

Der heutige Stand der Acetylenbeleuchtung.

Von
Dr. Paul Wolff.

[Schluss von S. 925.]

Die Entwickler zerfallen in drei Klassen:

1. die Apparate, welche nach dem Princip des Kipp'schen Apparates construirt sind (Tauchsystern),

2. die Apparate, bei denen das Wasser auf das Carbid tropft (Tropfsystem),

3. die Apparate, bei denen das Carbid in einen grossen Überschuss Wasser einfällt.

Die Apparate der ersten Klasse sind scheinbar die einfachsten und wurden deshalb am Anfang am meisten ausgeführt. Der Gasdruck allein besorgt die Regelung, Hähne und Ventile, sowie alle complicirten, leicht versagenden Mechanismen konnten in Fortfall kommen. Nach dem allgemeinen Schema sind diese Apparate so gebaut, dass das Carbid in einem Korb innerhalb einer Glocke angebracht ist, welche in einem Wasserbehälter schwimmt. Sobald die untere Grenze des Carbids mit dem Wasser in Berührung kommt, beginnt die Acetylenentwicklung und die Glocke wird durch den Gasdruck gehoben. Hierdurch wird das Carbid von dem Wasser getrennt und die Gasentwicklung unterbrochen. Sobald das Gas in der Glocke verbraucht ist, sinkt dieselbe wieder, das Carbid taucht wieder in das Wasser und eine neue Gasentwicklung findet statt.

Dies System hat aber trotz der Einfachheit grosse Fehler, welche seine Anwendung nur in kleinen Dimensionen rathsam erscheinen lassen. Erstens ist die Nachentwicklung eine sehr erhebliche. Da jedesmal ein grösserer Theil des Carbides in das Wasser taucht, so wird immer mehr Wasser aufgenommen, als dem Verbrauch entspricht, und das überschüssige Wasser entwickelt fortwährend Acetylen nach. Ausserdem kommt zu der gewöhnlichen Nachentwicklung, welche beendet ist, sowie das aufgenommene Wasser verbraucht ist, und welche deshalb zu bestimmen ist, noch eine fortwährende Nachentwicklung hinzu, welche so lange fort dauert, als noch Carbid vorhanden

ist. Dieselbe wird bewirkt durch die Wasserdämpfe, welche andauernd von dem über Wasser hängenden Carbid angesaugt werden. Ich habe die Nachentwicklung in einer Versuchsreihe, die ich an anderer Stelle (Z. f. Beleucht. 1897, 234) beschrieben habe, gemessen und habe dabei folgende Resultate erhalten. Die gesammte Nachentwicklung beträgt bei 1 k Carbid in der ersten $\frac{1}{2}$ Stunde 7,5 l, in den ersten 24 Stunden 25 l und nach 3 Tagen 50 l. Dieselbe setzt sich dann gleichmässig fort und beträgt für je 24 Stunden 5 bis 6 l, solange noch ein Stück Carbid unangegriffen ist.

Die vollkommene Beseitigung dieser Nachentwicklung ist sehr schwierig oder unmöglich. Man kann dieselbe reduciren, wenn man die Oberfläche des Wasserspiegels nach Möglichkeit dadurch verringert, dass man den Carbidbehälter in eine enge Röhre auslaufen lässt.

Ein zweiter noch bedenklicherer Nachtheil dieses Systems ist die starke Erhitzung. Bei dem Eintauchen des Carbides kommt jedesmal ein grösserer Theil desselben mit dem Wasser in Berührung, der Wasserdampf, der zunächst einen Theil der Wärme gebunden hat, ist gezwungen, nach oben durch die ganze Masse des noch unverbrauchten Carbides zu streichen, wobei die Feuchtigkeit unter neuer Wärmeentwicklung in Acetylen umgesetzt wird. Da dieser Process stets weiterläuft, so tritt auch eine fortwährende Temperatursteigerung ein, die nicht weit unter der theoretischen Grenze zurückzubleiben braucht. Ich habe bei der Untersuchung dieses Systems gefunden, dass in allen Fällen, sobald der Querschnitt des Carbidbehälters eine gewisse Dimension erreicht hat und somit eine bestimmte Minimalmenge Carbid jedesmal in Berührung mit Wasser kommen muss, die Temperatur im Innern eine so hohe wird, dass die gesammte Menge oder wenigstens ein Theil des Carbides glühend wird.

Ich möchte hierbei noch auf einen sehr wichtigen Punkt hinweisen. Von vielen Seiten wird empfohlen, die Entwickler mit Kühlwasser zu umgeben, und es wird behauptet und auch in Prospecten dem Publicum versichert, dass dadurch jede Erhitzung ausgeschlossen wäre. Es kann nicht nachdrücklich genug vor der-

artigen Anpreisungen gewarnt werden, welche offenbar auf völliger Unkenntnis der tatsächlichen Verhältnisse beruhen. Bei einer Reaction von der Heftigkeit und Plötzlichkeit der Acetylenentwicklung, welche unter Umständen momentan eine Temperatur von nahe an 1000° erzeugen kann; kann eine so oberflächliche und unvollkommene Kühlung eine irgend erhebliche Wirkung nicht haben, besonders da sowohl das Carbid selbst als der entstandene Kalk sehr schlechte Wärmeleiter sind. Es kann deshalb vorkommen, und ich konnte dies wiederholt beobachten, dass ein Theil des Carbides im Entwickler glühend war, während das Kühlwasser, das denselben umgab, nicht mehr als 50 bis 60° zeigte. Alle die Prüfungsmethoden, welche leider noch von verschiedenen Sachverständigen beliebt sind und sich in vielen empfehlenden Gutachten und Besprechungen vorfinden, und die darin bestehen, dass während des Betriebes die Temperatur des Kühlwassers bestimmt wird, sind daher ganz werthlos, da dieselben niemals gestatten, einen Rückschluss auf die wirkliche Temperatur im Entwickler zu ziehen.

Eine derartige, die Zersetzungstemperatur des Acetylens erreichende oder sogar überschreitende Erhitzung braucht nicht unbedingt zu einer Explosionsgefahr zu werden, da, wie schon erwähnt, die Zersetzung des Acetylens unter gewöhnlichem Druck einen explosiven Charakter nicht annimmt, sie kann es aber dann werden, wenn Luft in dem Entwickler ist, was im Anfange der Entwicklung stets der Fall sein wird.

In jedem Falle tritt aber eine Zersetzung des Acetylens ein und die Polymerisationsproducte bewirken durch Verstopfen der Leitungen und Brenner andauernd Betriebsstörungen sowie eine Beeinträchtigung der Intensität und Farbe des Lichtes. Man kann in dem dunkelbraun gefärbten, schmierigen Rückstand sowie in dem Condensator die verschiedensten Polymerisationsproducte wie Styrol, Naphtalin, Theer u. dgl. nachweisen.

Es ist deshalb das Tauchsystem höchst unpraktisch, unter Umständen sogar gefährlich, sobald die Dimensionen des Entwicklers eine gewisse Grenze überschreiten. Nach meinen Erfahrungen sind derartige Apparate nur für kleinste Dimensionen brauchbar und möchte ich die Maximalgrenze der zulässigen Füllung auf 1 k Carbid festsetzen.

Die zweite Klasse umfasst die Apparate, bei denen das Wasser auf das Carbid tropft. Die Anordnung ist hierbei im Allgemeinen so, dass das Carbid in einem oder mehreren Behältern enthalten ist, welche mit einem

Wasserbassin durch ein Zuleitungsrohr in Verbindung stehen. Die Regulirung des Wasserzuflusses wird gewöhnlich durch die Gasometerglocke bewirkt, welche beim Steigen durch eine geeignete Vorrichtung den Wasserzufluss absperrt, beim Fallen wieder öffnet. Diese Übertragung wird auf alle denkbare Weise durch Hebel, Ketten, Zahnräder, Ventile oder auf hydraulischem Wege bewerkstelligt und ist der Gegenstand der meisten neueren Patentanmeldungen.

In den Apparaten des Tropfsystems zeigen sich die Nachtheile des Tauchsystems in etwas vermindertem Maasse. Jeder zuströmende Tropfen wird durch die Erwärmung gleich ganz oder zum Theil in Dampf verwandelt und entzieht dadurch einen Theil der Wärme. Da der Wasserdampf sich stets an der höchsten Stelle des noch unverbrauchten Carbides bildet, so entweicht er mit dem Acetylen, ohne von dem Carbid unter weiterer Erwärmung wieder aufgenommen werden zu können. Nach meinen Versuchen wird hier die Zersetzungstemperatur des Acetylens nicht erreicht, so lange wenigstens, als es sich auch in der That um Tropfapparate handelt. Will man nämlich dieses System auch für grössere Anlagen anwenden und 50 oder mehr Flammen speisen, so können die grossen Quantitäten Gas, welche dann gebraucht werden, durch Zutropfen des Wassers nicht erzeugt werden, dasselbe muss vielmehr in mehr oder weniger starkem Strahl zufließen. Dann ist aber auch hier jedesmal ein Überschuss von Wasser vorhanden, der einerseits nicht gross genug ist, die ganze Menge Carbid zu zersetzen und die Wärmeentwicklung aufzunehmen, andererseits aber fortwährend unter Temperatursteigerung nachentwickelt. In diesem Falle können auch sehr hohe Temperaturen erreicht werden. Deshalb ist auch den Tropfapparaten eine Grenze zu setzen, wenn dieselbe auch etwas weiter ausgedehnt werden kann als bei dem Tauchsystem. Nach meinen Erfahrungen glaube ich empfehlen zu können, dass nicht mehr als 3 k in jeden Entwickler eingefüllt werden dürfen.

Für alle grösseren Acetylenanlagen sind nur solche Apparate zu verwenden, bei denen das Carbid Stück für Stück in einen grossen Überschuss Wasser einfällt. Jedes einzelne Stück Carbid wird sofort vollkommen zersetzt, so dass jede Nachentwicklung fortfällt und die Reactionswärme wird von dem Wasser aufgenommen, so dass keine erhebliche Erhitzung stattfinden kann. Bei wiederholten Versuchen, bei denen ein derartiger Entwickler einem stark forcierten Betriebe ausgesetzt wurde, um seine Leistungsfähig-

keit festzustellen, konnte ich feststellen, dass die Temperatur niemals 50° überstieg.

Das Bestreben, die Entwicklung automatisch zu regeln, hat sich auch bei diesem System geltend gemacht, jedoch hat die Beschaffenheit des Carbides eine allen Ansprüchen genügende Lösung dieser Frage noch nicht gestattet. Das Carbid ist nämlich eine ausserordentlich harte Substanz, die in grossen, unregelmässigen Stücken mit scharfen Ecken und Kanten in den Handel kommt. Die bekannten automatischen Zuführungsmechanismen sind aber in zuverlässiger Weise nur für gleichmässige, körnige oder pulverförmige Substanzen geeignet.

Das Zerkleinern oder gar Pulverisiren des Carbides ist aber nur schwer und unter grossen Verlusten zu bewerkstelligen, da die Operation wegen der Härte der Substanz langwierig ist und dieselbe sich dabei durch Ansaugen der Luftfeuchtigkeit zersetzt.

Es empfiehlt sich deshalb, bei grossen Anlagen auf eine automatische Zuführung zu verzichten und die Füllung mit der Hand vorzunehmen. Die Anordnung muss so sein, dass im Momente der Einführung keine Gasverluste entstehen können und dass nicht bei jeder Neufüllung Luft in den Entwickler eindringt.

Diese Bedingungen sind vollkommen erfüllt, wenn der Entwickler mit einem hydraulischen Verschluss versehen ist, wie bei dem Apparat von Pictet (S. 786 d. Z.).

Einen der wichtigsten Theile jeder Acetylenanlage bildet die Reinigung. Das technische Carbid enthält eine Anzahl von Verunreinigungen, welche z. Th. auch durch Wasser zersetzt werden und gasförmige Producte liefern, die dem Acetylen beigegeben sind. Die Natur der Verunreinigungen und ihre Menge ist sehr verschieden nach der Reinheit der Rohmaterialien sowie nach der Art der Fabrikation des Carbides. Die Analyse des Acetylens, welches aus drei verschiedenen, verhältnissmässig guten Handelsorten entwickelt war, ergab im Durchschnitt folgende procentische Zusammensetzung:

	A. (Amerika)	B. (Deutschland)	C. (Schweiz)
Acetylen	98,41	99,01	98,63
Sauerstoff	0,87	0,55	0,63
Stickstoff	0,42	0,20	0,34
Wasserstoff	0,09	0,07	0,16
Schwefelwasserstoff .	0,08	0,07	0,10
Phosphorwasserstoff .	0,05	0,03	0,03
Ammoniak	0,08	0,07	0,11
	100,00	100,00	100,00

Ausser diesen Substanzen finden sich mitunter noch Siliciumwasserstoff, Arsenwasserstoff und organische Schwefelverbindungen vor.

Von diesen Bestandtheilen ist die Gegenwart von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in so kleinen Mengen unbedenklich und kann vernachlässigt werden. Anders verhält es sich mit den 3 anderen Verunreinigungen Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff, welche schon in den obigen Mengen zu erheblichen Störungen Veranlassung geben können und deren Beseitigung daher unumgänglich nothwendig ist.

Ein Gehalt an Ammoniak kann zur Bildung des explosiven Acetylenkupfers führen, während der Schwefelwasserstoff wegen seiner Giftigkeit zu fürchten ist. Am gefährlichsten ist die Anwesenheit von Phosphorwasserstoff. Erstens greift derselbe die Leitungen, Hähne, Ventile und Brenner, überhaupt alle aus Metall, speciell aus Kupfer oder Kupferlegirungen bestehenden Theile so stark an, dass schon nach kurzer Zeit eine Abnutzung derselben eintritt. Besonders die beweglichen Theile in den Hähnen, Gasdruckreglern u. s. w. leiden darunter so stark, dass sie durch Verstopfung und Verschmierung vollkommen betriebsunfähig werden.

Fernere Folgen der Verunreinigungen sind die Bildung von schädlichen Verbrennungsproducten und die Verminderung der Leuchtkraft; besonders erfüllt die Phosphorsäure, welche durch die Verbrennung entsteht, die Luft mit einem grauen Dunst, der die Athmungsorgane belästigt. Die grösste Gefahr liegt aber in der Selbstentzündlichkeit, die der Phosphorwasserstoff und in noch höherem Maasse der Siliciumwasserstoff besitzt. Bei Gegenwart von Luft können dadurch die gefährlichsten Explosionen des Acetylens hervorgerufen werden, und manche derartige Unglücksfälle, für welche anscheinend eine Erklärung nicht vorliegt, sind wohl auf die Gegenwart dieser selbstentzündlichen Gase zurückzuführen.

Die Bildung der einzelnen Verunreinigungen ist nicht ganz leicht zu erklären. Ammoniak entsteht aus Stickstoffverbindungen des Calciums und Magnesiums, welche vom Wasser zersetzt werden. Der Schwefelwasserstoff entsteht, wenn die Rohmaterialien Schwefel enthalten, der entweder in der Kohle oder als Gyps im Kalk sich vorfindet. In welcher Form der Schwefel sich im Carbid gebunden findet, ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Es läge am nächsten, die Bildung von Schwefelcalcium anzunehmen, doch würde diese Verbindung, welche durch Wasser nicht zersetzbar ist, das Entstehen von Schwefelwasserstoff nicht erklären können. Von anderer Seite wird angenommen, dass in der hohen Temperatur des elektrischen Ofens ein Schwefelaluminium, Al_2S_3 , entsteht, wel-

ches von Wasser zersetzt würde. Es mag dahingestellt bleiben, ob eine derartige Verbindung hier vorliegen kann, die einzige Ursache für die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff ist jedenfalls nicht darin zu suchen, da ich wiederholt Schwefelwasserstoff nachgewiesen habe bei Carbiden, welche keine Spur Aluminium enthielten. Es ist wahrscheinlicher, dass complicirte Schwefelverbindungen organischer Natur entstehen können, welche z. Th. bei gewisser Temperatur mit Wasser Schwefelwasserstoff entwickeln. Dass derartige organische Schwefelverbindungen im Acetylen in der That vorkommen, ist auch durch Lunge und Cedercreutz (d. Z. 1897, 654) schon wahrscheinlich gemacht worden, welche nachwiesen, dass nicht aller im Acetylen enthaltener Schwefel durch Bleiacetalösung gefällt wird.

Die Bildung von Phosphorwasserstoff erklärt sich in einfacher Weise, sobald Phosphor, sei es in der Kohle, sei es als Phosphat in dem Kalk enthalten ist. Das Calciumphosphat wird im elektrischen Ofen zu Calciumphosphid reducirt und dieses zersetzt sich mit Wasser in bekannter Weise zu Phosphorwasserstoff.

Schwieriger wiederum lässt sich die Bildung von Siliciumwasserstoff erklären. Enthalten die Rohmaterialien Kieselsäure, so bildet sich je nach der Menge derselben und dem Vorhandensein von anderen Substanzen Siliciumcarbid, Ferrosilicium, Magnesiumsilicid und Calciumsilicid. Siliciumcarbid, unter dem Namen Carborundum als Schleifmittel bekannt, ist in allen Lösungsmitteln unlöslich, ebenso Ferrosilicium, während die Silicide zwar Siliciumwasserstoff liefern können, aber nur bei der Behandlung mit Säuren. Auch hier müssen wir wieder zur Erklärung die Bildung von complicirt zusammengesetzten Verbindungen unbekannter Constitution annehmen, welche mit Wasser Siliciumwasserstoff entwickeln. Die Vorgänge im elektrischen Ofen sind eben in chemischer Hinsicht noch lange nicht zur Genüge erforscht und es ist sicher, dass neben den bekannten und durchstudirten Hauptreactionen Nebenreactionen verlaufen, welche zur Bildung von neuen Verbindungen führen, deren Natur und Constitution noch nicht erkannt ist.

Das sicherste Mittel zur Verhütung von Verunreinigungen besteht also in der Auswahl der Rohmaterialien. Achtet man auf einen möglichst reinen Kalk, der besonders keine Phosphate, Sulfate und keine Kieselsäure enthält, und auf eine schwefelfreie Kohle, so wird man auch ein Carbid erhalten, das ein fast reines Acetylen liefert. Da man

aber vorläufig mit dem vorhandenen Material rechnen muss und da die Kohle als Verbrennungsproduct von organischen Stoffen niemals ganz phosphorfrei sein kann, so muss die Reinigung des Acetylen als unerlässlicher und wichtiger Theil jeder Anlage betrachtet werden.

Die Befreiung des Gases von Ammoniak und Schwefelwasserstoff bot keine Schwierigkeiten, da dieselben Substanzen auch als Verunreinigungen dem Steinkohlengas beigemengt sind, und die hochentwickelte Gas-technik schon lange Mittel gefunden hatte, dieselben zu beseitigen. Man griff deshalb auf die Gasreiniger, speciell auf Eisenhydroxyd, zurück und hoffte dadurch ein reines Acetylen herstellen zu können. Leider zeigte es sich aber, dass der Phosphorwasserstoff durch diese Mittel gar nicht angegriffen wurde und dass das Acetylen nach dem Waschen und Behandeln mit Eisenhydroxyd dieselben Übelstände zeigte wie vorher. Zahlreiche andere Mittel wurden noch vorgeschlagen, aber fast alle sind unbrauchbar, da sie entweder wie Eisenhydroxyd und andere Metalloxyde und Salze den Phosphorwasserstoff nicht angreifen, oder aber so energisch einwirken, wie Brom, Permanganat u. s. w., dass sie das Acetylen selbst theilweise zerstören.

Ich will nur zwei Methoden erwähnen, welche befriedigende Resultate gegeben haben. Das eine von A. Frank gefundene und patentierte Verfahren besteht in dem Waschen des Gases mit sauren Metallsalzlösungen. Wird das Acetylen durch derartige Lösungen (am besten nimmt man eine concentrirte stark salzsaure Lösung von Kupferchlorid) geleitet, so wird es vollständig gereinigt. Ammoniak wird durch die Säure gebunden, Schwefel- und Phosphorwasserstoff werden als Schwefel- und Phosphorkupfer ausgefällt. Dies Verfahren hat den Vortheil, dass es alle Verunreinigungen durch eine Operation entfernt, es eignet sich daher gut für kleinere Anlagen, wo der ganze Apparat in möglichst compendiöser Form zusammengefasst sein muss. Bei der Anwendung für grosse Anlagen liegen einige Bedenken vor. Die stark saure Natur der Lösung verhindert die Anwendung von Metallgefäßen, die Entfernung des gebildeten Niederschlages ist unbequem und vor allen Dingen muss stets genau darauf geachtet werden, dass die Lösung sauer bleibt, da sonst die Gefahr einer Acetylenkupferbildung vorliegt. Ausserdem wird auch das Acetylen etwas angegriffen, indem es theilweise absorbiert, theilweise zu aldehydartigen Verbindungen oxydirt wird. Trotzdem sei ausdrücklich bemerkt, dass bei

Innehaltung der nöthigen Sorgfalt diese Reinigungsmethode durchaus gute Resultate gibt.

Die zweite Methode, welche ich ausgearbeitet habe und welche seit längerer Zeit bei allen Apparaten und Anlagen der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft mit bestem Erfolg angewendet wird, beruht auf einer getrennten Behandlung der einzelnen Bestandtheile und einer Oxydation des Phosphorwasserstoffes. Lunge und Cedercreutz hatten bei ihrer oben angeführten Arbeit über die Analyse des Carbids empfohlen, zur technischen Reinigung Chlorkalk zu verwenden. In der Form, wie dieselben dieses Verfahren empfehlen, ist es jedoch nicht ausführbar und sind wohl auch nie grössere Versuche in der Praxis danach angestellt worden. Schon vor längerer Zeit hatte ich versucht, nachdem die Absorptionsmethoden alle mehr oder weniger versagt hatten, mit einer Oxydation zum Ziel zu gelangen und war auch bald darauf verfallen, Chlorkalk dafür zu verwenden. Bei der Ausführung der Versuche zeigte es sich jedoch, dass beim Durchleiten des Gases durch einen mit Chlorkalk gefüllten Reiniger Explosionen stattfanden. Dieselben haben aber mit dem Acetylen nichts zu thun, sondern finden vermuthlich ihre Erklärung darin, dass das im Gas enthaltene Ammoniak mit dem Chlor Chlornstickstoff bildet. Ausserdem wird der Schwefelwasserstoff in grösserer Menge nur unvollkommen zurückgehalten. Es müssen deshalb das Ammoniak und der Schwefelwasserstoff zum Theil schon beseitigt sein, ehe das Gas in den Chlorkalkreiniger tritt. Dies kann durch Waschen mit Wasser in einem gut wirkenden Gaswäscher geschehen, es empfiehlt sich aber mehr, die Wirkung durch bestimmte Substanzen zu verstärken, und wende ich mit bestem Erfolg im Anschluss an das D.R.P. 97 110 Chlorcalcium oder dgl. an. Hierauf wird der Phosphorwasserstoff durch Chlorkalk oder durch ähnlich wirkende Körper oxydirt, welche das Acetylen nicht angreifen. Nebstehende Abbildung (Fig. 220) zeigt im Querschnitt eine complete Acetylenanlage mit Reinigungsvorrichtung nach diesem System, wie es in den grösseren Anlagen der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft Berlin ausgeführt ist. Dieselben bestehen aus dem Entwickler, den Reinigungsapparaten und der Gasometerglocke.

Der Entwickler *A* ist nach dem erwähnten System Pictet construirt. Das Carbid wird mit der Hand in den Fülltrichter *a* eingeworfen und gleitet auf der schiefen Ebene *b* auf den schrägen Rost *c*. Die Gasentwicklung, die hier stattfindet, steigt senkrecht nach oben und wird durch den Wasser-

abschluss verhindert, aus dem Einfüllrohr herauszutreten. An dem Einfüllrohr *B* ist der Überlaufhahn *G* und auf dem Deckel des Entwicklers das Überlaufrohr *H* mit dem Hahn *S* angebracht, welches in den Einfüllkanal führt. Der Ausgang *K* führt in die Reinigungsapparate, während ein zweiter Ausgang direct in den Gasometer führt, beide sind durch Hähne verschliessbar. Soll der Entwickler gereinigt werden, so werden beide Hähne geschlossen und Hahn *I* geöffnet. Darauf wird so lange Wasser eingeleitet, bis dasselbe den Rand des Einfüllschachtes erreicht, dadurch wird alles Gas aus dem Entwickler verdrängt und durch den Schornstein abgeleitet. Wenn jetzt das

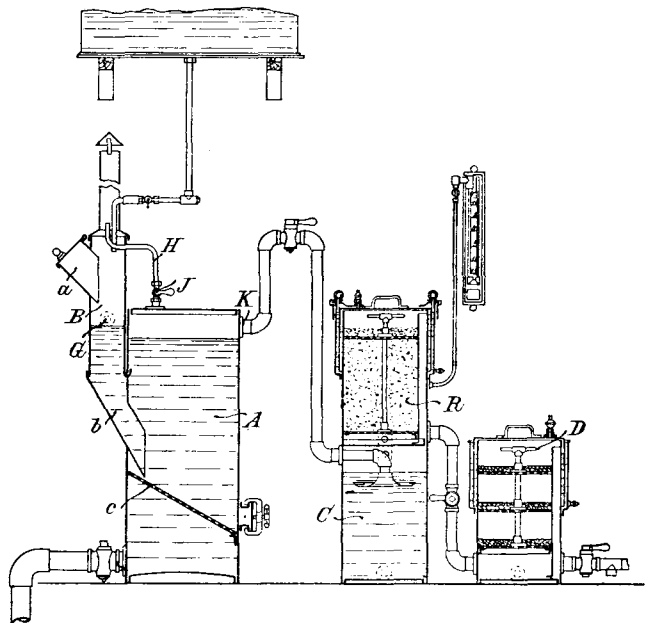


Fig. 220.

Kalkwasser abgelassen wird und die Luft eindringt, so ist keine Spur Gas mehr in dem Entwickler vorhanden.

Soll der Apparat nach der Reinigung frisch gefüllt werden, so wird zunächst wieder so viel Wasser zugelassen, bis dasselbe am Einfülltrichter überläuft, sodass der Entwickler vollkommen mit Wasser gefüllt und die Luft ganz verdrängt ist. Dann wird Hahn *I* geschlossen und der Hahn der directen Verbindung mit dem Gasometer geöffnet. Das Gas aus dem Gasometer tritt in den Entwickler und drückt so viel Wasser aus dem Überlaufrohr heraus, bis der Gasdruck dem Druck der Wassersäule gleich kommt. Es ist dadurch der Raum über dem Wasserniveau mit reinem Gas gefüllt.

Wird jetzt Carbid eingeworfen, so wird zunächst noch etwas Wasser durch das Überlaufrohr abfliessen, bis der Wasserstand

betriebsfertig normal ist, dann wird der Überlaufhahn geschlossen.

Es entwickelt sich so von Anfang an reines luftfreies Acetylen, und es kann in dem Entwickler stets nur entweder Luft oder Acetylen, niemals aber ein explosives Gemisch enthalten sein.

Aus dem Entwickler wird das Acetylen in den Wäscher *C* geleitet, in welchem es eine Lösung von Chlorcalcium durchstreicht, die es von dem Ammoniak und z. Th. vom Schwefelwasserstoff befreit. Die Reinigung von Phosphorwasserstoff, welcher dadurch nur wenig angegriffen wird, geschieht in dem Reiniger *R*. In demselben ist Chlorkalk allein oder in Mischung mit anderen Substanzen so angeordnet, dass eine möglichst innige Berührung des Gases mit dem Reinigungsmittel stattfindet. Für kleine Anlagen genügt ein Reiniger, während für grössere Einrichtungen mehrere hintereinander anzubringen sind.

Das Gas wird darauf in dem Trockner *D*, der den Reinigern ähnlich gebaut ist, getrocknet und von mitgerissenen Chlordämpfen befreit und wird dann ebenso wie Steinkohlengas durch Gasometer, Stationsgasmesser und Stationsdruckregulator geleitet.

Bei ganz grossen Anlagen, wie Stadtcentralen, wird noch zwischen dem Entwickler und dem Wäscher ein Condensator angeordnet, in welchem das Acetylen abgekühlt und von Wasserdampf sowie mechanisch mitgerissenen Kalk- und Kohletheilchen befreit wird.

Aus dem Gasmesser gelangt das Acetylen in die Leitungen und wird schliesslich in besonderen Brennern verbraucht.

Die ausserordentlich grosse Leuchtkraft der Acetylenflamme wird bedingt durch ihren grossen Kohlenstoffgehalt und die hohe Verbrennungstemperatur. Die hohe Leuchtkraft des Acetylens erklärt sich durch das sehr lebhaftes Glühen einer sehr grossen Kohlenstoffmenge. Dieser Reichthum an Kohlenstoff, der den Vorzug des Acetylens ausmacht, bedingt aber gleichzeitig eine Schwierigkeit. Damit eine regelmässige Verbrennung entstehen kann, muss der Luftsauerstoff mit der ganzen Menge der Verbrennungssubstanz in Berührung treten. Enthält eine Substanz zu viel Kohlenstoff, so kann derselbe nicht vollständig verbrennen. Ein Theil, der im Innern der Flamme bleibt, erhält keinen Sauerstoff, entweicht infolgedessen unverbrannt, und es tritt dann die Erscheinung ein, die man mit Russen bezeichnet. Dies kann bei allen kohlenstoffreichen Verbindungen, wie Ölgas, Benzol, Ligroin u. dgl. eintreten und es würde stets

der Fall sein, wenn man Acetylen aus einem gewöhnlichen Steinkohlengasbrenner consumiren wollte. Die Luftzuführung, welche ein Gas zur Verbrennung braucht, muss stets im Verhältniss stehen zu der Menge Kohlenstoff, die es ausscheidet, es muss daher die Mischung von Acetylen und Luft eine viel innigere sein, als es in einem sonst üblichen Brenner möglich ist.

Um dies Resultat zu erreichen, lassen sich verschiedene Wege einschlagen. Lässt man das Acetylen aus einem Steinkohlengasbrenner ausströmen, so tritt die Luft nur an die äusseren Theile der Flamme heran und deren Kern entgeht der Verbrennung. Reducirt man den Durchmesser der Flamme auf ein Minimum, dass dieselbe gewissermaassen nur eine Fläche ohne jede Dicke bildet, so kann überall eine Berührung von Gas und Luft stattfinden. Dies kann bewirkt werden dadurch, dass die Ausströmungsöffnungen sehr verengt werden, besonders, wenn man durch eine eigenartige Form derselben der Flamme eine eigenthümlich ausgebreitete Gestalt gibt.

Ein zweites Mittel besteht in der Verstärkung des Brenndruckes. Da das Acetylen beinahe dasselbe specifische Gewicht hat, wie die Luft, so braucht es einen stärkeren Druck als das leichte Steinkohlengas. In dem Maasse, wie der Druck des ausströmenden Gases wächst, wird zugleich ein stärkerer Luftstrom mitgerissen. Es ist hierbei der Punkt festzuhalten, wo die Luftmischung die günstigste ist.

Drittens können die Berührungspunkte zwischen Acetylen und der Verbrennungsluft dadurch vermehrt werden, dass das erstere durch Mischung mit einem anderen Gase verdünnt wird. Man kann dazu entweder indifferente, nicht brennbare Gase nehmen, wie Luft oder Stickstoff, oder brennbare, wie Wasserstoff und Methan. Da Gemische von Acetylen und Luft innerhalb weiter Grenzen explosiv sind, so lässt man in diesem Falle die Mischung vorthellhaft erst in dem Brenner kurz vor der Verbrennung stattfinden. Die Luftzuführung geschieht dann nach dem Princip des Bunsenbrenners, ist jedoch so zu regeln, dass keine entleuchtete Heizflamme entsteht. Ich verweise hier auf meine ausführliche Untersuchung (Z. f. Beleucht. 1898, 6) und will hier nur noch kurz die wichtigsten Momente hervorheben.

Der Hauptfehler der meisten Acetylenbrenner besteht darin, dass sie sich nach mehr oder weniger kurzer Zeit verstopfen und dann eine russende Flamme geben. Diese Erscheinung wird nicht, wie von vielen Seiten fälschlich behauptet wird, durch die

Verunreinigungen des Acetylens verursacht — wenn dieselben die Verstopfung auch begünstigen und beschleunigen —, sondern sie tritt auch bei reinem Acetylen ein. Der Grund dafür ist in der leichten Zersetzbarkeit des Acetylens zu suchen. In der Hitze der Verbrennung tritt eine Polymerisation des Acetylens in der Flamme sowohl, als auch innerhalb des Brenners ein, sobald die Temperatur desselben hoch genug gestiegen ist. Die flüssigen und festen Polymerisationsproducte setzen sich dann von aussen vor der Brenneröffnung sowohl als in derselben fest und verstopfen dieselben um so leichter, je enger die Öffnungen sind. Aus diesem Grunde sind diejenigen Brenner, welche beim Steinkohlengas am häufigsten angewendet werden, die Schnittbrenner, für Acetylen nicht zu gebrauchen, da die engen Schnitte zu leicht verstopft werden.

Etwas besser haben sich die Zweilochbrenner bewährt. Besonders die Braybrenner, welche für Acetylen in einigen Specialnummern mit besonders feinen Bohrungen angefertigt wurden, wurden im Anfang fast ausschliesslich angewendet und werden auch heute noch mitunter gebraucht. Das Princip der Zweilochbrenner besteht darin, dass zwei aus schrägen gegeneinander geneigten Bohrungen kommende runde oder ovale Gasströme auf einander stossen und sich durch den Anprall zu einer flachen Gasschicht von zierlicher Fächerform ausbreiten. Bei den Braybrennern sind die Bohrungen in einem Brennerkopf aus einer porzellanartigen Masse angebracht, welcher in einer Messingfassung gefasst ist. Diese Brenner geben eine schöne Flamme und haben einen sehr guten photometrischen Nutzeffect, sie verstopfen sich aber auch schon nach so kurzer Zeit, dass ein häufiges Reinigen und Putzen nothwendig ist, um sie verwenden zu können. Solange das Acetylen aus engen Öffnungen gebrannt wird, ist eben ein Verstopfen derselben unvermeidlich. Reines Acetylen kann aber aus den oben angeführten Gründen aus weiten Öffnungen nicht gebrannt werden; man war deshalb genöthigt, dasselbe mit anderen Gasen zu vermischen, um ein befriedigendes Resultat zu erhalten. Am besten bewährte sich die Mischung mit Luft, welche nach Art des Bunsenbrenners im Brenner selbst erst erfolgt.

Die constructive Ausführung dieser Brenner kann auf sehr verschiedene Weise erfolgen. Folgende Brenner der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft haben sich in längerem Betriebe als gut erwiesen.

Der erste Brenner (Fig. 221) vereinigt das Princip der Zweilochbrenner mit der

Luftzuführung. Er besteht aus 2 Metallröhren, welche in einem Winkel von 90° gegen einander geneigt sind. Dieselben tragen zwei Specksteinköpfchen, die den eigentlichen Brennerkopf bilden. Im unteren Theile derselben liegt eine feine Öffnung, durch welche das Gas einströmt, und welche von 4 Luftlöchern umgeben ist. Das Acetylen tritt durch dieselbe ein, reisst durch die Luftlöcher die nöthige Luft mit sich und tritt dann aus der oberen weiten Öffnung aus. Die beiden Gasströme treffen dann aufeinander, nachdem sie einen gewissen Weg in der Luft zurückgelegt haben, und bilden eine Schmetterlingsflamme, welche nicht auf dem Brenner, sondern über demselben in der Luft gebildet wird. Dadurch wird bewirkt, dass die Brenneröffnung verhältnissmässig kühl bleibt. Da dieselbe ausserdem weit ist, so kann dieselbe sich schwer verstopfen und kann leicht gereinigt werden.

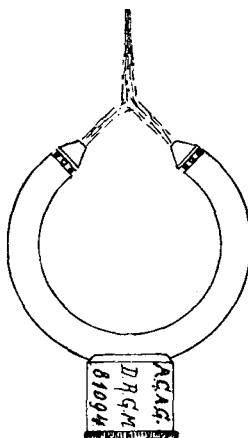


Fig. 221.

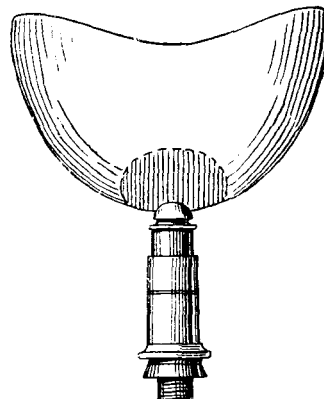


Fig. 222.

Der andere Brenner, ein Schnittbrenner, (Fig. 222) besteht aus einem Metalltheil, der an seinem unteren Ende die Gasdüse, welche von den Luftlöchern umgeben ist, enthält, während auf dem oberen Ende ein gewöhnlicher Hohlkopfschnittbrenner befestigt ist. Mit diesen Brennern habe ich sehr gute Erfahrungen gemacht. Dieselben haben sich im Betriebe lange bewährt, ohne sich zu verstopfen oder sonst irgend welche Fehler zu zeigen. Auch das photometrische Ergebniss derselben ist sehr gut. In den Doppelbrennern wird zur Erzeugung von H.K. durchschnittlich 0,6 bis 0,7 l je nach der Grösse verbraucht, die Schnittbrenner sind noch etwas günstiger, sie gebrauchen nur 0,6 bis 0,65 l.

Die Verbrennungswärme des Acetylens übertrifft infolge seiner endothermischen Bildung diejenige des Steinkohlengases bedeutend, da sie 14 000 w gegen 5500 w beträgt.

Infolge dessen ist die Temperatur, welche in einer vollkommen entleuchteten Heizflamme im Bunsenbrenner erreicht wird, eine viel höhere als beim Steinkohlengas. Nachdem die Schwierigkeiten, welche bei der Construction eines derartigen Bunsenbrenners vorlagen und welche in dem durch die weit grössere Explosivität der Acetylenluftgemische bewirkten Zurückschlagen der Flamme bei vollkommener Entleuchtung lagen, überwunden sind, und jetzt von verschiedenen Seiten recht brauchbare Heizbrenner in den Handel gebracht werden, wie z. B. der Bunsenbrenner der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft, dürfte sich die Anwendung für viele Laboratoriumszwecke wohl empfehlen.

Es liegt jedenfalls ein grosser Vortheil darin, in einem einfachen Bunsenbrenner Temperaturen zu erhalten, die sonst nur mittels eines Gebläses zu erreichen sind. Kann man doch sogar schwer schmelzbare Metalle, wie Kupfer und Nickel, im Tiegel in kurzer Zeit schmelzen.

Die Preisberechnungen, welche bisher veröffentlicht worden sind, sind grösstentheils falsch. Die Freunde des Acetylen haben in dem Bestreben, dasselbe als billigstes Beleuchtungsmittel, als billiger noch als das Auer'sche Glühlicht erscheinen zu lassen, oft falsche Berechnungen angestellt, indem sie für Acetylen nur den effectiven Verbrauch der Brenner ansetzten und damit die Gaspreise verglichen, in welchen bereits die ganzen Unkosten, Verwaltungskosten, Verzinsung und Amortisation der Gasanstalten, Gasverlust in den Leitungen u. s. w. eingegriffen sind. Andererseits wurden von den Gegnern des neuen Gases oft Werthe für den Carbidpreis, sowie für die Ausbeute an Acetylen aufgestellt, die rein willkürlich angenommen waren und den Thatsachen keineswegs entsprachen.

Es ist schwer, eine absolut zuverlässige Berechnung aufzustellen, da der Carbidpreis nach der Marktlage noch grossen Schwankungen unterworfen ist. Man kann jedoch einer ungefähren vergleichenden Berechnung einen Preis von 40 Pf. für 1 k zu Grunde legen, ohne zu weit nach der einen oder anderen Seite fehlzugreifen. Es ist sogar mit Sicherheit zu erwarten, dass der Preis in absehbarer Zeit, wahrscheinlich schon im nächsten Jahre, unter dies Niveau sinken wird. In einem im Verein für Eisenbahnkunde gehaltenen Vortrag nimmt Hr. Eisenbahndirector Bork einen Zukunftspreis von 21 Pf. an. Wenn ich mich diesen weitgehenden Hoffnungen auch nicht anschliessen kann, so geht doch jedenfalls daraus hervor, dass ein Preis von 40 Pf. nicht zu günstig

ist. 1 k Carbid ergibt theoretisch bei 0° und 760 mm = 348,9 l Acetylen. In der Praxis rechnet man im Allgemeinen mit einer Ausbeute von 300 l.

Nehmen wir den Preis von 1 k Carbid zu 40 Pf. und die Ausbeute zu 300 l, so kommt der Materialverbrauch für 1 cbm Acetylen auf 1,33 M. Rechnet man nun für Amortisation und Verluste 10 Proc. und rundet nach oben ab, so können wir annehmen

$$1 \text{ cbm Acetylen} = 1,50 \text{ M.}$$

Berechnen wir die Kosten der verschiedenen Beleuchtungsarten z. B. für eine 16kerzige Flamme.

I. Acetylen.

16 H.K. gebrauchen 11 l Acetylen = 1,65 Pf.

II. Steinkohlengas.

1 cbm Steinkohlengas kostet im Durchschnitt 17 Pf.

Im Schnittbrenner liefert 1 cbm = 87 H.K.

Im Auerbrenner liefern 2 l = 1 H.K.

16 H.K. gebrauchen im Schnittbrenner 184 l = 3 Pf.

16 H.K. gebrauchen im Auerbrenner 32 l = 0,54 Pf.

III. Elektrizität.

16 H.K. Glühlampe kostet im Durchschnitt 3,5 Pf.

Hieraus ergeben sich folgende Konsequenzen. Acetylen ist bedeutend billiger als Leuchtgas im gewöhnlichen Brenner und als die elektrische Glühlampe, dagegen theurer als Auer'sches Glühlicht. Der letztere Punkt ist unbedingt zu betonen und jeder Versuch, durch gewundene Calculationen das Acetylen dem Auerlicht im Preis gleichzustellen oder gar als billiger zu bezeichnen, muss als reclamehafte Anpreisung bezeichnet werden, die auf Täuschung des Publikums berechnet ist und nur Misstrauen auch den unleugbaren Vorzügen des Acetylen gegenüber erwecken kann. Acetylen ist theurer als Auerlicht und es wird auch stets theurer bleiben, da es als ausgeschlossen zu betrachten ist, dass der Preis des Carbides jemals auf 15 Pf. sinken wird und es erst bei diesem Preis dem Glühlicht gleichkommen würde.

Allerdings wird der Preisunterschied durch verschiedene Umstände vermindert. Die obige Calculation ist für 16kerzige Flammen berechnet, in Wirklichkeit aber kann man eine 16kerzige Flamme mit Auerlicht gar nicht erzeugen, sondern ist gezwungen, sich stets wesentlich grösserer Flammen zu bedienen. Da andererseits das Acetylen in Flammen jeder Grösse von wenigen Kerzen an mit annähernd demselben Nutzeffect angewendet werden kann, so werden in einem bestimmten zu beleuchtenden Raum

die absoluten Kosten bei Gasglühlicht und Acetylen lange nicht dasselbe Verhältniss zeigen, als der relative Vergleich ergibt. Ausserdem spricht bei dem Glühlicht auch der Ersatz der Strümpfe und Cylinder beim Preis und besonders bei der Bequemlichkeit der Anwendung mit.

Ich will schliesslich noch kurz eine neue Verwendung des Acetylens berühren, welche mir nach vielen Versuchen gelungen ist, und die vielleicht einmal für manche Zwecke eine grosse Rolle spielen wird, das ist die Anwendung dieses Gases im Bunsenbrenner als Glühlichtflamme. Ich will nur so viel sagen, dass dadurch nach den bisherigen Ergebnissen eine bedeutende Ersparniss den freibrennenden Acetylenflammen gegenüber bewirkt wird.

Jedenfalls ist als weitere Consequenz aus den obigen Preisvergleichen zu entnehmen, welche Bahn das Acetylen einzuschlagen haben wird. Es wird und kann, vorläufig wenigstens, nicht dem Steinkohlengas Concurrenz machen. In grossen Städten, wo jetzt das Auerlicht nicht nur im Innern, sondern auch als Strassenbeleuchtung überall eingeführt wird, ist für das Acetylen kein Platz. Aber abgesehen davon bleibt ein grosses Gebiet übrig, welches es ohne Concurrenz kampflos erobern kann. In kleinen Städten und auf dem Lande, auf Gütern, Villen und Fabriken, auf Bahnhöfen, Leuchthürmen, kurz überall dort, wo Gas und Elektrizität wegen der grossen Anlagekosten nicht eindringen können, dort wird es keine Mühe haben, das Petroleum zu verdrängen. Ein Vorthail, der ihm auch in elegantere Einrichtungen leicht Eingang verschaffen wird, ist schliesslich seine decorative Verwendbarkeit.

Bei dem geringen Gasverbrauch, den die Brenner haben, genügen als Zuleitungen zu den einzelnen Beleuchtungskörpern ganz enge Leitungen, welche den elektrischen Draht an Stärke kaum zu übertreffen brauchen. Biegsame Bleirohre von 2 bis 3 mm Weite mit farbiger Seide übersponnen, lassen sich vorthailhaft zu diesem Zweck verwenden. So lässt sich das Acetylenlicht im Gegensatz zu dem Steinkohlengas all den künstlerischen Formen anpassen, welche für das elektrische Licht in Verwendung kommen, von welchen es sich noch vorthailhaft durch den brillanten Glanz und die lebendige Beweglichkeit der Flammen auszeichnet.

Lange Zeit hat die Scheu des Publikums, die Schwierigkeiten durch die Behörden und die Unmöglichkeit, andauernd grosse Carbidquantitäten zu mässigem Preise zu liefern, die Entwicklung der Acetylenindustrie

zurückgehalten, und erst in der zweiten Hälfte des letzten Jahres hat die Einführung des neuen Lichtes rasche Fortschritte gemacht. Kleine Anlagen sind schon zu Hunderten im Betrieb und in neuerer Zeit hat die Allgemeine Carbid- und Acetylenengesellschaft in Berlin zwei complete Stadtanlagen von 2000 bez. 1000 Flammen in Oliva bei Danzig und Schönsee in Westpreussen in Bau genommen. Auch die Staatsbehörden stehen dem neuen Lichte sympathisch gegenüber, so hat dieselbe Gesellschaft 3 Bahnhofsanlagen für die Preussische Staatsbahn in Oliva und für die Mecklenburgische Friedrich-Franz-Bahn im Kleinen im Betrieb, sowie für die Bayrische Staatsbahn in Hochzoll bei Augsburg im Bau.

Wenn auch natürlich eine so junge Industrie noch nicht eine technische Vollendung erreicht haben kann, so beweisen diese Erfolge doch, dass dieselbe aus dem Versuchsstadium herausgetreten ist und vor einer gesunden und grossen Entwicklung steht. Geht die Entwicklung, woran nicht zu zweifeln, in demselben oder verstärkten Maasse weiter, und gelingt es, auch nur einen Theil des Petroleums zu verdrängen und den heimischen Markt von dem Import von Amerika und der Willkür des Petroleumringes unabhängig zu machen, so wird die neue Industrie für Deutschland von eminentester volkswirtschaftlicher Bedeutung werden.

70. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf.

Am Montag, 19. Sept. wurde um 9 Uhr die sehr zahlreich besuchte allgemeine Sitzung im Kaisersaal der städtischen Tonhalle eröffnet. Nach verschiedenen Ansprachen hielt **Prof. F. Klein** seinen Vortrag:

Universität und technische Hochschule.

Er bemerkt in der Einleitung, dass er die technische Hochschule wesentlich vom Standpunkt der Maschinenbauabtheilung aus betrachten wolle, bei der Universität aber überhaupt nur solche einzelnen Punkte hervorheben könne, deren Berücksichtigung durch den Vergleich mit der technischen Hochschule in erster Linie gegeben erscheine. Dabei knüpft er überall an den Zustand an, wie er etwa zu Anfang der 70er Jahre herrschte.

„Die moderne Entwicklung der technischen Hochschule setzt mit dem Zeitraume, den wir so nach betrachten, eigentlich erst ein und ist dann entsprechend dem rapiden Anwachsen unserer Industrie quantitativ und intensiv eine ganz ausserordentliche gewesen. Hat sich doch die Frequenz der technischen Hochschulen allein im letzten Jahrzehnt mehr als verdreifacht! Es ist von hier aus verständlich, dass die Kreise der technischen Hoch-