



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

Fünftes Kapitel. Acythelenbeleuchtung.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

Fünftes Kapitel.

Acetylenbeleuchtung.

§ 1.

Geschichtliches. Lange vor dem plötzlichen Auftreten des Calciumcarbids und seines Produktes, des Acetylens, waren die Eigenschaften des letzteren den wissenschaftlichen Chemikern bekannt und wurde dasselbe in Laboratorien hergestellt. Es sei nur erinnert an die Arbeiten von Edmond Davy 1836, mitgeteilt in den *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XXIII, 144, und ferner an diejenigen von Friedrich Wöhler in Göttingen 1862. Vergl. dessen Abhandlung „Darstellung von Acetylen aus Calciumcarbid“.¹⁾ Wöhler beobachtete, daß das Gas mit hell leuchtender, jedoch stark ruhender Flamme brennt und mit Chlor — auch beim Erwärmen — ein selbstentzündliches Gemisch bildet.

Auf diesen Mitteilungen baute Berthelot seine Untersuchungen über das Wesen des Acetylens auf. Der deutsche Chemiker Wöhler ist hiernach der Entdecker des Calciumcarbids und Acetylens und Berthelot, der den Aufbau desselben aus seinen Grundstoffen ausführte, gab ihm den Namen.

Ohne hier näher auf die Arbeiten von Winkler in Freiburg und L. Maquenne einzugehen, sei erwähnt, daß sich die Chemiker in lebhaftester Weise mit der Aufindung eines Verfahrens zur industriellen Nutzbarmachung des Calciumcarbids beschäftigten. So hatte Vorcher's schon im Jahre 1891 darauf hingewiesen, wie geeignet die elektrischen Öfen mit ihren hohen Temperaturen zur Reduktion des Calciumoxydes seien. Auch gelang es dem Amerikaner Willson, Direktor der Aluminium-Kompagnie in Spray, als Zufallsprodukt aus Kalk und Kohle im Siemens'schen Tiegel durch einen Strom von 2000 Ampère und 36 Volt Calciumcarbid darzustellen, das bei der Zersetzung mit Wasser reines Acetylen gab.

Das amerikanische Patent Willson datiert vom 21. Februar 1893.²⁾

Im Frühjahr 1895 endlich nahm die Willson-Kompagnie als erstes Werk, welches sich mit der industriellen Ausbeutung des Carbids beschäftigte, die Carbidfabrikation im großen auf.

1) *Annalen der Chemie und Pharmacie* CXXIV, 220.

2) Das durch Bullier für Deutschland erworbene Patent wurde 1898 ganz annulliert.

Auch in Deutschland wurde sofort nach dem Bekanntwerden der billigen Darstellung von Calciumcarbid eine lebhafteste Thätigkeit entwickelt. Raoul Pictet in Berlin schritt sogar dazu, das Acetylen zu verflüssigen, um es zu einem Handelsartikel zu gestalten. Hierbei wurde aber die hohe Gefährlichkeit des flüssigen Acetylens durch zahlreiche Explosionen mit tödlichem Ausgange den Beteiligten klar und nach der bekannten starken Explosion im Isaac'schen Laboratorium zu Berlin am 11. Dezember 1896 wurde das Publikum von einer wahren Panik ergriffen, die erst durch Erklärungen hervorragender Gelehrter zu Gunsten der Gefahrlosigkeit des gasförmigen Acetylens beschwichtigt wurden.

Innsbesondere wandten jetzt die Eisenbahnverwaltungen dem Acetylen ihre Aufmerksamkeit zu, so insbesondere die Direktion der Vereinigten Schweizerbahnen. Auch die Probebeleuchtungen preussischer Bahnen mit reinem Acetylen und einem Gemisch aus diesem und Fetgas ergaben, daß die Acetylenbeleuchtung für Eisenbahnen die einfachste und billigste Beleuchtung darstelle (1898).

Literatur.

- Acetylen in Wissenschaft und Industrie. Centralorgan für die Gesamtinteressen der Acetylen- und Carbidtechnik. Herausgegeben von Dr. Altshul und Dr. S. Scheel.
 Dommer, F. Calciumcarbid und Acetylen. Deutsch von W. Landgraf. 1898.
 Fröhlich, Dr. O., und Ingenieur S. Herzfeld. Stand und Zukunft der Acetylenbeleuchtung. 1898.
 Liebetanz, Fr. Calciumcarbid und Acetylentchnik. 2. Aufl. 1899.
 Panaotovic, Dr. F. Das Calciumcarbid und Acetylen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. 1897.
 Pellissier, C. Praktisches Handbuch der Acetylenbeleuchtung und Calciumcarbid-Fabrikation. Aus dem Französischen von Dr. A. Ludwig. 1897.
 Wiesbeck, K. Calciumcarbid und Acetylen. Herstellung und Verwendung desselben. Vortrag. 1897.
 Zeitschrift für Calciumcarbid-Fabrikation und Acetylenbeleuchtung.

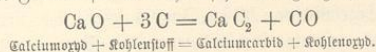
§ 2.

Das Calciumcarbid.

In der Einleitung ist hervorgehoben worden, daß Calciumcarbid ein schon länger bekanntes chemisches Produkt sei, dessen Herstellung im großen erst dann gelang, nachdem man im stande war, die dazu erforderlichen hohen

Temperaturen zu erreichen. In der That hat erst die verhältnismäßig leichte Herstellbarkeit im elektrischen Ofen die Techniker in den Stand gesetzt, unter Einwirkung ungeheurer Temperaturen, Vorgänge, die sich im Erdinnern vollziehen, künstlich nachzuahmen. — Calciumcarbid ist nämlich eine Verbindung von Calcium und Kohlenstoff, die dadurch entsteht, daß eine Mischung von gewöhnlichem Kalkstein, d. h. kohlenstoffreichem Kalk (CaCO_3) und Kohle einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wird. Der kohlenstoffreiche Kalk zerfällt in der Hitze in Calciumoxyd (CaO) und Kohlenstoff (C). Andererseits bildet sich bei Hinzutritt von Kohlenstoff Kohlenoxyd (CO) und Calciumcarbid; das erstere entweicht gasförmig.

Die Formel für den chemischen Vorgang ist demnach:



Der elektrische Lichtbogen wirkt nämlich auf den Kalk und die Kohle (Koks) derart ein, daß der Sauerstoff aus dem Kalk (CaO) ausgetrieben wird, wobei sich Calcium (Ca) bildet — und ein Teil des Kohlenstoffes (C) an Stelle des Sauerstoffes in das Calcium tritt, wodurch Calciumcarbid entsteht. Der ausgeschiedene Sauerstoff geht aber mit dem vom Calcium nicht aufzunehmenden Kohlenstoff sofort eine neue Verbindung ein, d. h. es entsteht das in geschlossenen Räumen tödlich wirkende Kohlenoxydgas (CO).

Calciumcarbid kommt in der Natur nicht vor, ist von schwarzgrauer bis rötlicher Farbe, in der Textur kristallinisch und zerfällt in der Luft zu Pulver. Spez. Gewicht = 2,22.

Durch Einwirkung atmosphärischer Feuchtigkeit auf das Carbid entsteht Acetylen, wobei der Kalkrückstand auf den Carbidstücken haftet.

Als Rohstoff für die Fabrikation des Calciumcarbids dient der Kalk, der in der Natur nie rein, dagegen vielfach an andere Stoffe gebunden vorkommt, so an Magnesia; die magnesiainhaltigen Kalke heißen Dolomite.

Der zweite Grundstoff des Calciumcarbids ist die Kohle, bezw. der Koks. Guter Koks muß schwarzgrau sein und darf Schwefel nur in geringen Mengen enthalten. — Der Kohlenstoffgehalt im Koks schwankt zwischen 85 und 82 Proz., die Asche beträgt 3 bis 6 Proz., der Wassergehalt 6 bis 10 Proz.

Als Betriebskraft für die Fabrikation von Calciumcarbid kommt fast nur Wasserkraft in Anwendung, da die Kosten des Betriebes sich durch Verwendung der Dampfkraft nahezu verdoppeln. Die Ausnutzung der Wasserkraft geschieht durch Wasserräder und Turbinen.

Zur Zerkleinerung der Rohstoffe werden Kugelmühlen und Kollergänge benutzt, das Heben der vorgebrochenen Stücke erfolgt durch Elevatoren, die Mischung der fertig gemahlene Rohprodukte durch Mischmaschinen und deren Transport zu den Ofen durch Transportsechnecken. Das Schmelzen der Rohprodukte geschieht in elektrischen Ofen.

Die elektrischen Ofen.

Wenn in einem elektrischen Stromkreise ein schlechter Leiter, z. B. Kohle, eingeschaltet wird, so hat der Strom an dieser Stelle einen größeren Widerstand als in dem übrigen Stromkreise zu überwinden. Durch die aufgewendete Arbeit wird Wärme erzeugt, die eingeschaltete, schlecht leitende Kohle wird erhitzt und gerät — wenn der Strom hinreichend stark ist — ins Glühen. Hierauf beruhen die elektrischen Ofen mit Widerstandserhitzung.

Einen solchen Widerstand findet der elektrische Strom an den Kohlenenden (Polen) und dieser ist um so größer, je weiter die Pole des Stromleiters voneinander entfernt werden. Um von dem einen dieser Pole durch die Luftschicht zu dem anderen zu gelangen, werden die Atome der Kohlenpitzen in heftige Schwingungen versetzt und demzufolge in glühenden Zustand übergeführt und es entsteht der elektrische Flammenbogen, auf dem alle Ofen mit elektrischer Lichtbogenerhitzung beruhen.

Die Kohlenansätze an den Enden der beiden Leitungskabel heißen Elektroden und bestehen entweder aus einem massiven resp. röhrenförmigen Stück Kohle, oder sie sind aus Kohlenplatten zusammengesetzt. Diese Teile des elektrischen Ofens sind es, an denen der Strom austritt und sich in Wärme, also auch in Arbeit umsetzt und dadurch die Schmelzung des zwischen die Elektroden eingebrachten Materials bewirkt.

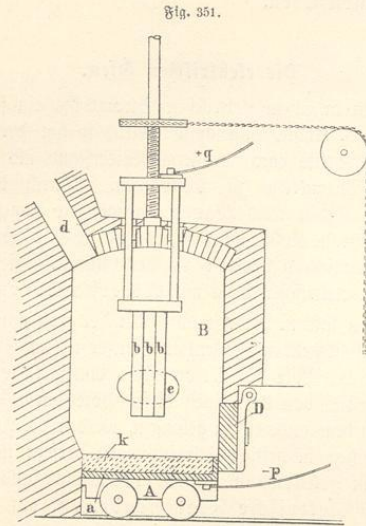
Es kann nicht die Absicht des Verfassers sein, auf die verschiedenen, für Calciumcarbidsfabrikation bestimmten Ofenkonstruktionen hier einzugehen, in dieser Beziehung wird auf das Studium der im Eingang benannten Spezialwerke verwiesen; zur allgemeinen Orientierung fügen wir jedoch den Durchschnitt eines von Armin Tenner konstruierten elektrischen Ofens für kontinuierlichen Betrieb ¹⁾ in Fig. 351 bei.

Der Boden des Ofens ruht auf einem beweglichen Schlitten oder Wagengestell A, das auf Schienen läuft und nach Bedarf durch die mit Thür D verschließbare Öffnung der Ofenwand eingefahren bzw. zurückgezogen werden kann. Der Boden a ist eine starke Metallplatte,

¹⁾ Patentiert durch D. R. P. Nr. 88364.

auf die eine etwa 20 cm hohe Schicht Elektrodenkohle geschüttet wird, die nun die Herdsohle bildet.

Indem die Eisenplatte a mit den Stromzuführenden Kabeln p des einen Dynamopoles verbunden ist, stellt sie zugleich mit der Koksdecke k die eine Elektrode des Ofens

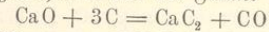


dar. Sobald der Betrieb beginnt, wird auf dieser Elektrodensohle das Rohmaterial bis zu einer gewissen Höhe angehäuft. Dieser Vermehrung der Sohlenschicht entsprechend, müssen dann auch die zu einem Bündel vereinigten Elektrodenkohlen b b, welche mit den Speisefabeln durch metallene Fassungen verbunden sind, gehoben werden. Zu diesem Zwecke pflegt man sie aufziehbar mit Spindeltrieb anzuordnen. Zum Beschießen des Ofens dient die Öffnung e und der Abzug der Gase erfolgt bei d.

Der Ofen funktioniert wie folgt:

Ist der Wagen eingeschoben und die Thür D geschlossen, so wird der Arbeitsstrom eingeschaltet und die Elektroden werden der Sohlenschicht genähert. Bei einer Spannung von 65 bis 100 Volt kann die Stromstärke 1700 bis 2000 Ampère betragen. Man bringt nun das Beschießungsmaterial in den Ofen, und zwar derart, daß der Lichtbogen um die Elektroden herum von demselben 30 cm hoch bedeckt liegt. Das Calciumcarbid entsteht durch die Stromwirkung in schmelzflüssiger Form zwischen den Elektroden und bleibt auch in der Kernmitte einige Zeit flüssig, bildet jedoch in fertiger Form einen, auf dem Wagengestell A ruhenden Kuchen; der Wagen wird nach Öffnen der Thür herausgefahren.

Mischung der Rohstoffe. Theoretisch ergibt sich das Mischungsverhältnis aus der Formel



was einer Mischung von 1000 Teilen Kalk zu 643 Teilen Kohlenstoff entspräche; in der Praxis wird man jedoch auf je 100 kg Kalk 65 kg Koks nehmen. Bei hoher Spannung im elektrischen Ofen ist der Koksgehalt der Mischung noch zu steigern. Ungelöschter Kalk erfordert auch gesteigerten Koksbezug.

Mit dem Mischungsverhältnis der Rohstoffe hat sich Professor B. Lewes eingehend beschäftigt; er stellte bei kontinuierlichem Betriebe mit 60 bis 70 Volt und 1000 bis 2000 Ampère bei einem Einsätze von 60 Proz. Kalk und 40 Proz. Kohle nach $3\frac{1}{2}$ stündiger Charge ein praktisches Ergebnis von 50 kg Ingots fest.

Das gesamte Carbid betrug 89,2 Proz., wovon annähernd 80 Proz. reines Carbid.

Anm. An Stelle der pulverisierten Mischung hat man auch versucht, solche in fester Form in den Ofen zu bringen, wie dies u. a. für den neuen Ofen von Siemens vorgegeben ist. So vereinigt John Landin die pulverisierten Rohstoffe zu einer festen Masse in Form von Briquets oder Stangen; als Bindemittel verwendet er Kohlenwasserstoffverbindungen. Hierdurch wird die theoretisch richtige Zusammenziehung verbürgt und die Vorwärmung der Masse ermöglicht. Nach angestellten Versuchen wird dadurch die Erziebigkeit des Carbids von 300 l bis zu 330 l Acetylen erhöht.

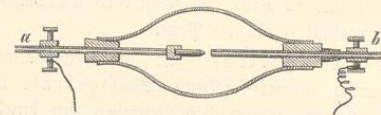
Die Verpackung des Calciumcarbids geschieht in Büchsen aus verzinnem, verzinktem oder verbleitem Eisenblech, das je nach Größe der Büchsen $\frac{1}{2}$ bis 2 mm stark ist. Man fertigt sie in der Regel für 40 bis 120 kg Inhalt und der Verschluss erfolgt durch Verlöthen, Verschrauben, Bajonettverschlüsse oder Klemmbügel. Für die Beförderung des Calciumcarbids mit der Bahn sind luftdicht verschlossene eiserne Gefäße vorgeschrieben.

§ 3.

Das Acetylen, dessen Herstellung und Eigenschaften.

In der geschichtlichen Einleitung wurde kurz hervorgehoben, daß Berthelot¹⁾ bereits im Jahre 1862 seine grundlegenden Untersuchungen des Acetylens begann. Er stellte daselbe durch direkte Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff in der Weise dar, daß er zwei Kohlelektroden in einen Glasballon (Fig. 352) schob, deren eine

Fig. 352.



kurz vor ihrem Ende eine Kupferhülse trug, während die andere b hohl war, um einen Strom Wasserstoff hindurch-

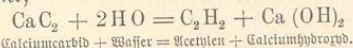
1) Ann. de chimie et de physique, 3. und 4. Serie.

zuleiten. Wenn man nun den Ballon in einen elektrischen Stromkreis einschaltete und Wasserstoff in denselben leitete, so wurden die Spitzen der Elektroden in Kohlendampf verwandelt, der sich mit dem Wasserstoff zu Acetylen verbindet.

Eine andere Methode zur Darstellung von Acetylen war die unvollständige Verbrennung von Kohlenwasserstoffverbindungen in der Glühbirne. Aber diese und andere Methoden waren nur zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwendbar und gestatteten eine Anwendung für die Industrie nicht. Erst dem letzten Decennium ist die industrielle Verwertung dieses Gases vorbehalten geblieben.

Die industrielle Methode der Umwandlung des Calciumcarbids in Acetylen fußt nun auf der starken Reaktion, die eintritt, sobald man Calciumcarbid mit Wasser in Berührung bringt. Während das Carbid zerfällt, tritt heftige Gasentwicklung ein und diese hält an, bis das Wasser vollständig aufgebraucht ist. Das entwickelte Gas ist Acetylen, der Rückstand Kalkhydrat.

Der chemische Vorgang verläuft hierbei nach folgender Formel;



Calciumcarbid + Wasser = Acetylen + Calciumhydroxid.

Theoretisch sind zur Zerlegung von 1000 g Calciumcarbid 562 g Wasser erforderlich, wobei 406 g Acetylen und 1156 g Kalkhydrat entstehen und soll demnach 1 kg reines Carbid bei 760 mm Barometerstand und 0° C. 349 Liter Acetylen ergeben. In der Praxis erhält man jedoch höchstens 320 Liter Acetylen aus einem Kilogramm Carbid.

Der Entzündungspunkt des Acetylens liegt bei 480° C. und Acetylenluftgemische explodieren bei dieser Temperatur. Die Explosibilität hängt aber auch ab von dem Druck, unter dem das Gas steht.

Das spezifische Gewicht des Acetylens beträgt 0,91.

Die Flamme des Acetylens ist absolut weiß, wenn das Gas rein ist; unreines Acetylen ergiebt eine schwach rötliche Flamme mit starker Rußabscheidung. Die Temperatur der Flamme ist (nach Lewes) 900 bis 1000°, Flammen von 40 bis 60 Normalkerzen Leuchtkraft liefern die günstigsten Verhältnisse.

Ein Kubikmeter Acetylen stellt sich bei dem jetzigen Carbidpreise auf 1,17 Mk.

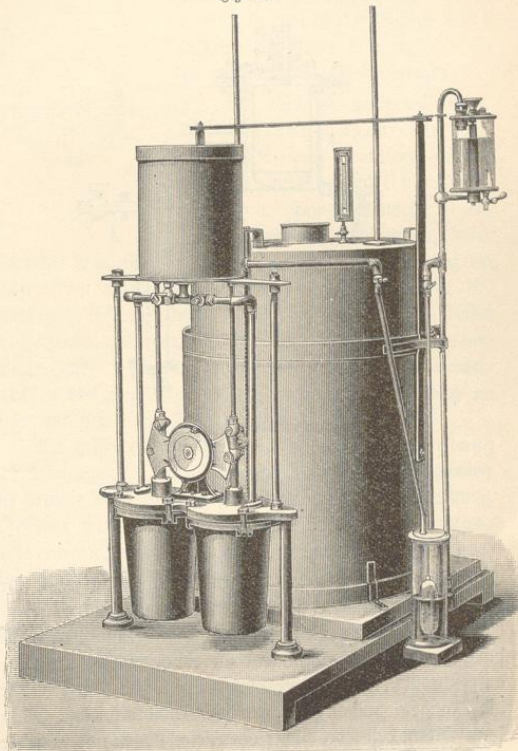
§ 4.

Apparate zur Acetylenentwicklung.

Die Apparate zur Umwandlung von Calciumcarbid in Acetylen werden nach verschiedenen Systemen gebaut, nämlich als Tropf-, Tauch-, Spül-, Überlauf-, Er-säuf- und Einfallapparate. Der Betrieb derselben ist automatisch oder mit Hand!

I. Nach dem System der Tropfapparate ist u. a. der nachstehend in Ansicht dargestellte automatisch regulierte Acetylenentwickler des Ingenieurs M. Hempel-Berlin (D. R. P. Nr. 88438) ausgeführt. Bei diesem Apparat ist der Acetylenbehälter von den Carbidgefäßen vollständig getrennt, das Gas passiert einen Kühlapparat und ein Waschgefäß, so daß nur gereinigtes, wasserfreies Acetylen in die Behälterglocke dringen kann.

Fig. 353.

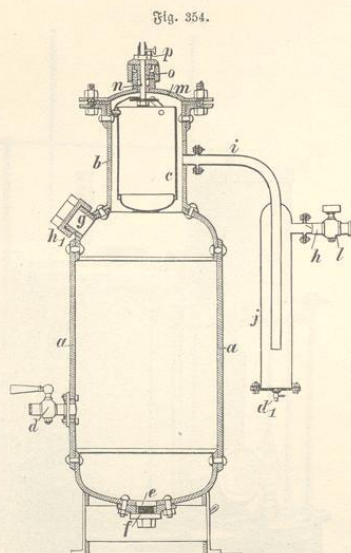


In den doppelt angeordneten Carbidgefäßen wird auch das Acetylen entwickelt; dieselben sind — zwecks Füllung und Reinigung — ausschaltbar, ohne dadurch den Betrieb zu stören. Die Zuführung des Wassers zum Carbid geschieht in genau einstellbarer Menge durch ein Schaltwerk, und zwar selbstthätig, je nach dem Stande der Acetylenbehälterglocke. Als Manometer wirkt ein hydraulisches Überdruckventil; der zulässige höchste und niedrigste Stand der Acetylenbehälterglocke wird durch ein elektrisches Läutewerk angezeigt.

II. Tauchapparate. In diese Kategorie gehört der bekannte Apparat von Julius Schülke in Berlin und derjenige von B. vom Scheidt, Charlottenburg, auch

von Trouve in Paris. Der letztere ist einer der frühesten, da er schon im Herbst 1895 in Gebrauch war.

Ein Handbetriebsapparat von L. M. Bullier-Paris¹⁾ ist in Fig. 354 zur Darstellung gebracht. Derselbe besteht aus einem cylindrischen Generator a aus Stahlblech, auf den ein kleinerer Cylinder b aufgenietet ist. In dem letzteren befindet sich der durchlöchernte Korb c, welcher das Carbid



enthält. Der Cylinder a hat einen Reinigungshahn d, eine Entleerungsöffnung e, letztere durch Schrauben verschließbar und im oberen Teil ein Ansaugrohr g mit Verschraubung h. Auf den Cylinder b ist ein gewölbter Deckel m aufgeschraubt, auf dem eine Stopfbüchse n sitzt, durch welche die Stange o hindurchgeht, die den Carbidkorb trägt. Man kann mithin den Korb höher oder tiefer stellen und in jeder Stellung mittels der Schraube p fixieren. Von dem Cylinder b führt ein Rohr i in den Wasserabscheider j, aus dem eine mit Hahn versehene Leitung nach dem Gasometer geht. Am Boden des Wasserableiters befindet sich der Abflusshahn d₁.

Soll der Apparat beschickt werden, so entfernt man den Deckel m und die Verschlussschraube h, füllt den Generator a bis zu $\frac{2}{3}$ der Höhe mit Wasser und den Korb c mit Carbid. Sobald der Deckel mit dem Korbe wieder aufgeschraubt ist, wirft man einige Stücke Carbid durch das Rohr g ein und schließt dasselbe sofort. Nunmehr ent-

wickelt sich Acetylen gas, welches die im Generator vorhandene Luft verdrängt, wobei diese durch den zu öffnenden Hahn d₁ entweicht. Nach einigen Minuten ist der Apparat von Luft befreit, worauf man den Hahn d₁ schließt und den Korb nach und nach in das Wasser senkt. In einem Manometer kann die „Spannung“ abgelesen werden; wird dieselbe zu stark, so läßt man entweder Wasser durch den Hahn d ab oder hebt den Korb aus dem Wasser mehr heraus. Nunmehr kann die Entwicklung des Acetylen gases ungehindert vor sich gehen und das erzeugte Gas durch das Ableitungsrohr h in den Gasometer übertreten.

III. Entwicklungsapparate, bei denen das Wasser von unten in das Carbid dringt (Spülapparate), sind in Deutschland fast gar nicht in Gebrauch und können hier füglich übergangen werden.

IV. Zu den Überlaufapparaten gehört derjenige der Firma Erich & Graeg in Berlin. Eine Darstellung desselben findet sich in dem Werke von Liebertanz, Seite 200.

V. Noch weniger entwickelt sind die Ersäufapparate.

VI. Entwicklungsapparate, bei denen das Carbid in kleinen Portionen selbstthätig in das Wasser fällt.

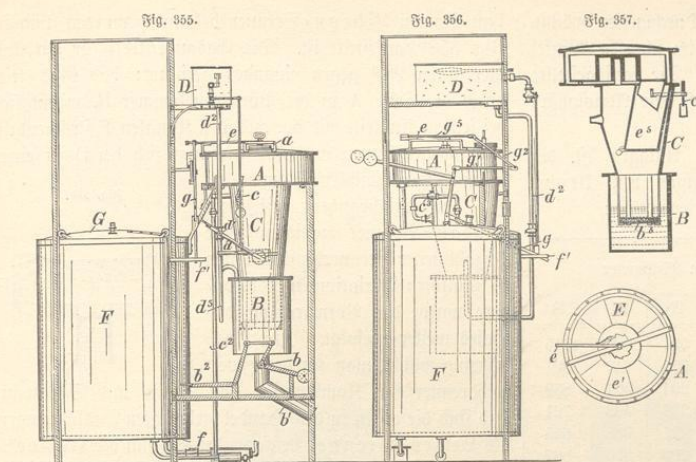
In diese Kategorie gehört der Apparat von Lampe und der Gaserzeuger der Pariser „Société du Gaz Acétylène.“

Originell in der Anlage ist der in Fig. 355 bis 357 dargestellte Acetylenentwickler von U. Kesselring zu Saint Imier in der Schweiz. Derselbe besteht aus dem Carbidbehälter A mit Füllöffnung a¹; in demselben liegt die drehbare Trommel E (Fig. 357), deren Kammern e¹ mit Carbid gefüllt sind. Die Abteilungen drehen sich regelmäßig, getrieben durch den Auf- resp. Niedergang der Gasometerglocke G.

Die Entwicklung des Acetylen gases findet in dem Generator B statt. Bei Inbetriebsetzung wird nun aus dem Wasserkasten D durch Öffnen des Hahnes d₁ die vorher bestimmte Wassermenge durch das Rohr d² in den Entwickler geleitet; andererseits fällt nach Bedarf auch das Carbid durch den Trichter C und dessen beweglichen inneren Boden auf das Sieb b² (Fig. 357), wodurch verhindert werden soll, daß der im Entwickler entstehende Wasserdampf in die Carbidtrommel und zerlegend auf das Carbid wirken kann. Die im Entwickler erzeugten Gase werden nach Passieren eines Rückschlagventils durch das Rohr e² in den Gasometer F geleitet, wobei sich die Gasometerglocke entsprechend der Menge des erzeugten Gases hebt.

Die im Entwickler angesammelten Rückstände fließen durch das Abflußrohr b¹ nach einer Entgrube ab.

1) Zeitschr. f. Calciumcarbidfabr. u. Acetylenbel. 1897, S. 17.



VII. Transportable Acetylenapparate.

In diese Kategorie gehören die kleineren Apparate, wie: Tischlampen, Fahrrad- und Wagenlaternen, Backofenlampen u. s. w. Mit Ausnahme der Fahrradlaternen steht das Publikum diesen Erzeugnissen mit einer gewissen Scheu gegenüber, denn wenn es auch einige Tischlampen giebt, die unter sachkundiger Hand gut funktionieren, so scheitern doch alle Konstruktionen unter der gefährlichen „Nachgasung“, die bei kleinen Apparaten schwer ins Gewicht fällt. Die Gefahr ist nur zu vermeiden durch vollständiges Ausbrennenlassen des nachentwickelten Gases nach Abstellung des Wasserzuflusses. Dagegen dürften die transportablen Acetylenentwickler für Experimentier- und Studienzwecke ihren Wert behalten. Derartige Apparate fertigt u. a. die Internationale Gesellschaft für Acetylenbeleuchtung „Sera“ in Berlin.

VIII. Reinigung des Acetylens. Da das Acetylen aus dem Carbid niemals ganz rein dargestellt werden kann, sondern mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd u. s. w. mehr oder weniger stark verunreinigt zu sein pflegt, so muß der Beleuchtungstechniker vor der Verwendung für Entfernung der genannten Verunreinigungen Sorge tragen. Wir müssen uns indessen versagen, auf die chemische Wirkung der Reinigungsmittel und die Art, wie letztere mit dem Acetylen in Verbindung zu bringen sind, hier näher einzugehen und verweisen zu dem Ende auf das Beispiel der Anlage einer Reinigungsvorrichtung der „Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft“ in Berlin.¹⁾ Hier gelangt das entwickelte Acetylen aus dem Generator durch das Auslaßrohr zunächst

1) Dargestellt in Fr. Liebetanz, Calciumcarbid und Acetylen, Seite 267.

Breymann, Bautechniklehre. IV. Vierte Auflage.

in den Wäscher, der mit einer Lösung von Chlorcalcium oder Chlormagnesium gefüllt ist. Das Ammoniak und der Schwefelwasserstoff wird dadurch fast gänzlich entfernt. Hierauf tritt das Gas in den mit dem Wäscher kombinierten Reiniger, woselbst der Phosphorwasserstoff beseitigt wird und das Gas sodann in den Trockner eintritt, in dem es von Chlordämpfen befreit wird. Von hier aus gelangt es endlich in die Gasometerglocke.

IX. Auch die nötigen Sicherheitsvorrichtungen soll jeder Apparat besitzen. Dieselben bestehen in Manometern und Überdruckventilen. Das Manometer ist eine U förmig gebogene Glasröhre, deren

Schenkel teilweise mit Wasser gefüllt sind; der auf der Röhrenskala abzulesende Überdruck des Gases über den jeweiligen Luftdruck wird durch die Höhendifferenz beider Wasserfüllen gemessen, (1 mm Quecksilberfülle = 13,59 mm Wasserfülle). Hierher gehört der einschenkelige Druckmesser von Fr. Luz. Die Manometer müssen stets an einer gut sichtbaren Tafel angeordnet werden.

Bei größeren Anlagen wendet man zur Kühlung des Acetylgases „Kondensatoren“ an; ferner kommen für kleinere Anlagen auch Druckregulatoren zur Anwendung. Dieselben werden als Membran- und Glockenregulatoren auch mit beweglicher Metallscheibe konstruiert und sind bereits auf Seite 344 und 345 eingehend besprochen.

Gasmesser kommen bei Privatbeleuchtungsanlagen ganz in Fortfall.

§ 5.

Die Rohrleitung.

Dieselbe beginnt bei kleinen Anlagen am „Trockner“ der Reinigungsvorrichtung oder auch beim Druckregulator, bei großen Anlagen am Gasmesser, der mit ersterem in Verbindung steht. Vor jedem Gasmesser ist — wie bei der Verwendung des Steinkohlengases — ein Absperrhahn anzubringen. Als Rohmaterial verwendet man wie dort gußeiserne Muffenrohre und dichtet sie mit Theerstricken, letztere sind mit Eisenchlorid zu imprägnieren.

Die Zuleitungen werden aus Guß- und Schmiedeeisen hergestellt, Schmiedeeisen ist jedoch vorzuziehen. Der Anschluß an die Hauptleitung erfolgt durch eine Rohrschelle, in deren Muffe das Zuleitungsrohr eingeleitet wird.

Privatleitungen, auch solche von besonderen Acetylenzeugern, werden stets aus schmiedeeisernen Röhren ausgeführt. Da der Druckverlust mit der Länge

der Leitung und dem verminderten Durchmesser wächst, so vermeide man möglichst Biegungen im scharfen Winkel oder nehme den Durchmesser größer. Die fertiggestellte Leitung wird mit einer Luftpumpe auf eine Atmosphäre Druck geprüft.

Für Privatleitungen und kleine Anlagen ist die Flammzahl bei 20 l stündlichem Konsum und 10 mm Druckverlust aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Länge der Leitung in Meter	Lichter Durchmesser in Millimeter						
	6	10	13	20	25	31	38
5	19	53	103	304	531	909	1515
10	10	39	75	215	375	642	1021
15	8	29	57	168	294	504	839
20	7	26	49	145	253	433	721
25	6	23	44	129	227	388	645
30	6	21	40	118	206	353	587
35	5	19	37	110	192	329	547
40	5	18	35	103	179	308	517
45	5	17	33	97	169	289	481
50	4	16	31	91	159	273	454
60	4	15	29	84	147	251	418
70	4	14	26	77	134	230	388
80	4	13	25	72	127	217	360
90	3	12	23	68	119	203	338
100	3	11	22	64	113	193	320

§ 6.

Die Brenner für Acetylen gas.

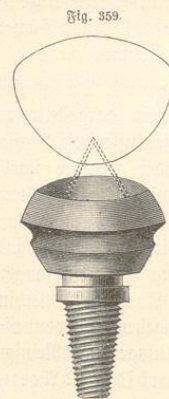
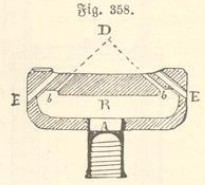
Wegen seines hohen Kohlenstoffgehaltes bedarf das Acetylen gas — um rußfrei zu verbrennen — eines größeren Quantums Verbrennungsluft als das gewöhnliche Steinkohlengas und die schweren Ölgase. Aus diesem Grunde muß das Acetylen unter höherem Druck verbrannt werden als die oben genannten Gase und müssen die Gasausströmungsöffnungen der Acetylenbrenner von äußerster Feinheit, also sehr viel enger sein, als diejenigen der Brenner für Steinkohlengas. Was den Gasdruck anbelangt, so wird dieser für Acetylen vier- bis fünfmal so hoch normiert wie bei gewöhnlichem Steinkohlengas, d. h. auf 60 bis 125 mm Wasserfäule. Infolge dieses erhöhten Gasdruckes hat die Acetylenflamme größere Stabilität und der Brennprozeß geht ruhiger von statten.

Als Material zur Herstellung von Acetylenbrennern kommt — wie bei Steinkohlengasbrennern — Speckstein zur Verwendung. Ursprünglich benutzte man den bereits in § 9 des dritten Kapitels besprochenen und dargestellten schottischen oder Zweilochbrenner, doch bewährten sich dieselben wegen der stattfindenden starken Ablagerungen an den Ausströmungsöffnungen in der Praxis nicht und wurde daher zu einer Brennerform gegriffen, welche unter

dem Namen Libeau-Brenner bekannt geworden und in Fig. 358 dargestellt ist. Die Gasaustrittslöcher a b sind hier unter 90° gegen einander gerichtet; das Gas tritt durch die Düse A in die Vorwärmekammer R, mischt sich bei seinem Austritt mit der aus den Kanälen E strömenden, auch vorgewärmten Luft und vereinigt sich bei D zu einer regelmäßigen, stabilen Flamme.

Die Erfahrungen mit dem Libeau-Brenner zeitigten eine Anzahl neuer Brennerkonstruktionen in zahllosen Variationen, insbesondere wurde die Vorwärmung des Gases weiter verfolgt. Zur Ausführung wählte man für den Zweilochbrenner eine Kombination von Metall und Speckstein, und sind die ersten in den Handel gebrachten Ausführungen als Lewes-Brenner bekannt, denen dann die Hempel-Brenner folgten.

Man hatte inzwischen erkannt, daß eine vollständige und intensive Verbrennung des Acetylen gase nur erreicht werden könne, wenn die Form der Flamme der zutretenden Luft eine möglichst große Verührung darbietet. Diese Aufgabe wurde durch den Ingenieur Jul. Schülke mit dessen erstem Brenner vollkommen erreicht. Seine Kombination erinnert an die Argandbrenner, nur mit dem Unterschiede, daß das Gas durch eine Anzahl divergierend gestellter Röhrchen austritt. Inzwischen war aber auch der Versuch geglückt, die Libeau-Brenner für die Acetylenbeleuchtung in vervollkommener Art nutzbar zu machen: Das Resultat dieser Versuche waren die Topf- oder Chamignon-Brenner (Fig. 359).

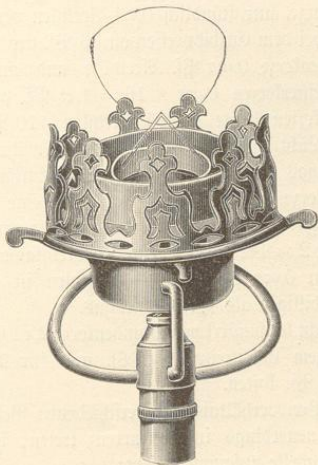


Auch der sogenannte Ringbrenner (Fig. 360), bei dem die Luftzufuhr nicht nur seitlich, sondern auch von unten her reichlich bewirkt wird, bildet ein Glied in der

fortschreitenden Ausbildung der Acetylen- gasbeleuchtung. Hervorzuheben ist, daß bei dem Ringbrenner ein Teil des Lichtes durch die Öffnung des Ringes „nach unten“ geworfen wird und daß man mit dieser Konstruktion sich dem verbesserten Argandbrenner der Steinkohlengasbeleuchtung wiederum zuwandte.

An Versuchen, denselben thatsächlich in die Acetylen- beleuchtung einzuführen, hat es auch nicht gefehlt, wie Fig. 361 klarstellt, aber der allgemeinen Verwendung stellten

Fig. 361.



sich als Hindernis die starken Schlagshatten entgegen, welche die ringförmige Specksteinmasse in dem intensiven Acetylenlicht nach unten wirft.

Fig. 362.

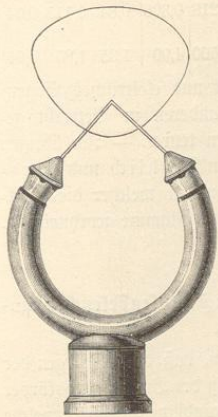
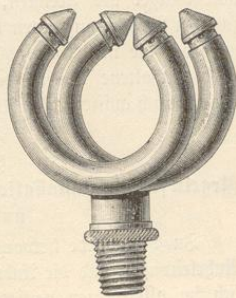


Fig. 363.



Die Schlagshattenbildung wurde erst vermindert, als man sich dem in Fig. 362 zur Darstellung gebrachten sogenannten Gabelbrenner zuwendete. Für bestimmte Fälle ging man sogar dazu über, mehr als zwei Brenner dieser Art zu vereinigen, wodurch Dreifach-, Vierfach- brenner u. s. w. entstanden. Fig. 363 stellt einen Vier- fachbrenner dar. Durch Steigerung dieses Prinzipes wurden dann höchst bedeutende Lichteffekte (bis zu 2000 H. K.) erreicht. Zu Brennern dieser Gattung mit ganz geringer Schattenwirkung gehören die in Fig. 364 und 365 dar- gestellten neuen Schülke'schen Patentbrenner mit vier resp. acht Brennerköpfen.

Fig. 364.

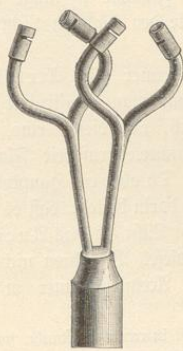
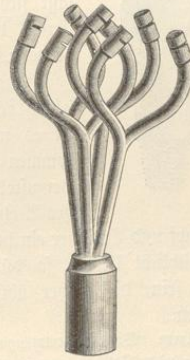


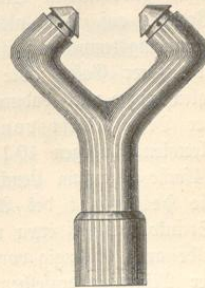
Fig. 365.



Noch galt es, die schädlichen Ablagerungen an den Brennermündungen von den feinen Ausströmungsöffnungen zu entfernen. Dies geschah durch Verlegen der Ausströmungsöffnung in konische Vertiefungen, an deren äußerem Rande sich dann die Ablagerungen festsetzen, ohne die Ausströmungsöffnung zu verengen.

Noch mehr gefördert wurde die Acetylen- gasindustrie durch Ein- führung der Brenner mit geringer Luftzufuhr, die allerdings nur zu- verlässig wirken können, so lange technisch reines Acetylen zur Ver- wendung gelangt. Kommt un- reines Gas zur Anwendung, so bilden sich starke Ablagerungen, die früh genug den Austritt des Gases hindern. In diesem Fall kann der Billwiler-Brenner mit Metallkappe (Fig. 366) An- wendung finden, doch soll sich das Kondensieren von Phosphorsäure auch durch Specksteinköpfe, welche

Fig. 366.



auf die metallenen Ausströmungsdüsen geschraubt werden, herabmindern lassen.

Fig. 367.



Auch den Bunsen-Brenner hat man für die Acetylenindustrie nutzbar zu machen gesucht, und zwar zeigt Fig. 367 eine derartige Kombination. Der Untertheil des Rohres dient zur Gaszuführung und die erweiterte Lufterströmungsdüse ist — wie üblich — mit vier Öffnungen versehen. Der Obertheil ist ein sogenannter Hohlkopfbrenner mit breitem Schlige. Untertheil und Schaft sind von Messing, das Obertheil von Speckstein konstruiert; durch Drehen des Obertheiles läßt sich die Flamme so lange regulieren, bis sie den höchsten Lichteffect hervorruft.

Auch Brenner für Acetylen-glählicht hat man konstruiert und ist es möglich, mit diesen eine vollkommen entleuchtete, rußfreie Flamme herzustellen. Da aber ein Hauptvorteil des Acetylens darin besteht, daß es ohne

Strumpf und Cylinder ein helleres Licht als das Auer'sche Gasglühlicht liefert, so dürfte dieses Verfahren nicht geeignet sein, die bisher üblichen Acetylenbrenner zu verdrängen.

Anm. Wo das Acetylen nicht in reinem Zustande, sondern mit Öl- oder Fettgas vermischt zur Verwendung gelangt, können auch die alten Schnittbrenner Anwendung finden.

§ 7.

Leuchtkraft und Temperatur der Acetylenflammen.

Aus den Untersuchungen von Lewes wurde (vergl. § 3) hervorgehoben, daß die thatsächliche Temperatur der Acetylenflamme nicht über 1000° beträgt, obwohl diejenige einer gewöhnlichen Steinkohlengasflamme in demselben Brenner auf mehr als 1300° steigt; auch ihre Entflammungstemperatur ist niedriger als diejenige anderer brennbarer Gase. Die geringere Temperatur der Acetylenflamme wird dadurch erklärlich, daß zur Erzeugung der Leuchtkraft von 1 H. K. pro Stunde nur 0,7 l Acetylen, dagegen 10 l Steinkohlengas, also etwa des 14fachen Quantum Leuchtstoff erforderlich ist. Aber auch die Helligkeit des Acetylens übertrifft diejenige des Steinkohlengases etwa um das 15fache. Jedoch ist dieselbe auch abhängig von der Reinheit des Acetylens und der Mischung desselben mit Luft oder anderen Gasen. Schlechte Brenner bedürfen mehr Gas, um gleiche Helligkeiten zu erzeugen, unreines Gas wird eine geringere Leuchtkraft ergeben, als reines und wird sich hierauf die ab-

weichende Leuchtkraft bei verschiedenem Gasconsum erklären lassen

Will man Vergleiche anstellen über das Preisverhältnis des Acetylens zu anderen künstlichen Beleuchtungsquellen, wie Steinkohlengasbeleuchtung, Auerlicht, Petroleumlicht, elektrisches Licht, so ist von folgender Rechnung auszugehen: Der Bezugspreis des Carbids ist heute bei größeren Posten 30 bis 35 Pf. pro Kilogramm — im Mittel 33 Pf. — und liefert 1 kg Carbid durchschnittlich 300 l Acetylen (vergl. Anmerkung auf Seite 382). Da nun eine Stundenterze, d. h. eine Flamme von der Leuchtkraft der Hefnerkerze, nur stündlich 0,7 l Acetylen verbraucht, so konsumiert bei dem Carbidpreise von 33 Pf. pro Kilogramm eine Stundenterze 0,077 Pf. Acetylen und eine Flamme von 16 Hefnerkerzen $0,077 \times 16 = 1,23$ Pf. pro Stunde.

Nun kosten heute 1000 l Acetylen 110 Pf. und ergeben ein Licht von 1430 Hefnerkerzen, während 1000 l Steinkohlengas 16 Pf. kosten und eine Lichtstärke von nur 100 Hefnerkerzen ergeben; es kostet daher eine Hefnerkerze Steinkohlengas 0,16 Pf. und für eine Flamme von 16 Kerzenstärke 2,56 Pf., während eine Acetylenflamme pro Normalkerze nur 0,077 Pf. kostet. — Acetylen ist daher über die Hälfte billiger als Steinkohlengas.

Auerlicht konsumiert pro Stundenterze 2,4 l Gas, welche nach hiesigem Gaspreise 0,038 Pf. und für 16 Kerzenstärke 0,608 Pf. kosten.

Das Preisverhältnis der verschiedenen Beleuchtungsarten, die neuerdings in Konkurrenz treten, ist in nachstehender Tabelle zusammengefaßt:

Es kostet	Acetylen	Steinkohlengas	Auerlicht	Elektrisches Glühlicht	Fettgas	Petroleum	Spiritus	Elektrisches Bogenlicht
Pro Stundenterze in Pf.	0,077	0,16	0,039	0,218	0,306	0,84	0,115	0,04
Pro 16 Normalkerzen in Pf.	1,23	2,56	0,624	3,500	4,90	1,35	1,85	0,64

Demnach sind nur Auerlicht und elektrisches Bogenlicht billiger als Acetylen, die anderen in Betracht gezogenen Beleuchtungsarten dagegen teurer. — Im übrigen wird auf die in der Broschüre von Fröhlich und Herzfeld enthaltene Tabelle verwiesen, in welcher die Lichtquellen nach aufsteigenden Kosten pro Flamme geordnet sind.

§ 8.

Regeln für die Installation von Acetylenbeleuchtungsanlagen.

In § 5 wurde hervorgehoben, daß das Verlegen der Rohrleitungen und die Anbringung der Beleuchtungskörper sich im allgemeinen nach den Grundsätzen richtet, welche

bei der Steinkohlengasbeleuchtung zur Anwendung kommen. So können auch die Leitungen der Steinkohlengasbeleuchtung, wo solche vorhanden sind, ohne weiteres für Acetylen in Benutzung genommen werden, doch ist auf eine weit sorgfältigere Abdichtung zu sehen, da das Acetylen selbst durch die feinsten Öffnungen entweicht.

Wird nun eine Neuanlage beabsichtigt, so muß zunächst auf die ortspolizeilichen Bestimmungen Bezug genommen werden, die sich im wesentlichen auf nachstehende Vorschriften beschränken, nämlich:

Zu den Acetylenbehältern stationärer Anlagen soll ein höherer Überdruck nicht herrschen und die Gasometer nicht in bewohnten Räumen oder im Keller aufgestellt werden, sondern in Räumen, die durch eine Brandmauer von Wohngelassen getrennt sind.

Die Gasentwickler dürfen nur unter leichter Bedachung Aufstellung finden, Carbid unter 10 kg darf nur in wasserdicht geschlossenen Gefäßen und gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden.

Komprimiertes Acetylen ist in Flaschen aufzubewahren, die auf das Doppelte des zulässigen Druckes gepreßt sind.

Flüssiges Acetylen ist in eisernen Flaschen zu halten, die auf 250 Atmosphären Druck gepreßt sind.

Metallteile, mit denen Acetylen in Berührung kommt, dürfen nicht aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehen.

In das Bereich der Installation gehört auch die richtige Bestimmung der Flammenanzahl und deren zweckmäßige Verteilung; die schematische Bestimmung nach vorhandenen Beleuchtungstabellen ist gerade bei Acetylenlicht nicht am Platze, da außer der Höhe des Raumes doch auch dessen Bestimmung und die Intensität der Einzelflammen zu berücksichtigen sind. Zweckmäßig dürfte sich hierbei

das „Hilfsbuch für Installation von Acetylenbeleuchtungsanlagen“ von F. Liebetanz erweisen. Danach wird man im Durchschnitt mit einem Lichteffect von 2 bis 4 Kerzen pro Quadratmeter Grundfläche auskommen. In besonderen Fällen (Festhällen, Salons) wird man den Lichteffect auf acht Kerzen pro Quadratmeter steigern und bei Korridoren, Nebenräumen bis zu 1 Kerze hinabgehen. Hier wird in der Regel die praktische Erfahrung sich als wertvoll erweisen.

Als Beleuchtungskörper verwendet man außer den bereits besprochenen und abgebildeten Brennerformen auch Wandarme, Lyren und Leuchter mit mehreren Armen. Zum Abdämpfen des Lichtes dienen matte Schirme, auch sogenannte Birnen von Mattglas mit Verzierungsmanteln; letztere werden von der Deutschen Acetylen-Gesellschaft in Berlin geliefert.

Zur Beleuchtung von Straßen und öffentlichen Plätzen mit Acetylenlicht bedient man sich der Laternen. Hier ist der Lichteffect abhängig von der Stärke der Flamme und der Entfernung der Laternen. Die Intensität der Flammen schwankt hierbei zwischen 30 und 100 Kerzen, der Abstand der Laternen zwischen 20 und 50 m. Je weiter die Laternen entfernt sind, um so intensiver wird die Leuchtkraft der Flamme sein müssen. Die Höhe der Gaskandelaber beträgt 3 bis 3,5 m; in besonderen Fällen, so bei großen öffentlichen Plätzen oder Hallen, auch 8,0 m.

In engen Straßen bedient man sich der Wandarme, die mit Dübeln und Holzschrauben an den Gebäuden befestigt werden.

Nachtrag zu den Beleuchtungsanlagen.

Kosten verschiedener Lichtquellen.

Bei einem Vergleich über Wirtschaftlichkeit und Vorteile der einzelnen Lichtquellen können nicht allein die Kosten pro Kerze und Brennstunde berücksichtigt werden, weil hierbei auch andere Umstände in Betracht zu ziehen sind. Ein nackter Zahlenvergleich der Kosten giebt daher kein richtiges Bild von den Vorzügen der einzelnen Lichtquellen. Als treffendes Beispiel dafür möge die Zimmerbeleuchtung dienen. Infolge der leichten und bequemen Handhabung des Ein- und Ausschaltens der elektrischen Glühlampen kann man beim Verlassen des Zimmers — wenn auch nur auf kürzere Zeit — die Lampe schnell ausschalten und beim Betreten des Zimmers wieder einschalten, während man etwa bei Verwendung von Petro-

leumglühlampen es vorziehen würde, die Lampe — deren Anstecken immerhin verhältnismäßig umständlich ist — brennen zu lassen. Man kann also bei elektrischem Betriebe die Brennzzeit der Lampen ganz wesentlich abkürzen und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Anlage entsprechend erhöhen. Außerdem kommt noch die Bequemlichkeit der Handhabung, die Sicherheit gegen Feuers- und Explosionsgefahr, auch die Verunreinigung der Luft durch Verbrennungsgase in Betracht, d. h. Faktoren, die sich nicht ohne weiteres in eine Tabelle der Kosten verschiedener Lichtquellen einreihen lassen. In vielen Fällen wird auch demjenigen Licht der Vorzug gegeben werden müssen, das in seiner Färbung dem natürlichen Tageslicht möglichst nahe kommt.

In nachstehender Tabelle sind die von verschiedenen Lichtquellen (pro Kerze) erzeugten Wärmemengen enthalten:

Lichtquelle	Verbrauchte Wärmemenge pro Kerze
Leuchtgas (Schnittbrenner)	66,5 Calorien
" (Rundbrenner)	50 "
" (Regenerativbrenner)	18,4 "
" (Gasglühlicht)	10 "
Spiritusglühlicht	10,6 "
Petroleum (14 Liniger Normalbrenner)	32 "
Petroleumglühlicht	13,75 "
Acetylen	8,9 "
Elektrisches Glühlicht	2,59 "
Elektrisches Bogenlicht	0,37 "

Aus dieser Tabelle ist ohne weiteres ersichtlich, welchen Fortschritt die neu eingeführten Lichtquellen, als Gasglühlicht, Petroleumglühlicht, Acetylenlicht gegenüber den älteren Beleuchtungsmethoden bezüglich ihrer unerwünschten und meist als lästig empfundenen Wärmeentwicklung aufzuweisen haben. Am günstigsten ist in dieser Beziehung das elektrische Licht, besonders das Bogenlicht, das sich dem Ideal, d. h. dem Licht ohne Wärmeentwicklung, nähert.

In der folgenden Tabelle sind die Kosten einzelner Lichtquellen zusammengestellt, wobei die Marktpreise für die Leuchtstoffe, sowie für 1 cbm Leuchtgas (16 Pf.) und eine Kilowattstunde (50 Pf.) zu Grunde gelegt worden sind.

Lichtquelle	Kerzen	Preis für die Brennstunde der Lichtquelle	Preis pro Kerze und Brennstunde
Leuchtgas (Schnittbrenner)	30	6,4	0,214
" (Rundbrenner)	20	3,2	0,160
" (Regenerativbrenner)	111	6,5	0,059
" (Gasglühlicht)	50	1,6	0,032
Spiritusglühlicht	30	2,0	0,067
Petroleum (14 Liniger Normalbrenner)	30	2,2	0,073
Petroleumglühlicht	40	1,0	0,025
Acetylen	60	5,4	0,090
Elektrisches Glühlicht	16	2,9	0,181
Elektrisches Bogenlicht	600	15,5	0,026

Die Preise beziehen sich nur auf direkten Verbrauch an Brennstoff und zugeführter Energie.

Je nach den Erfordernissen, die die Praxis an die Lichtquellen stellt, wird man die eine oder andere Beleuchtungsart wählen. Trotz des höheren Preises, den zur Zeit elektrisches Glühlicht gegenüber dem Gasglühlicht hat, steigt der Konsum elektrischer Glühlampen stetig, ein Beweis dafür, daß beide Beleuchtungsarten neben einander bestehen können und konkurrenzfähig sind.