

Bild 5  
Mittlere freie Weglänge verschiedener Gase und Flüssigkeiten als Funktion des Druckes

wird. Die Möglichkeit, daß der Öl molek el auf diese Weise Energie entzogen und zur Anregung der Fremdgasmolek el verwendet wird, ist daher sehr gering. Die bei der Polymerisation freiwerdende Energie steht daher größtenteils zur Verfügung, so daß diese wieder zur Anregung neuer Öl molek eln anfällt usf. Wenn die mechanischen, thermischen und elektrischen Verluste dabei hinreichend gering sind, so ist es wohl denkbar, daß auch durch elektrische Anregung Reaktionen ausgelöst werden können, die an sich freiwillig verlaufen müßten (Elektrokatalyse).

### Zusammenfassung

Der Voltolprozeß ist als Polymerisationsreaktion exotherm, so daß im Prinzip die Möglichkeit der Entstehung von Kettenreaktionen besteht, die zu hohen Energieausbeuten führen kann. Die optimale Energieausbeute wird erzielt, wenn es gelingt, die Anregungsenergie ausschließlich zur Aktivierung der Öl molek eln zu verwenden, und es sich vermeiden läßt, daß Entladungen durch das Fremdgas gehen. Das ist möglich, wenn es gelingt, Blasengrößen aufrecht zu erhalten, deren Durchmesser größer ist als die mittlere freie Weglänge der Öl molek eln, aber kleiner ist als die mittlere freie Weglänge der Fremdgasmolek eln.

Die Stabilitätsbedingungen solcher Blasen können aus der *Thomson-Gibbsschen* Gleichung und der Erniedrigung der Oberflächenspannung durch elektrische Aufladung nach *Auerbach* berechnet werden.

Es wird ferner gezeigt, warum es zur Ausbildung einer stabilen Schaumzone kommt.  
Eingeg. 4. Juni 1947 [B 29]

## Rohstoffe für Acetylen und Äthylen

Von Dr. K. FRANZ STEINBERGER, Farbwerke Höchst

Acetylen und Äthylen haben in den letzten Jahrzehnten als Rohstoffe für eine Anzahl wichtiger Produkte große Bedeutung gewonnen. Zu ihrer Herstellung dient heute noch vorzugsweise Carbid als Ausgangsstoff, beim Äthylen über die Hydrierung des Acetylen. Daneben werden große Mengen aus verschiedenen zwangsläufig anfallenden Gasen gewonnen. Äthylen gewinnt man durch Linde-Trennung aus Koksofengas, durch Crackung aus Äthan; am wichtigsten ist aber die Gewinnung von Acetylen und Äthylen im elektrischen Lichtbogen geworden, wobei Erdgase, Kokereigase und sog. Hy-Gase, diese teils aus dem IG-Hydrierungsverfahren, teils aus dem Fischer-Tropsch-Verfahren stammend, hierfür eingesetzt werden. Im folgenden werden diese Verfahren vorwiegend für die verfahrenstechnisch interessierten Leser kurz beschrieben.

### Geschichtliche Entwicklung der Acetylengewinnung

Das aus Carbid gewonnene Acetylen diente zunächst Beleuchtungszwecken und wurde seit 1906 auch in die Schweißtechnik eingeführt, für die es eine Umwälzung bedeutete.

Der bekannte deutsche Forscher *Erdmann* wies 1898 auf Grund einer mit *Köhner* durchgeführten experimentellen Arbeit erstmals darauf hin, daß Acetaldehyd verhältnismäßig leicht im großen aus Acetylen herstellbar ist und daß dies zur Grundlage für die Fabrikation von Aethylalkohol werden kann. Aber erst ab 1910 erschienen Patente über die Verarbeitung von Acetylen zu Acetaldehyd, Essigsäure, Aethylacetat und anderen Derivaten. Nach Ausbruch des ersten Weltkrieges trat ein großer Bedarf an Aceton auf für die Herstellung von Pulver, in Deutschland auch für die in Leverkusen durchgeführte Herstellung von synthetischem Kautschuk über Pinakon und Dimethylbutadien. Daher wurden beschleunigt große Fabriken zur Herstellung von Acetaldehyd, Essigsäure und Aceton aus Acetylen in Höchst und Burghausen, kurz darauf auch in Knapack errichtet, fast gleichzeitig auch in Shawinigan Falls in Canada. Diese Betriebe nahmen nach dem Krieg zusätzlich die Fabrikation von Lackrohstoffen, Lösungsmitteln, Weichmachern, Kunstharzen, Kunststoffen und in Deutschland von Buna-Kautschuk auf.

Die Ausgangsstoffe für Carbid: Kalk, Kohle und billiger elektrischer Strom — für 1 kg Carbid 3,7 bis 4 kWh — waren auch in Deutschland ausreichend verfügbar.

Das wichtigste Unkostenelement bei der Carbidgewinnung ist der elektrische Strom. Nachdem das Problem der technischen Herstellung von Carbid gelöst war, entstand um 1900 eine Anzahl von Carbidfabriken in solchen Gegenden, wo billiger elektrischer Strom verfügbar war, vorzugsweise in Verbindung mit einer Wasserkraft. Um solche auszunutzen, wurden sogar verschiedentlich in Gebirgsgegenden verhältnismäßig ungünstige Transportmöglichkeiten für Koks und Kalk in Kauf genommen. Dies ist verständlich; denn nach dem Preisniveau um 1930 und bei im übrigen normalen Unkosten lagen bei einem Preis der kWh von 1 Pfennig die Stromkosten ungefähr in der Größenordnung von 40% des Gestehungspreises von Carbid. Stieg der Strompreis auf 2 Pfennig, so entfielen bereits 50% und bei 3 Pfennigen 60% des Gestehungspreises auf Stromkosten.

Carbidfabriken wurden in Amerika, Österreich, der Schweiz, Norwegen, später auch in Deutschland und anderen Ländern errichtet. Zunächst trat bald eine Überproduktion an Carbid ein, da der Verbrauch für Beleuchtungs- und Schweißzwecke noch nicht den Erwartungen entsprach. Als dann die erwähnte Verarbeitung von Acetylen für chemische Zwecke einsetzte, waren nicht allein die vorhandenen Kapazitäten für Carbid voll ausgenutzt, sondern sie konnten bald noch erheblich gesteigert werden. In Deutschland wurde rechtzeitig erkannt, daß hier eine Möglichkeit vorlag, aus einheimischen Rohstoffen devisenbringende Veredlungsprodukte von großem Wert für den Export herzustellen. Die Carbidanlagen wurden in Deutschland so weit ausgebaut,

daß bis 1936 ihre Jahreskapazität bereits über 800000 t betrug. Davon entfielen rund 550000 t auf das Gebiet der jetzigen drei Westzonen. Später wurden bedeutende Carbidanlagen in den deutschen Ostgebieten errichtet, die größte davon in Schkopau für die Erzeugung von Buna-Kautschuk. Seitdem liegt die Herstellungskapazität in der Ostzone erheblich über der in den Westzonen.

Wenn man anfing, auch auf andere Rohstoffe überzugehen, so lag dies nicht an einem Mangel an Carbid oder an seinem zu hohen Preis. Veranlassung war vielmehr der Anfall großer Mengen von Erzeugnissen, für die Verwendung gesucht wurde.

#### Aethylalkohol als Rohstoff

Zu erwähnen ist hier zunächst Aethylalkohol, nicht als Ausgangsstoff für Acetylen selbst, wohl aber für Acetaldehyd, das erste wichtige daraus gewonnene Zwischenprodukt, so daß der Aethylalkohol sehr wohl zum Konkurrenten des Carbids werden kann. Die jährliche Alkohol-Erzeugung betrug in Deutschland in den Nachkriegsjahren 2,5 bis 3 Millionen hl; diese unterzubringen fiel der Reichsmonopolverwaltung schwer. Daß man die Aldehyderzeugung aus Alkohol in Deutschland nicht aufnahm, lag nur an der Preispolitik der Monopolverwaltung; diese zog es vor, ihre Bestände durch den 1930 eingeführten 2%igen Beimischungzwang zum Treibstoff abzubauen, der 1932 vorübergehend bis auf 10% erhöht wurde. Durch die spätere Entwicklung trat im Verfolg des Vierjahresplanes sogar ein Mangel an Alkohol auf; da dessen Preis hoch und über den Weltmarktpreisen gehalten wurde, konnte er in Deutschland dann sogar umgekehrt durch Hydrierung von Acetaldehyd hergestellt werden.

#### Erd- und Abgase als Rohstoffe

Der nächste sich neu anbietende Rohstoff waren anfallende Gase verschiedener Herkunft, für die nutzbringende Verwendung gesucht werden mußte. Es waren dies Erdgase, dann Abgase aus Crackprozessen, Abgase — die sog. Hy-Gase — aus der Kohlehydrierung der I.G. Farbenindustrie und aus dem Fischer-Tropsch-Benzinverfahren und schließlich die großen Mengen der Kokereigase.

Bei den verschiedenen Methoden zur Aufarbeitung dieser Gase wird außer Acetylen auch Aethylen gewonnen. Zwischen beiden Gasen bestehen genetisch so viele Beziehungen, daß ihre Rohstofffrage nur gemeinsam behandelt werden kann.

#### Aethylengewinnung

Die technische Verwertung des Aethylens ist jüngeren Datums. Es hat in den Nachkriegsjahren aber schnell große Bedeutung erlangt als Ausgangsstoff für:

1. Glykol und seine wertvollen Derivate, die verschiedenen Glykoläther und -ester,
2. Polyglykole als Weichmacher und Druckflüssigkeiten,
3. Gefrierschutzmittel, das Glysantin, eine wäßrige Lösung von Glykol,
4. Aethylenoxyd und damit eine Anzahl daraus hergestellter wichtiger Textilhilfsmittel (Igepone),
5. Aethylalkohol in Frankreich.

Somit war der deutsche Inlandsbedarf an Aethylen in raschem Steigen und erreichte 1944 ungefähr 200000 t im Jahr. Ihn zu decken standen verschiedene Wege zur Verfügung: die Teilhydrierung von Acetylen, die Wasserabspaltung aus Aethylalkohol und schließlich die Verarbeitung der bereits beim Acetylen genannten zwangsläufig anfallenden Gase nach verschiedenen Methoden.

#### Verfahren zur Gewinnung von Acetylen und Aethylen

Um außer der technischen auch zugleich die wirtschaftliche Bedeutung der verschiedenen Verfahren zur Gewinnung von Acetylen und Aethylen richtig würdigen zu können, wird Tabelle 1 gebracht, die einen Vergleich der Kapazitäten, die 1944 in Deutschland bestanden, ermöglicht. Bild 1 zeigt in Ergänzung hierzu, durch welche Verfahren die einzelnen Rohstoffe zu Acetylen und Aethylen verarbeitet werden können.

Tabelle 1  
Kapazitäten in t je Monat in Deutschland zur Gewinnung von Acetylen und Aethylen im Jahre 1944

Herstellung aus:	Acetylen	Aethylen
Carbid .....	34350 = 86%	8180 = 46% (Acetylenhydrierung)
Aethylalkohol .....	—	3335 = 18%
Koksofengas durch Lindetrennung .....	—	1415 = 8%
Aethan durch Cracking .....	—	3920 = 22%
Verschiedenen Gasen im Lichtbogenverfahren .....	5650 = 14%	1100 = 6%
	40000 = 100%	17950 = 100%

#### Carbid

Der weitaus größte Teil des Acetylens wird heute noch aus Carbid gewonnen, und zwar meist nach Naßvergasungsverfahren, bei denen Carbid in Wasser eingetragen wird. Bei den Apparaturen der Großindustrie hat sich bis heute die bei den Höchster Farbwerken 1916 von Otto Ernst geschaffene Konstruktion bestens bewährt<sup>1)</sup>. Dabei befindet sich zwischen dem Einfülltrichter für das Carbid und dem Wasserbassin ein geschlossener Carbidbehälter, der durch die Apparatur unter geringem Acetylen-

<sup>1)</sup> D.R.P. 315 793 und 360034.

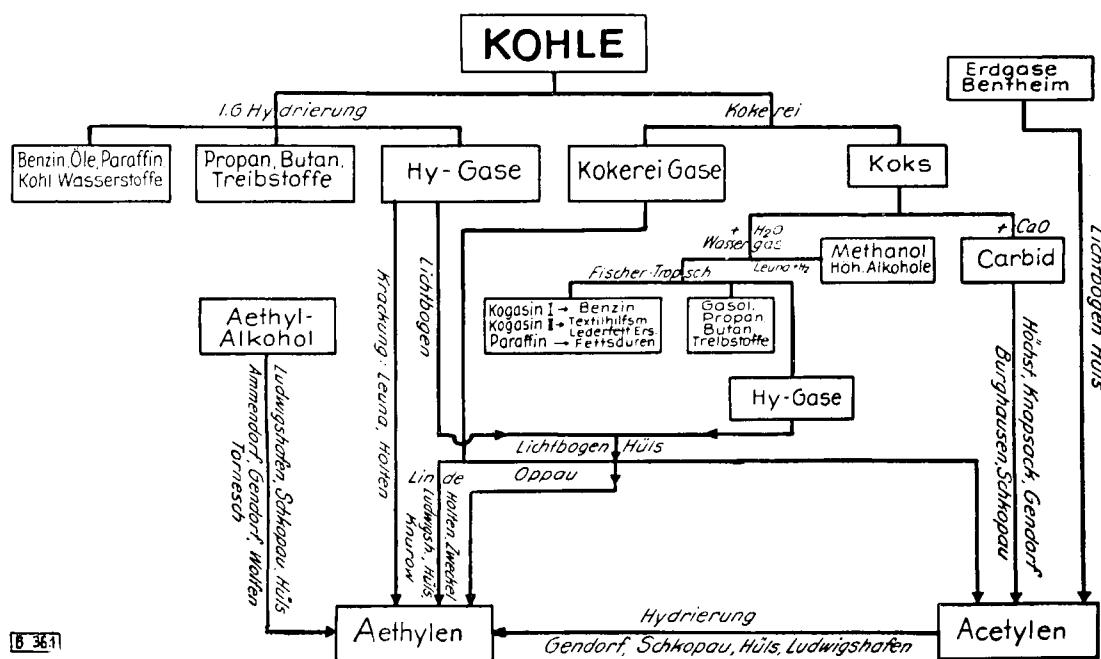


Bild 1  
Verfahren zur Verarbeitung verschiedener Rohstoffe zu Acetylen und Aethylen

Überdruck steht. Beim Füllen des Behälters durch Öffnen der Verschlußklappe bewegt sich das Acetylen in entgegengesetzter Richtung wie das hinunterfallende Carbid. Daher kann Luft nicht in den Raum gelangen, und die Explosionsgefahr wird praktisch ausgeschlossen. Außerdem enthält der Apparat eine kontinuierliche Ausschleusung von Kalkschlamm, sowie eine Sammelvorrichtung für Steine und Siliciumeisen in einem an der tiefsten Stelle angebrachten Schleusentopf. Großanlagen gehen heute meist zur Trockenvergasung über, bei der unter geeigneten Bedingungen stöchiometrische Mengen Carbid und Wasser zur Reaktion gebracht werden; der abfallende trockne gelöschte Kalk gelangt, soweit er nicht verkauft wird, zunächst in einen Kalkbrennofen und dann zurück zur Carbiderzeugung. Derartige Trockenvergaser wurden unter anderem bei den Chemischen Werken Dr. Alexander Wacker, Burghausen, und bei der A.G. für Stickstoffdünger im Werk Knapsack konstruiert und aufgestellt.

Die Teilhydrierung zum Aethylen erfolgt an verschiedenen, meist nickel- oder palladiumhaltigen Kontakten. In Deutschland bestehen hierfür Anlagen in Gendorf, Schkopau, Hüls und Ludwigshafen, und es wurde bei Kriegsende fast die Hälfte des benötigten Aethylens aus Carbid gewonnen.

#### Aethylalkohol

Für die Zersetzung von Alkohol zu Aethylen gibt es verschiedene Methoden; bekannt ist die Wasserabspaltung in Gegenwart von Schwefelsäure bei etwa 160—170° oder durch Phosphorsäure bei etwas höherer Temperatur.

In der Dampfphase bildet sich Aethylen bei höheren Temperaturen, meist zwischen 300 und 400°, also über der Temperatur der Ätherbildung in Berührung mit verschiedenen Kontaktsubstanzen, unter denen besonders Aluminiumverbindungen wichtig sind.

Fast der fünfte Teil des Aethylens wurde in Deutschland aus Alkohol gewonnen. Anlagen dafür bestehen in Ludwigshafen, Schkopau, Hüls, Gendorf, Ammendorf, Wolfen und Tornesch.

Demnach waren Carbid und Alkohol die Rohstoffe für rund  $\frac{2}{3}$  des in Deutschland hergestellten Aethylens. Das letzte Drittel wurde aus anfallenden Gasen gewonnen.

#### Zwangsfall von Gasen

An Gasen standen und stehen auch in Deutschland recht erhebliche Mengen zur Verfügung.

**Erdgase:** Die Zusammensetzung der Erdgase schwankt erheblich. Das deutsche Erdgas von Neuen Gamme enthält 91 bis 92% Methan und 2% Aethan, manche amerikanische und russische Gase haben dagegen 30 bis 40% Methan, 10 bis 30 und mehr % Aethan und dazu noch erhebliche Mengen Propan, Butan und Pentan. Besonders in Nordamerika wird seit Jahrzehnten intensiv an der Verwertung dieser Gase gearbeitet mit dem Ergebnis, daß eine Anzahl wertvoller Produkte, besonders aliphatische Alkohole für die Lösungsmittelindustrie, daraus gewonnen werden.

In Deutschland trat dieses Gebiet naturgemäß mehr zurück und wurde mehr bearbeitet im Zusammenhang mit der Verwertung von Gasen, die bei verschiedenen Crackprozessen anfallen.

Wichtig für die Acetylengewinnung wurden die Erdgase aus dem Gebiet von Bentheim an der holländischen Grenze; sie werden durch eine Fernleitung der Lichtbogenanlage in Hüls zugeführt.

**Kokereigas:** Ihm kommt in allen Ländern mit Metallhüttenwerken große Bedeutung zu. Es enthält rund 23 bis 25% Methan, etwa 1% höhere Homologe, 2 bis 3% Aethylen, bis 0,5% Propylen und Butylen, um 50 und mehr % Wasserstoff und 6 bis 7% Kohlenoxyd, dazu noch etwas Stickstoff. Die Frage seiner zweckmäßigsten Verwertung ist eingehend bearbeitet worden, meist in der Richtung, daß man den darin enthaltenen Wasserstoff für die Ammoniaksynthese nutzbar macht und das Methan nach Umsetzung zu Kohlenoxyd und Kohlensäure ausscheidet.

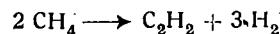
Courrières Kühlmann führte das Methan durch Behandlung mit Wasserdampf in Kohlenoxyd über und verwendete das so erhaltene Gasgemisch nach Einstellung durch Zugabe von Wasserstoff auf das günstige Verhältnis von 33% Kohlenoxyd und 66% Wasserstoff für die Methanol-Synthese.

Andere verkoppelten die Methanolgewinnung mit der anschließenden Gewinnung von Ammoniak aus den Restgasen. Um 1930 stellten in Europa ungefähr 5 Anlagen Methanol und 40 Ammoniak aus Kokereigasen her.

Bald begann man die Gase auch für die Gewinnung von Acetylen und Aethylen heranzuziehen.

Die Comp. des Mines de Béthune verwertet die 2 bis 3% Aethylen im Koksofengas für die Herstellung von Aethylalkohol, indem sie das Aethylen unter Druck durch Schwefelsäure aufnehmen läßt. Die so erhaltene Aethyl-Schwefelsäure wird dann mit Ammoniak-verseift. Diese Art der Alkohol-Gewinnung lohnt sich nur durch die damit verbundene Gewinnung von Ammonsulfat für Düngzwecke.

Bei dieser Neuanlage wurde erstmals die Verarbeitung von Kokerei-Gasen im Lichtbogen mit Erfolg auf andere Weise vorgenommen. In Hy-Gasen und Erdgasen traten von vornherein die Kohlenwasserstoffe in größerer Konzentration auf, beim Kokereigas dagegen ist es lästig, daß das Methan nur in 20—25%iger Konzentration vorliegt, also große Mengen von Fremdgasen als Ballast mit durch die Apparatur geleitet werden müssen. Nach der Reaktionsgleichung



liegt das gebildete Acetylen in noch größerer Verdünnung vor als das eingesetzte Methan. Bisher hatte man dies in Kauf genommen; die aus dem Lichtbogen kommenden Gase wurden nach entsprechender Reinigung anfangs in verdünntem Zustand weiter verarbeitet. Später wurde das Acetylen durch ein Druckwaschverfahren aus diesen Gasen herausgewaschen, darauf in konzentriertem Zustand gereinigt und weiter umgesetzt.

In Hüls entschloß man sich, die Trennung des Kokereigases bereits vor den Lichtbogen zu legen und die Acetylengewinnung mit einer Benzinsynthese zu kombinieren. Aus den ankommenden Kokereigasen werden in einer Linde-Trennanlage Aethylen, Methan und Wasserstoff abgetrennt. Das Methan geht in den Lichtbogen; der Wasserstoff wird zusammen mit Wasserstoff, der bei der nachfolgenden Zerlegung der Lichtbogengase anfällt, einem Kohlehydrerwerk zugeführt. Die in diesem abfallenden Abgase, die Hy-Gase, also gasförmigen Kohlenwasserstoffe, kehren von da in den Hülser Lichtbogen zurück und werden in diesem mit dem Kokerei-Methan zusammen verarbeitet.

Zweckmäßiger ist die Gewinnung des Aethylens aus dem Kokereigas nach dem von *Linde* in Deutschland und von *Claude* in Frankreich ausgearbeiteten Trennverfahren. In Deutschland wurde diese Methode besonders in Ludwigshafen bearbeitet; danach wurden Großanlagen von der I.G. Farbenindustrie in Verbindung mit der Ruhrchemie in Holten und später auch in Zweckel, Hüls und Knurow errichtet. In ihnen wurden um 1944 1400 t Aethylen monatlich, also rd. 8% des deutschen Bedarfs gewonnen.

Das im Kokereigas enthaltene Methan kann nach mehreren Methoden in Acetylen übergeführt werden:

##### a) durch thermische Zersetzung:

die Soc. d'Ougrée-Marihaye setzt 35 bis 40% des Methans bei 1600° zu Acetylen um und erhält Gasgemische mit rd. 8% Acetylen. Um Rußbildung hintanzuhalten, ist schnelles Anheizen und nachheriges Abkühlen besonders wichtig.

In der Sowjet-Union wurde ein Verfahren zur Herstellung von Acetylen durch thermische Zersetzung von Erdgasen ausgearbeitet.

##### b) durch elektrische Entladung:

in der Technik hat diese Methode bisher nicht Eingang gefunden.

### c) im elektrischen Lichtbogen:

diese Reaktion wurde in Oppau durch *Eisenhut* und seine Mitarbeiter mit dem Erfolg bearbeitet, daß an mehreren Stellen Großanlagen für die Herstellung von Lichtbogen-Acetylen errichtet werden konnten.

Als Ausgangsmaterial diente zunächst Ferngas aus dem Saargebiet, und es gelang, aus ihm nach dem Passieren des Lichtbogens ein Gas mit 12 bis 14% Acetylgehalt zu bekommen. Besonders wichtig ist, daß auf 100 kg Acetylen auch 22 bis 24 kg Aethylen anfallen. Der zunächst errechnete billige Preis des Lichtbogenacetylen hatte etwas bestechendes. Die Unkosten waren aber doch ziemlich hoch, und es ist fraglich, ob es die große technische Bedeutung gewonnen hätte, wenn die Anwendbarkeit des Lichtbogens nicht auf die Erdgase ausgedehnt worden wäre und auf die bei der Kohlehydrierung anfallenden, später Hy-Gase genannten Abfallgase.

**Hy-Gase:** Sie fallen beim Druckhydrierungsverfahren der I.G. Farbenindustrie an; ebenso wurden die Abgase aus dem Verfahren von *Fischer-Tropsch* bezeichnet.

Die in Deutschland angefallenen Hy-Gas-Mengen waren bedeutend. Bereits 1937 betrug der Jahresanfall:

570000 t Hy-Gase nach dem I.G.-Verfahren und

80000 bis 90000 t Hy-Gase nach *Fischer-Tropsch*

650000 bis 660000 t im Jahr

Davon fielen 350000 bis 370000 t im Rhein-Ruhrgebiet und etwa 250000 bis 300000 t in Mitteldeutschland an.

Die Zusammensetzung dieser Gase ist sehr verschieden. Die *Fischer-Tropsch*-Gase enthalten 35 bis 40% Olefine, meist  $C_3$  und  $C_4$ , die Abgase des I.G.-Verfahrens bestehen dagegen aus gesättigten Kohlenwasserstoffen. Im Gesamtdurchschnitt enthalten sie rd. 18% Methan, 11 bis 12% Aethan, 12% Propan, 5% Butan und unter 1% Pentan; der Wasserstoffgehalt ist 32 bis 33%; ferner enthalten sie noch etwas Stickstoff, Kohlenoxyd und -dioxyd, sowie Schwefelwasserstoff.

Zur Verwertung dieser Hy-Gase erwiesen zwei Wege sich als vorteilhaft; der erste ist die Verarbeitung im Lichtbogen, wobei in der Hauptsache Acetylen, daneben auch Aethylen entsteht.

### Crackung von Hy-Gasen

Der zweite Weg ist das Cracken der gesättigten Kohlenwasserstoffe, besonders der aethanreichen Fraktion der Hy-Gase. Bei diesem Crackprozeß wird Aethylen gewonnen. Da besonders an diesem großer Bedarf bestand, wurden Crackanlagen in Leuna, Holten, Heydebreck und Moosburg errichtet mit einer Möglichkeit, fast 4000 t jährlich, also über 20% des Bedarfs, an Aethylen herzustellen.

### Lichtbogenverfahren

Das Lichtbogenverfahren mit seiner universalen Anwendbarkeit bei kohlenwasserstoffhaltigen Abgasen fand bald weitergehendes Interesse, auch im Ausland. Die erste größere Anlage wurde auf Grund des Jasco-Vertrages von der I.G. Farbenindustrie gemeinsam mit der Standard Oil in Baton Rouge am unteren Mississippi zwecks Herstellung von Acetaldehyd, Essigsäure und Lösungsmitteln errichtet. Dort wurden aus der Erdölalange der Standard Oil anfallende Erdgase im Lichtbogen umgesetzt. Nach einigen Anfangsschwierigkeiten lief die Anlage völlig befriedigend. Allerdings konnte das stark verdünnt anfallende Lichtbogen-Acetylen nicht in einem Kontaktöfen mit Erfolg zu Acetaldehyd

umgesetzt werden, wie ursprünglich beabsichtigt, sondern der Betrieb mußte auf das Höchster Verfahren in flüssiger Phase übergehen und auch dazu war vorherige Aufkonzentrierung des Acetylen auf ungefähr 85% durch Cyclohexanon-Wäsche erforderlich.

Auch eine Versuchsanlage zur Verarbeitung von Hy-Gasen im Lichtbogen zu Acetylen und weiter zu 200 t Acetaldehyd monatlich arbeitete in Leuna längere Zeit befriedigend.

Im ganzen war der Erfolg gut. Daher konnte 1940 in Hüls die zweite Anlage in Deutschland zur Herstellung synthetischen Kautschuks auf der Basis von Lichtbogen-Acetylen errichtet werden.

Die Versuche in Leuna hatten gezeigt, daß die Verarbeitung der höheren Homologen des Methans zu Acetylen wirtschaftlicher ist als die von reinem Methan. Dies zeigt der für die Herstellung von 1 m<sup>3</sup> Acetylen erforderliche Stromverbrauch. Bei der Gewinnung aus Carbid — einschließlich des für die Carbidherstellung erforderlichen Stroms — beträgt er 11 kWh, unter weniger günstigen Verhältnissen auch 12 bis 13 kWh. Bei der Herstellung im Lichtbogen aus nur methanhaltigem Gas ist er gleichfalls 11 bis 12 kWh. Enthält das Gas mehr Aethan und Propan, so daß es 1,4 bis 1,5 Durchschnitts-Kohlenstoffgehalt in der Molekel hat, dann sinkt der Stromverbrauch auf 8 bis 9 kWh. Bei Anwendung von Propan allein ist er 8 bis 9, und von Butan allein 7 kWh. Daher ist möglichst großer Gehalt an höheren Methan-Homologen in dem zu verarbeitenden Gas anzustreben.

Die Lichtbogenanlage in Hüls, die günstig im Ruhrgebiet liegt, kann alle anfallenden Gase verarbeiten, und zwar Kokereigase aus den umliegenden großen Kokereien, Hy-Gase aus der I.G.-Hydrierung und von den umliegenden *Fischer-Tropsch*-Anlagen; ferner Erdgase, die mittels Fernleitung aus dem Bentheimer Bezirk kommen.

Nach dem Passieren des Lichtbogens werden zunächst die nicht unbeträchtlichen Mengen Ruß durch Abscheiden im Zylkon und Filtern entfernt; der Ruß läßt sich für verschiedene Zwecke gut verwenden. Danach werden Teer ausgeschieden, Cyanwasserstoff, Naphthalin und Schwefelwasserstoff ausgewaschen, dann in einer Drückwäsche das Diacetylen und andere Homologe entfernt, schließlich das Acetylen unter Druck in Wasser aufgenommen, nach der Entspannung rd. 95%iges Acetylengas erhalten und weiter auf Acetaldehyd verarbeitet.

Das vom Acetylen befreite Restgas gelangt in eine Linden-Trennanlage. In dieser werden reiner Wasserstoff und Aethylen isoliert.

In Deutschland wurden an Acetylen und Aethylen zusammen im Lichtbogen über 80000 t jährlich erzeugt. Die Acetylenmenge betrug etwa 14%, die Aethylenmenge rd. 6% der deutschen Erzeugung.

### Ausblick

Acetylen und Aethylen werden auch in der Friedenswirtschaft von großer Bedeutung sein: Acetylen als Ausgangsstoff für Pharmazeutika, Speiseessig, Kunststoffe und Lackrohstoffe; Aethylen für das Textilhilfsmittelgebiet, für Gefrierschutzmittel und Lackrohstoffe, außerdem beide für Buna-Kautschuk.

Carbid wird nach wie vor der vorwiegende Ausgangsstoff bleiben. Daneben wird, wo Gase verfügbar sind, das Lichtbogenverfahren bestehen bleiben, selbst dann, wenn diese Gase nur Methan und keine höheren Homologen enthalten. Der Vorteil ist die leichtere Erstellbarkeit einer Anlage mit den normalerweise in einer chemischen Fabrik verfügbaren Hilfsmitteln gegenüber dem umfangreichen und kostspieligen Apparat einer Carbidfabrik.

Eingeg. 16. Juli 1947 [B 36]