

III. Anforderungen und Grenzwerte.

Das Colophonium sei möglichst hell und gebe mit Wasser ausgekocht beim Versetzen des wässerigen Filtrates mit Eisenchlorid eine möglichst schwache Farbenreaction.

Das Colophonium sei fast aschefrei (ohne wägbare Rückstände) und sei völlig löslich in Alkohol, Terpentinöl, ätherischen Ölen, Aceton, Äther, Chloroform, Methylalkohol, Amylalkohol, Essigäther, Benzol, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff, theilweise löslich in Benzin, Petroleum und Petroläther, jedoch überschreite der in Petroläther unlösliche Rückstand 7 Proc. nicht.

Die Säurezahl — wie oben bestimmt — schwanke zwischen rund 145 bis 185, das specifische Gewicht schwanke zwischen 1,045 bis 1,085.

Weitere Bestimmungen sind zur Beurtheilung des Colophoniums nicht nöthig, wenn dasselbe ausserdem obigen physikalischen Eigenschaften entspricht.

Der

heutige Stand der Acetylenbeleuchtung.¹⁾

Von

Dr. Paul Wolff.

Die bedeutenden Fortschritte, welche unser Jahrhundert in jedem Zweig der Technik gebracht hat, haben auf wenigen Gebieten das Interesse der Menschheit durch Veränderung ihrer Lebensgewohnheiten in so grossem Maasse beansprucht als durch die Verbesserung der Beleuchtung. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts hatte sich in der Art der Erzeugung und der Behandlung der künstlichen Beleuchtung nur wenig geändert. Dann kam die Gasbeleuchtung und seit 1882 das elektrische Licht hinzu und neuerdings das Acetylen. Dasselbe ist seit der ersten Darstellung durch Davy (1836) in die wissenschaftliche Chemie eingeführt und besonders durch die Untersuchungen von Berthelot als einziges Beispiel der directen Synthese eines Kohlenwasserstoffes aus den Elementen als Basis der weitverzweigten organischen Chemie bekannt. Jedoch hatte das Acetylen sich nicht aus dem Bereich des Laboratoriums herauswagen können, da die Herstellungsmethoden viel zu kostspielig und die Ausbeuten viel zu gering waren, um eine in-

dustrielle Verwerthung gestatten zu können. Erst als vor wenigen Jahren Moissan im elektrischen Ofen einen Fabrikationsweg für den Rohstoff des Acetylen, das Calciumcarbid, entdeckte, welcher diese Substanz in grossen Quantitäten zu niedrigen Preisen herzustellen gestattete, da war der Punkt erreicht, in dem der Weg vom Laboratorium nach der Praxis abzweigte. Ohne Zweifel ist Moissan moralisch der Vater der neuen Industrie, wenn er es auch nicht in letzter Linie im juristischen Sinne gewesen ist. Die Priorität der technischen Calciumcarbid-darstellung ist noch ein sehr streitiger Punkt, der zur Zeit in verschiedenen Ländern zu verwickelten Patentprocessen geführt hat.

Es ist hier wie bei so vielen anderen Erfindungen der Fall gewesen, dass zwei Forscher von einander entfernt und vermuthlich unabhängig von einander, ungefähr zu gleicher Zeit dieselbe Entdeckung gemacht haben. Bullier, ein Mitarbeiter von Moissan, und Willson beschrieben zuerst ungefähr zu derselben Zeit die Darstellung des Carbides und suchten sie durch Patente zu schützen. So erklärt es sich, dass dasselbe Verfahren in verschiedenen Ländern verschiedenen Erfindern patentirt ist. Willson erhielt ein Patent in Amerika und England, während das Patent Bullier u. a. in Frankreich, Österreich und Deutschland besteht.

Interessant ist die Angabe, dass die Entdeckung des Carbides in Amerika lediglich einem Zufall zu verdanken wäre. Willson, welcher sich mit elektrometallurgischen Fabrikationen beschäftigte und schon mehrere Patente auf elektrische Öfen im Wesentlichen zur Darstellung von Aluminium genommen hatte, versuchte auf demselben Weg, durch Reduction von Kalk das metallische Calcium zu gewinnen. Er erhielt dabei statt des gewünschten Metalles eine unscheinbare graue Masse, die er ohne weitere Untersuchung als werthlos auf den Fabrikhof fortwerfen liess. Nun hatte es zufällig geregnet und als die Masse mit den Wasserpflützen in Berührung kam, entstand eine plötzliche, stürmische Entwicklung eines Gases, welches sich bei der ebenso zufälligen Berührung mit dem Feuer der Coksöfen entzündete und verbrannte.

Jedenfalls war es Willson, der zu einer Zeit, wo Bullier aus Mangel an Unterstützung noch nicht in der Lage war, die industrielle Verwerthung seiner Entdeckung in die Hand nehmen zu können, zuerst die Fabrikation des Carbides im Grossen einrichtete und betrieb, und noch heute ist Amerika der Hauptproducent und

¹⁾ Vortrag gehalten im Berliner Bezirksverein.

maassgebend für die Preislage des Carbidmarktes.

Die unerschöpflichen Kräfte des Niagara-falles wurden herangezogen und auf beiden Seiten desselben, auf der amerikanischen sowohl als der canadischen, erheben sich stattliche Carbidwerke. Die „Electro Gas Company“ mit ihren beiden Tochtergesellschaften der „New-York Carbide und Acetylen Co.“ und der „Philadelphia Light, Heat and Power Co.“ arbeitet an der amerikanischen Seite mit einem Werk von 22 Öfen, das noch fortwährend vergrössert und ausgebaut wird, während auf der canadischen Seite die etwas kleineren „Willson Carbide Works in St. Catherine“ sich befinden. Die jährliche Production Amerikas ist schwer abzuschätzen, da dieselbe sich täglich vergrössert; im Anfang dieses Jahres betrug sie ungefähr 10000 t.

In Europa beschränkte sich bis vor Kurzem die Carbidfabrikation auf wenige Fabriken in der Schweiz, Frankreich, England, Schweden und Deutschland. In Deutschland waren es, nachdem die Fabrik von Kunheim, welche als eine der ersten den neuen Industriezweig aufgenommen hatte, die Fabrikation wieder aufgegeben hatte, nur die elektrochemischen Werke in Bitterfeld, welche in beschränktem Maasse Carbid herstellten. Jetzt sind jedoch überall neue und grössere Werke theils errichtet worden, theils im Bau begriffen, nachdem die erste Scheu, welche im Anfang die Grossindustrie und das Grosscapital zeigte, gewichen und dieselben aus der abwartenden Haltung herausgetreten sind. In Deutschland sind am Rheinfluss in Rheinfelden in Baden grosse Werke von den elektrochemischen Werken und der Aluminiumindustrie-Aktiengesellschaft mit 6 bis 8000 Pf. errichtet worden, deren Betrieb zur Zeit eröffnet wird. Eine andere deutsche Firma, welche allerdings nicht in dem leider an Wasserkraften so armen Deutschland, aber doch ein in erster Linie für den deutschen Bedarf bestimmtes Carbidwerk errichtet, ist die „Allgemeine Carbid- und Acetylen-gesellschaft“ in Berlin. Dieselbe hat in Norwegen grosse Wasserkraften in einer Gesamtstärke von 19000 Pf. reservirt, welche z. Th. ausgebaut und noch in diesem Jahre eröffnet werden sollen. Ein zweites Carbidwerk wird von derselben Gesellschaft in Mattrei in Tirol an der Brennerbahn errichtet. Andere Werke sind unter der Mitwirkung von ersten deutschen Elektrizitätsfirmen wie Siemens & Halske, Schuckert u. a. in der Schweiz im Bau, und auch in Frankreich, Schweden und Österreich greift die neue Industrie rasch um sich. Es ist

deshalb für die nächste Zeit selbst bei dem zu erwartenden allgemeinen Aufschwung der Acetylenbeleuchtung dafür gesorgt, dass die Production mit dem Verbrauch gleichen Schritt halten wird und dass durch die Concurrenz ein Hinaufschrauben der Preise, wie es bisher von Amerika aus geschah, vermieden wird.

Andererseits darf man aber auch nicht in der Hoffnung auf einen billigen Preis zu weit gehen. Durch die Zeitschriften gehen öfters Angaben über den Herstellungspreis und voraussichtlichen Verkaufspreis des Carbides, welche den thatsächlichen Verhältnissen durchaus nicht entsprechen und offenbar von Unkundigen ohne jede praktische Erfahrung auf willkürlich angenommenen theoretischen Daten aufgebaut sind.

Über den Herstellungspreis gehen selbst in Fachkreisen die Ansichten sehr auseinander, man findet Angaben, welche zwischen 60 bis 250 M. für 1 t Carbid schwanken. Wenn nun auch die extremen Angaben nach beiden Seiten hin falsch sind und z. Th. auf Unkenntniss, z. Th. auf absichtliche Entstellung zurückzuführen sind, so kann doch in verschiedenen Fabriken der Herstellungspreis erheblich wechseln je nach den Fabrikationsbedingungen.

Die Herstellungskosten des Carbides hängen im Wesentlichen von 3 Factoren ab: 1. dem Preis der Kraft, 2. dem Preis der Rohmaterialien und 3. von der Ausbeute.

Als Kraft kommt Elektrizität und für die Erzeugung derselben nur Wasserkraften in Betracht. Allen gegentheiligen Gerüchten, welche wiederholt und periodisch wiederkehren, ist mit absolutem Misstrauen zu begegnen.

Es gibt wohl verschiedene Berechnungen, nach denen die Anwendung von Dampfkraft zur Erzeugung des elektrischen Stromes für den vorliegenden Zweck lohnend wäre, dieselben sind aber sämmtlich falsch und erzielen das günstige Resultat durch willkürlich angenommene, irrige Grundlegungen. Selbst bei billigster Kohle wird der Preis der auf diesem Wege gewonnenen Kraft so theuer sein, dass sie mit der aus Wasserkraften transformirten nicht concurriren kann. Aus diesem Grunde hat auch, soweit ich informirt bin, die Kunheim'sche Fabrik die Fabrikation von Carbid aufgegeben, da sie mit den an Wasserfällen gelegenen Werken nicht concurriren konnte. Ganz grosse Werke von mindestens 10000 Pf. könnten vielleicht unter besonders günstigen Bedingungen noch eine gewisse Rentabilität erzielen, dieselbe würde aber immer weit hinter entsprechenden Wasserkraften zurückbleiben. Der Preis

der Wasserkräfte ist nach der Stärke und Lage sehr verschieden, auch ist für deren Verwendung nicht nur der absolute Kaufpreis maassgebend. Wirklich billig sind nur starke Wasserkräfte mit hohem Gefälle, deren Regulirung keine grossen Schwierigkeiten macht und die so gelegen sind, dass die Fracht für die Rohmaterialien sowohl als für das fertige Product nicht zu hoch wird. Viele grosse und billige Wasserkräfte sind für die Carbidfabrikation darum unbrauchbar, weil sie von allen Verkehrswegen isolirt im Gebirge sich befinden oder weil der Ausbau derselben zu grosse Summen verschlingen würde.

Der Preis der Rohmaterialien, Kalk und Kohle, ist so niedrig, dass die Variationen derselben im Allgemeinen keine grosse Rolle spielen. Hierbei ist ein viel wichtigerer Punkt die Qualität. Die Reinheit der Ausgangsmaterialien ist von grösster Wichtigkeit für die Qualität des Carbides, von der wiederum, wie ich noch ausführen werde, mit in erster Linie das richtige Functioniren jeder Acetylenanlage abhängt. Der Kalk soll nicht mehr als 2 Proc. Beimengungen haben und vor allen Dingen von Kieselsäure, Magnesia und Phosphaten möglichst frei sein, und die Kohle, welche gewöhnlich in der Form von Koks verwendet wird, möglichst wenig Schwefel und Phosphor enthalten. Die Ausbeute an Carbid bleibt vorläufig noch erheblich hinter der Theorie zurück. Abgesehen von den Kraftverlusten, welche an den Turbinen und am Transformator stattfinden und welche ungefähr 17 Proc. betragen, wird auch die elektrische Energie am Ofen nur unvollkommen ausgenutzt. Die theoretische Ausbeute an Carbid lässt sich leicht berechnen. 1 k Carbid gebraucht zu seiner Bildung 2133,2 Cal., also 3,4 Pf.; 1 Pf. kann also bei continuirlichem Betrieb pro Tag 7 k Carbid produciren. In der Praxis ist die Ausbeute viel geringer, in gut eingerichteten und geleiteten Werken erhält man nur höchstens 4 k, während in den meisten Fabriken die Ergiebigkeit noch geringer ist und 3 k nicht wesentlich übersteigt. Es ist deshalb eine Verbesserung der Fabrikation, Vergrösserung der Ausbeute und somit Reduction des Preises wohl noch für die Zukunft zu erwarten.

Das schlechte Resultat erklärt sich dadurch, dass ein grosser Theil der elektrischen Energie im Ofen verloren geht, bez. seiner Aufgabe des Schmelzens des Kalkkohlegemisches entzogen und zu anderen Zwecken verbraucht wird. Erstens muss der elektrische Strom die Mischung von der gewöhnlichen Temperatur bis auf die Bildungstem-

peratur des Carbides bis 2700° vorwärmen, zweitens wird ein erheblicher Theil der Wärme durch Ausstrahlung sowie Leitung durch die Wände des Ofens beansprucht, ausserdem ist auch die mechanische Mischung der Bestandtheile niemals so gleichmässig, dass eine vollkommen homogene Masse der Reaction ausgesetzt werden kann.

Diesen Übelständen hat man auf verschiedenen Wegen abzuhelpen gesucht. Um eine stets gleichmässig zusammengesetzte Masse zu haben, ist vorgeschlagen worden, das Gemenge von Kalk und Kohle mit Hülfe von Bindemitteln, wie Theer, zu Briquets zu formen, noch unter Zusatz von leicht schmelzbaren Substanzen, wie Chlorcalcium, um das Schmelzen zu erleichtern. Um den Wärmeverlust möglichst zu reduciren, hat man versucht, das Kalkkohlegemisch vorzuwärmen, entweder durch die Verbrennungsgase oder durch besondere Heizung, so dass es schon beinahe auf die Bildungstemperatur erhitzt ist, wenn es zwischen den Elektroden angelangt ist. Am rationellsten durchgeführt ist das Princip der Vorwärmung in dem Pictet'schen Ofen, in welchem das Gemisch nacheinander drei Zonen passirt. In der obersten wird durch Einblasen von Pressluft eine lebhaftete Verbrennung der Kohle und Temperatur von 2000° erhalten; in der zweiten Zone wird Knallgas eingeleitet, wodurch die Temperatur bis 2400° gesteigert wird, so dass in der dritten Zone, in welche die Elektroden hineinragen, nur noch eine geringe Erwärmung bis zur Bildungstemperatur durch den elektrischen Strom bewirkt zu werden braucht.

Über den Werth dieser verschiedenen Verfahren kann man sich heute noch kein abschliessendes Urtheil erlauben, da noch nicht genügend lange und gründliche Betriebserfahrungen vorliegen. Jedenfalls wird heute in keinem grossen Betriebe eine grössere regelmässige Ausbeute als 4 k Reincarbid (d. h. etwa 90 Proc.) pro Pferdekraft und Tag erhalten.

Auf die Einzelheiten der Carbidfabrikation, das beste Mischungsverhältniss, die Stromstärke und Spannung, die Ofenconstruction u. s. w. kann ich hier nicht näher eingehen, es würde auch den Rahmen meines heute gestellten Themas überschreiten. Ich hoffe später einmal in der Lage zu sein, über Einrichtung und Betrieb eines Carbidwerkes Näheres berichten zu können. Ich möchte nur auf die Unzuverlässigkeit und Unrichtigkeit aller darauf bezüglichen Daten und Mittheilungen verweisen, die sich in bis jetzt veröffentlichten Büchern und Druckschriften vorfinden. Es werden darin im

Allgemeinen eine Fülle von theils neben-sächlichen, theils falschen Thatsachen wiederholt behandelt, während die wirklich wichtigen Bedingungen gar nicht oder nur flüchtig erwähnt werden. Dies rührt daher, dass die Verf. z. Th. keine praktische Erfahrung haben und nur dieselben Annahmen immer wieder abschreiben, während die Fachleute ihre Erfahrungen als Fabrikgeheimniss bewahren.

Folgendes sind die Herstellungskosten, die sich in einer unter besonders günstigen Bedingungen arbeitenden Fabrik der Gesellschaft in Vernier bei Genf für 1000 k Carbid ergeben:

1000 k Kalk	= 22 Fr.
900 k Kohle	= 45 -
Elektrische Kraft	= 40 -
Zerkleinern, Elektroden-verluste u. s. w.	= 50 -

Summa 157 Fr. = 127 M.

Berücksichtigt man, dass diese Bedingungen, besonders für die Kraft, aussergewöhnlich günstig sind, rechnet man ferner dazu die Generalunkosten, Direction, Gehälter, Verzinsung und Amortisation des Anlagecapitals, so kommt man zu dem Resultat, dass die Gesteungskosten des Carbides je nach den localen Verhältnissen 150 bis 200 M. für 1000 k ausmachen. Mit Berücksichtigung der Verpackung in vorschriftsmässig verlötheten Eisentrommeln und Fracht wird deshalb in absehbarer Zeit ein Verkaufspreis unter 35 bis 40 Pf. en gros und 45 bis 50 Pf. en détail nicht zu erwarten sein.

Die scheinbare Einfachheit der Acetylen-darstellung durch Zusammenbringen von Carbid und Wasser sowie die ausserordentliche Leuchtkraft des Gases hatten im Anfang die übertriebensten Hoffnungen und Wünsche wachgerufen. Schlagwörter, wie „das Licht der Zukunft“, „jedes Haus seine eigene Gasanstalt“ u. s. w., schwirrten durch die Luft, und man betrachtete es als Ideal der Beleuchtung, das Licht in transportablen Tischlampen erzeugen zu können. Diese scheinbare Einfachheit hatte aber die Folge, dass die Acetylenindustrie zum Tummelplatz einer Schaar von zweifelhaften Elementen, Industrierittern u. dgl. wurde, welche von dem neuen Lichte einen leichten und lohnenden Gewinn hofften. Die Zahl der Erfindungen und Neuconstructions wuchs ins Uermessliche, und meist waren es Leute ohne jede technische Vorbildung, welche sich mit diesem Gebiete beschäftigten. In einer Zusammenstellung, die von Dr. Kalkhoff über die deutschen Patentanmeldungen gemacht wurde, kann man sehen, dass i. J. 1896 218 Anmeldungen beim Patentamt einge-

gangen sind und im ersten Halbjahr 1897 111; bis heute sind es im Ganzen gegen 700. Dort finden sich auch Angaben über den Stand der Erfinder, unter denen als besonders erwähnenswerth Husarenrittmeister, Priester und Schlächtermeister hervorgehoben werden. Ich kann diese Liste noch vervollständigen durch meine eigenen Erfahrungen, indem ich als Directoren von Acetyलगesellschaften mit schönklingenden Namen solche Herren kenne, welche früher Schneider, Destillateure, Weinhändler u. dgl. waren.

Die Folgen der Behandlung durch Nichtfachleute, denen jede Kenntniss der Gas-technik sowie der Eigenschaften des Carbides und Acetylen abging, liessen dann auch nicht auf sich warten. Die mangelhafte Construction der Entwickler und der sträfliche Leichtsin, mit dem die einfachsten Vorsichtsmaassregeln ausser Acht gelassen wurden, rächten sich durch Explosionen, die überall stattfanden und mehr oder weniger traurigen Ausgang hatten. Der Rückschlag auf die allgemeine Beurtheilung blieb nicht aus, und die allgemeine Begeisterung schlug in das Gegentheil um. Mit dem Namen Acetylen wurde der Begriff des Gefährlichen, Explosiven untrennbar verbunden, die Behörden schritten ein, untersagten die Anwendung des Acetylens oder erliessen wenigstens so strenge Vorschriften, dass dieselbe in Wirklichkeit unmöglich wurde. Lange Zeit währte es, bis die Erkenntniss von der grossen, wirthschaftlichen Bedeutung des neuen Lichtes sich Bahn brach, und auch die Behörden veranlasste, ihre Forderungen wenigstens so weit einzuschränken, dass sie nicht mehr prohibitiv zu wirken brauchten.

Dass im Anfange einer neuen Industrie Fehler gemacht werden, die verhängnissvolle Folgen nach sich ziehen, ist an und für sich nicht erstaunlich, und wenn wir zurückblicken, so finden wir im Beginn der Steinkohlengas-industrie dieselbe Erscheinung. Auch dort fanden zahlreiche Explosionen statt und die Angst war eine Zeit lang so gross, dass die Anwendung behördlicherseits in einzelnen Staaten und Städten verboten wurde.

Wie steht es nun in Wirklichkeit mit der Gefährlichkeit des Acetylens? Dass die Giftigkeit viel geringer ist als beim Steinkohlengas, ist wiederholt nachgewiesen und heute auch allgemein anerkannt. Es ist dies auch natürlich, da das Acetylen ein reiner Kohlenwasserstoff ist, — vorausgesetzt, dass es gründlich gereinigt ist —, während das Steinkohlengas und noch mehr das Wassergas seine Giftigkeit dem grossen Gehalt an Kohlenoxyd verdanken.

Das Hauptbedenken, das selbst Fach-

kreise auch heute noch dem Acetylen entgegenbringen, ist seine angeblich grosse Explosivität.

Man kann die Acetylenexplosionen in 2 Klassen theilen: 1. in solche, welche durch Fahrlässigkeit und Unvorsichtigkeit verursacht werden und im Allgemeinen auf denselben Ursachen beruhen als die Explosionen des Steinkohlengases, und 2. in solche, deren Ursachen in den besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften des Acetylens zu suchen sind.

Die Gründe der ersten Art bestehen in einer Knallgasbildung, welche durch Vermischung des Gases mit Luft entsteht. Hierbei ist nur zu bemerken, dass die Mischungen von Acetylen und Luft innerhalb weiterer Grenzen explosiv sind, als es beim Leuchtgas der Fall ist, und dass auch die Gewalt der Explosion eine etwas grössere ist. Während bei Steinkohlengas die Grenzen der Explosivität zwischen 8 und 28 Proc. Gasgehalt liegen, sind alle Acetylen-Luftgemische explosiv, welche von 3 bis 82 Proc. Acetylen enthalten. Man muss deshalb bei der Bedienung eines Acetylenapparates und bei der Installation der Leitung noch grössere Sorgfalt verwenden als beim Steinkohlengas und vor allen Dingen niemals mit offenen Flammen in die Nähe eines Entwicklers oder Gasometers kommen. Diese anscheinend grössere Gefährlichkeit wird aber durch zwei Umstände gemildert. Erstens ist die Menge Acetylen, welche zum Verbrauch dient, eine viel geringere als beim Leuchtgas. Da die Leuchtkraft des Acetylens 16mal so gross ist als diejenige des Steinkohlengases im Schnittbrenner und 4mal so gross als im Auerbrenner, so gebraucht man nur den 16. bez. 4. Theil des Gases und die Gefahr vermindert sich deshalb in demselben Verhältniss. Zweitens ist der Geruch des Acetylens so durchdringend, das bereits viel geringere Mengen als beim Steinkohlengas deutlich wahrgenommen werden. Minimale Spuren, welche für eine schädliche Wirkung viel zu gering sind, genügen schon, um einen deutlichen Geruch im Zimmer zu verbreiten. Es kann deshalb eine auf diesen Ursachen beruhende Explosion nur durch grobe Unachtsamkeit geschehen, und wird verhältnissmässig nicht öfter eintreten als beim Steinkohlengas, Petroleum oder anderen Leuchtstoffen.

Die zweite Klasse von Explosionen sind diejenigen, welche in der endothermischen Natur des Acetylens begründet sind. Muss nun jedes endothermische Gas explosiv sein? Theoretisch ja. Wenn bei der Zersetzung eines Gases die gesammte Wärme, welche

zu seiner Bildung nöthig war, frei wird, so wird dadurch eine fortlaufende Temperatursteigerung des ganzen Systems und damit verbundene Schnelligkeit der Zersetzung eintreten, so dass schliesslich der Zerfall mit einer derartigen Plötzlichkeit eintritt, die wir als Explosion bezeichnen. In der Praxis verläuft aber der Process zum Glück anders, da die Abkühlung durch Wärmeabgabe an die äussere Umgebung der inneren Wärmeentwicklung beständig entgegenwirkt. In der That ist auch durch die Untersuchungen von Berthelot nachgewiesen worden, dass das Acetylen unter gewöhnlichem Druck nicht explosiv ist, d. h. dass eine an irgend einem Punkte begonnene Zersetzung nicht durch die ganze Masse des Gases weitergeleitet wird. Unter dem Einflusse des erhöhten Druckes steigert sich die Entzündlichkeit aller explosiblen Gase, und so wird denn auch das Acetylen unter Druck zu einem Explosivstoff. Die Explosivität beginnt bei 2 Atmosphären und steigert sich in dem Maasse, wie der Druck zunimmt. Bei einem Druck von 38 Atm., bei welchem es bei 0° verflüssigt werden kann, entsteht bei der Zersetzung ein Druck von 5500 Atm., d. h. ungefähr so viel als bei der Schiessbaumwolle.

Ein Theil der Explosionen ist darauf zurückzuführen, dass man entweder direct mit comprimirtem oder sogar flüssigem Acetylen arbeitete, oder dass in den Generatoren während der Entwicklung ein stärkerer Druck durch ungeeignete Construction sich bilden konnte. Besonders in der ersten Zeit, ehe man die explosiven Eigenschaften genügend kennen gelernt hatte, versuchte man, das Acetylen gleich vielen anderen Gasen in comprimierter Form zu verwenden, um eine möglichst grosse Gasmenge auf einen möglichst geringen Raum bringen zu können. So wurden im Besonderen derartige Versuche für Eisenbahnbeleuchtung gemacht, und sind in Frankreich und in der Schweiz Waggons mit Recipienten mit comprimirtem Acetylen gelaufen. Diese Anwendung ist jedoch keineswegs unbedenklich, da unzweifelhaft nachgewiesen ist, dass stark comprimirtes Acetylen schon durch Erschütterung, Stoss und Entzündung zu den heftigsten Explosionen führen kann. Nachdem es sich gezeigt hat, dass dem Acetylen die Explosivität durch Mischen mit anderen Gasen genommen werden kann, ist jetzt auf den preussischen Bahnen die Beleuchtung der Waggons durch eine auf 6 Atm. comprimerte Mischung von Fettgas mit Acetylen eingeführt worden, wodurch bei gleichem Consum eine dreifache Helligkeit gegenüber dem Ölgas allein erreicht wird.

Eine andere Ursache, welche man im

Anfänge für Explosionen fürchtete, war die Bildung von explosiven Metallverbindungen, speciell von Acetylenkupfer, und war deshalb in den ersten Sicherheitsvorschriften die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen an Acetylenapparaten verboten. Nachdem es jedoch nachgewiesen worden ist, dass eine Bildung von Acetylenkupfer aus Acetylen und Kupferlegierungen überhaupt nicht und aus reinem Kupfer jedenfalls nicht unter den Bedingungen entstehen kann, unter denen das Acetylen in den Entwicklungsapparaten vorhanden ist, ist diese Beschränkung wieder fallen gelassen, und gestatten die neuen Polizeivorschriften unbedenklich die Anwendung von Messing oder anderen Kupferlegierungen bei unter gewöhnlichem Druck stehendem Acetylen.

Im Grunde genommen ist also das Acetylen bei niederem Druck nicht gefährlicher als jedes andere Gas. Gefährlich wird es nur durch schlechte Apparate und falsche Bedienung.

Die Construction der Acetylenapparate schien im Anfange sehr einfach zu sein. Waren doch Apparate, welche aus einer festen Substanz und einer Flüssigkeit ein Gas entwickeln, schon lange im Laboratorium bekannt. Die ersten Entwickler schlossen sich deshalb zunächst diesen vorhandenen Mustern an und waren nur Variationen des alten Kipp'schen Apparates.

Leider verläuft aber die Entwicklung des Acetylens ganz anders und ihre Regelung verursacht erhebliche Schwierigkeiten. Bei der Entwicklung der anderen gebräuchlichen Gase, wie der Kohlensäure oder des Schwefelwasserstoffes lag eine Reaction vor, welche von Anfang bis zu Ende in der gleichen Schnelligkeit und Regelmässigkeit vor sich geht, so lange noch Substanz zum Entwickeln vorhanden ist. Anders beim Acetylen. Beginnt die Reaction, so bewirkt die erste Menge des Wassers, die entweder als Tropfen oder von unten an das Carbid herantritt eine sehr heftige Entwicklung. Nach kurzer Zeit bildet sich aber auf dem Carbid eine von der Zersetzung herrührende Schicht Kalk. Das jetzt hinzutretende Wasser wird von dem Kalk aufgehalten, ehe es an das noch unverbrauchte Carbid gelangen kann. Die Entwicklung wird viel langsamer, ja dieselbe kann zeitweise vollkommen aufhören. Hat sich dann eine gewisse Menge Wasser auf der Kalkkruste angesammelt, so wird dieselbe durchbrochen und es gelangt plötzlich eine grosse Menge Wasser zu dem Carbid und verursacht eine sehr stürmische Reaction. Die Folge davon ist, dass die Entwicklung sehr unregelmässig ist und starke Druckschwankungen stattfinden.

Eine zweite Schwierigkeit besteht in der Nachentwicklung. Unterbricht man während der Entwicklung den Wasserzufluss, so hört dieselbe keineswegs auf, da stets eine grössere Menge Feuchtigkeit in dem Carbidbehälter zurückbleibt, welche von dem Carbid in Acetylen umgesetzt wird. Durch die Reactionswärme wird nämlich eine Menge Wasser verdampft, welches bei der Abkühlung condensirt und von dem Carbid aufgesaugt wird. Ausserdem wird ein weiterer Theil des Wassers in der Wärme von dem Kalk gebunden, in der Kälte demselben jedoch durch das Carbid entzogen. Nach Lewes nimmt der Kalk bei 60° die doppelte Menge Wasser auf als in der Kälte, so dass die im Ganzen freiwerdende Feuchtigkeit nicht unbeträchtlich ist. Öffnet man einen in der Entwicklung begriffenen Carbidbehälter, so ist derselbe mit einem feuchten Gemisch aus unverbrauchtem Carbid und Kalkschlamm gefüllt. Lässt man denselben aber 12 Stunden stehen, so ist der Inhalt staubtrocken und sämtliche Feuchtigkeit in Acetylen umgesetzt. Das Carbid ist eben eine der hygroskopischsten Verbindungen, die es gibt, und zieht jede Spur von Feuchtigkeit begierig an. Die Regulirung der Entwicklung ist von vielen Seiten versucht worden und wurden verschiedene Mittel in Vorschlag gebracht. Hierbei ging man von zwei Grundgedanken aus. Um die Heftigkeit der Reaction zu mildern, wollte man das Wasser mit solchen Substanzen mischen, welche selbst ohne Einwirkung auf das Carbid sind, wie Alkohol, Aceton, Glycerin u. dgl., bez. Salzlösungen anwenden oder das Carbid selber mit Öl, Petroleum oder anderen wasserzurückhaltenden Substanzen überziehen. Zweitens wollte man Substanzen, welche den gebildeten Kalk in eine lösliche Verbindung überführen und so die störende Kruste beseitigen, wie z. B. Zucker entweder in dem Wasser lösen oder dem Carbid begeben.

A priori lässt sich gegen alle diese Mittel der gemeinsame Grund anführen, dass ihre Verwendung eine Vertheuerung bewirken würde, welche die Anwendung im Grossen unrentabel machen würde. Aber auch die Wirkung derselben ist eine ganz ungenügende. Zahlreiche Versuche²⁾, die ich mit den meisten der vorgeschlagenen Mitteln unter den verschiedensten Bedingungen angestellt habe, ergaben stets ein negatives Resultat. Die Gegenwart von Öl oder Petroleum in geringen Mengen bewirkt keine

²⁾ Acetylen in Wissenschaft und Industrie Heft 1, S. 5; Heft 2, S. 22.

wesentliche Verlangsamung; werden grössere Quantitäten angewandt, so halten dieselben zwar das Wasser zurück, aber so vollständig, dass eine Zersetzung des Carbides überhaupt nicht mehr stattfindet. Ich habe ein imprägnirtes Stück Carbid wochenlang unter Wasser aufbewahrt, ohne dass eine Zersetzung eintrat. Das Verdünnen des Wassers hat zwar unter Umständen die Wirkung, die Heftigkeit der Reaction etwas zu mildern und die Entwicklung zu verlangsamen; die Wirkung geht aber nicht so weit, dass eine praktisch werthvolle Regulirung erreicht würde. Ich habe concentrirte Salzlösungen und reines Wasser nebeneinander auf Carbid einwirken lassen und der Unterschied war nie gross genug, um eine Anwendung in der Praxis zu rechtfertigen. Bei der Verwendung der anderen vorgeschlagenen leicht flüchtigen Verbindungen, wie Alkohol, Aceton u. dgl. kommt noch der Übelstand hinzu, dass dieselben durch die Reactionswärme verdampft werden, mit verbrennen und die Intensität und Farbe der Acetylenflamme beeinträchtigen. Auch die Anwendung von Zucker hatte nicht den erwünschten Erfolg, da die Menge Zucker, welche angewendet werden kann, eine viel zu geringe ist, um die ganze Menge des gebildeten Kalkes in ein lösliches Saccharat überführen zu können. Selbst bei Verwendung von Substanzen, die noch ein viel grösseres Lösungsvermögen für Kalk haben, wie z. B. verdünnte Salzsäure, gelang es mir nicht, ein ausreichendes Resultat zu erhalten. Einzelne der besprochenen Mittel lassen sich vielleicht zu gewissen Versuchs- und analytischen Zwecken benutzen, ihre Anwendung in der Praxis aber ist nicht zu empfehlen.

Eine dritte gefährliche Schwierigkeit ist die Erhitzung bei der Entwicklung. Da die Zersetzungstemperatur des reinen Acetylens schon bei 780° , bei einem Gemisch mit Luft sogar schon bei 480° liegt, so ist es von grösster Wichtigkeit festzustellen, ob diese Temperatur im Entwickler erreicht werden kann.

Die Temperatur, welche theoretisch bei der Zersetzung des Calciumcarbides entstehen müsste, lässt sich leicht berechnen; dieselbe beträgt 1100° . In Wirklichkeit wird diese Temperatur aber nie erreicht, da ein Theil der Wärme durch Abgabe an die äussere Umgebung, besonders durch Leitung der Gefässwände, verloren geht, während ein anderer Theil von dem Wasser aufgenommen wird. Die wirkliche Temperatur ist nach dem Princip und der Construction der einzelnen Entwickler sehr verschieden.

Alle diese Schwierigkeiten müssen in

ihrem vollen Umfang erkannt und bei der Construction der Apparate berücksichtigt werden. Für das richtige Functioniren jeder Anlage kommen 3 Factoren in gleicher Weise in Betracht: die Entwicklung, die Reinigung und die Verbrennung des Gases.

[Schluss folgt.]

Die Verwerthung der Sulfitstoffabfallauge.

Von

Docent Dr. August Harpf in Pzibram.

[Schluss von S. 881.]

Der nächste Vortrag des Directors Müllner (Eszterháza, Ungarn) behandelte die Ablaugen beider Kochverfahren, sowohl des Natron-, als auch des Sulfitverfahrens. Der Redner ist der Ansicht, dass die Frage der Verwerthung der Ablaugen der Zellstoffindustrie erst dann als vollständig gelöst betrachtet werden kann, wenn es gelungen ist, eine Methode zu finden, durch die man im Stande ist, die betreffenden Ablaugen nutzbringend so vollständig zu verarbeiten, dass die dann noch bleibenden Abwässer als vollkommen unschädlich angesehen werden können. Es genügt nicht, einseitig nur einzelne Stoffe aus den Ablaugen zu gewinnen, denn in diesem Falle bleiben immer noch die anderen Körper in der Lauge, neue Chemikalien kommen dazu, und es entstehen wieder Abwässer, deren Eigenschaften vielleicht kaum weniger erwünscht sein dürften als diejenigen der ursprünglichen Abfallauge.

Insbesondere die Ablaugen der Sulfitzellstoffindustrie repräsentiren weitaus die grösste Menge der in Frage kommenden Flüssigkeiten. Sehr zahlreich sind die Projecte zur Verwerthung dieser Laugen; man will daraus Klebstoffe, Leimungsmaterialien, Gerbstoff und, wie wir heute gesehen haben, auch Beizmittel u. dgl. gewinnen; aber alle diese Verfahren leiden an dem schon eingangs erwähnten Übel, dass sie wieder Abwässer geben, also die Schwierigkeit dadurch nicht als behoben betrachtet werden kann.

Eine vollständige Unschädlichmachung der Laugen ist nach Ansicht des Vortragenden nur durch Vernichtung derselben und zwar durch Eindampfen und Verbrennen zu erzielen⁹⁾. Das Eindampfen und Verbrennen

⁹⁾ Der Vortragende vergisst hier darauf, dass durch das Eindampfen und Verbrennen zwar keine Abwässer, wohl aber Abfallgase entstehen, welche SO_2 , ferner Flugasche und sehr viel Wasserdampf enthalten. Speciell über die Mitwirkung des Wasserdampfes bei säurehaltigen Rauchgasen