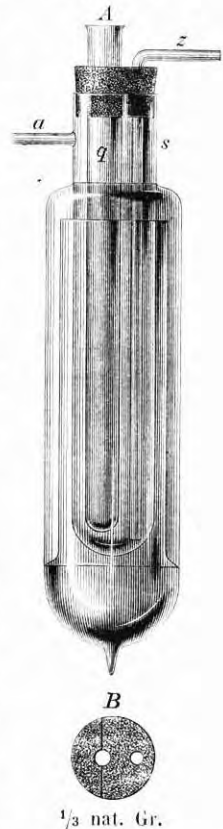
Schicht englischer Schwefelsäure gegossen hat, um die Luft in der Büchse und im Cylinder zu trocknen. An das Röhrchen *a* kommt der nach der Wasserluftpumpe führende Schlauch, oder wenn man keine solche hat, ein mit Kautschukschlauch angesetztes etwa 10 mm starkes Glasrohr, das nach der Ventilationsöffnung im Tische oder, wenn auch diese fehlen sollte, durch das ein wenig geöffnete Fenster ins Freie führt. An das Rohr *z* kommt ein guter, schwarzer Kautschukschlauch von 1 bis 2 dm

1) Aus dem im Kolben bleibenden Rückstande lässt sich der Kupfervitriol durch Auflösen und wiederholtes Umkrystallisiren, das etwa übrig gebliebene Kupfer durch Abschlämmen der anderen unlöslichen Theile gewinnen.

silber gefrieren zu lassen; man kann sich durch Bewegen des Drahtes *e* leicht vergewissern, ob das Quecksilber fest geworden ist; wenn man an *e* kräftig zieht, während man *q* festhält, gelingt es meist, die gefrorene Masse mit dem Drahte herauszuheben. Hat man keine oder eine nur mässig wirkende Wasserluftpumpe, so treibt man einen starken Strom getrockneter Luft in der Richtung der Pfeile durch den Apparat; man nimmt dazu das Gefäss *g* von dem auf *z* sitzenden Schlauche ab und steckt diesen an eine Trockenflasche mit Schwefelsäure, wie in Fig. 361 gezeichnet; muss man in Ermangelung einer Wasserluftpumpe den Luftstrom mittels eines Blasebalgs oder eines Wasserstrahlgebläses durchtreiben, so lasse man das Rohr in der Trockenflasche nur wenig in die Schwefelsäure tauchen. Das Trocknen der Luft ist nöthig, weil sonst das Röhrchen *z* an seiner Einmündungsstelle in *s* rasch durch ausgeschiedenes Eis verengt oder gar verschlossen wird ¹⁾. Durch die von dem lebhaften Luftstrome beschleunigte Verdunstung kühlt sich die schweflige Säure bald sehr stark ab; das Quecksilber friert dabei so fest an, dass man gewöhnlich den Luftstrom auf einige Zeit unterbrechen muss, damit es an der Wandung sich so weit ablöst, dass das Herausziehen ohne Gefahr für den Apparat geschehen kann.

Noch vortheilhafter als der in Fig. 361 dargestellte ist der Apparat Fig. 362 *A*, der aber etwas mehr schweflige Säure erfordert wegen des weiteren Gefässes *s*; das Zuführungsrohr *z* ist hier neben dem Quecksilbergefäss *q* in den Pfropfen eingesetzt. Ueber den unteren Theil von *s* ist ein Glasmantel übergeschmolzen, der innen einen zweiten Glascylinder trägt und mittels der Quecksilberluftpumpe vollkommen luftleer gemacht ist. Man kann anstatt des Quecksilbergefässes *q* auch das Gefäss des Luftthermometers in diesen Apparat einführen, dann schneidet man einen doppelt durchbohrten Korkpfropfen so durch, wie bei *B* angedeutet ist; in die undurchschnittene Bohrung kommt das Rohr *z*, in die durchschnittene das Rohr des Thermometergefässes; nach dem Einsetzen in *s* wird der Pfropfen durch Ueberziehen mit Klebwachs dicht gemacht. Mit einem lebhaften Luftstrome erhält man eine Temperatur von etwa -55° , beim Auspumpen mit einer gutwirkenden Wasserluftpumpe eine noch etwas niedrigere Temperatur. Natürlich lässt sich diese Vorrichtung auch benutzen, um die Abkühlung zu messen, welche ein Gemisch von Aether und fester Kohlensäure bei kräftiger Luftverdünnung giebt; man benutzt für

Figur 362.



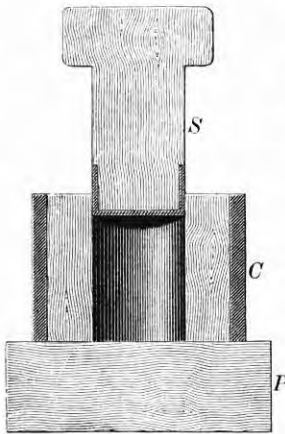
1) Das von dem Schlauche abgenommene Gefäss *g* taucht man zweckmässig mit dem offenen Ende in ein Gefäss mit etwas Natronlauge, damit man nicht durch die austretende schweflige Säure belästigt wird; später wird das Gefäss ausgewaschen und der noch daran befindliche Theil der conischen Verjüngung entfernt, damit man beim nächsten Gebrauche das Rohr *r* (Fig. 360) wieder einführen kann.

diesen Zweck zum Einsetzen des Thermometergefäßes einen bis zur Mitte aufgeschlitzten Kautschukpfropfen (s. S. 407) und verlängert die Darmsaite des Demonstrationsthermometers durch Anhängen eines Stückchens Schnur, damit das Manometerrohr bis unter 100° hinabsinken kann.

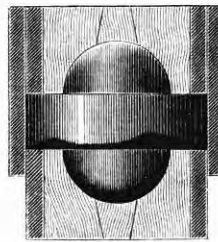
Regelation. Die hydraulische Presse Fig. 95 gestattet die Ausführung einiger Versuche über Regelation des Eises. Formen aus stark geöltem Buchsbaumholz, gegen das Zersprengtwerden durch Einsetzen in eiserne Ringe gefasst, dienen zum Pressen. Ein beiderseits offener Hohlzylinder *C*, Fig. 363, wird auf ein ebenes Holzstück *P* gelegt, mit zusammengedrücktem Schnee oder zerkleinertem Eise gefüllt und der am dünnen Ende durch einen Metallbeschlag gegen das Zerspalten gesicherte Stempel *S* eingepresst; die Unterlage *P* kommt natürlich auf die bewegliche Pressplatte der hydraulischen Presse. Die einzelnen Eistheilchen vereinigen sich unter dem starken Druck zu einem ziemlich durch-

scheinenden, massiven Cylinder, der bei fortgesetztem Pressen den Hohlzylinder *C* etwas aufhebt und sich in dem Raume zwischen *C* und *P* etwas ausbreitet, indem er durch radiale Risse ein sternartiges Aussehen erlangt. Mittels zweier halbkugelförmiger Hohlformen Fig. 364, deren jede in einen

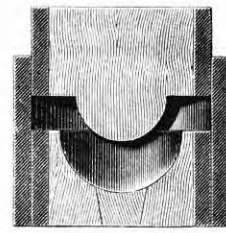
Figur 363.

 $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

Figur 364.

 $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

Figur 365.

 $\frac{1}{2}$ nat. Gr.

Eisenring gefasst ist, die aber noch gemeinschaftlich in einen weiteren Eisenring gelegt werden, um eine seitliche Verschiebung zu verhindern, kann man ein beliebig gestaltetes Eisstück von passender Grösse oder eine Anzahl kleinerer Eistheilchen zu einer Kugel formen; da diese beim Auseinandernehmen der Form leicht in der einen Hälfte hängen bleibt, sind kleine kegelförmige Theile der Form in der Mitte lose eingesetzt, so dass man durch einen schwachen Hammerschlag gegen den eingesetzten Theil die Kugel losmachen kann. Die Form Fig. 365 gestattet in ähnlicher Weise das Pressen einer halbkugeligen Eisschäale.

Die wichtige Thatsache, dass die durch Druckzunahme bewirkte Schmelzung des Eises infolge der dabei stattfindenden Wärmebindung eine Temperaturerniedrigung bewirkt, kann leicht mit einem passenden Thermoelement nachgewiesen werden. Zwei 20 bis 25^{cm} lange, 4 bis 5^{mm} breite Streifen von dünnem Blech, der eine Neusilber, der ander Eisen, werden so wie Fig. 366 bei *A* zeigt, an einem Ende eingeschlitzt, so wie *B* zeigt zusammengeschoben und dann mit Weichloth verlöthet; an die unverbundenen Enden der Blechstreifen sind Kupfer-