

3516-2

Boch Sochso

Vorläufige Kalkulation
der voraussichtlichen Geestehpreise
von Lichtbogenacetylen und daraus
hergestelltem Acetaldehyd.

(40 bezw. 53,5 Tato)

vom 19. Oktober 1934.

19. Okt. 1934

Vertraulich!

Voraussichtliche Betriebskosten für Lichtbogenacetylen und daraus
hergestelltem Acetaldehyd.

(Vorläufige Schätzung, als Unterlage zu einem Vergleich mit dem
Carbidacetylen-Verfahren)

Produktion: 40 Tato Acetylen ohne Homologe bzw.
53,5 Tato Acetaldehyd.

Ausgangsprodukt: Propan.

Standort: Leuna.

Besprochen mit den Herren Dr. Stadler, Dr. Bückert, Dr. Liesseberg-Op.,
Dipl.-Ing. Fischer (Lu), Dr. Schnitz (Leuna).

Zur Orientierung.

Die Schätzung trägt mit Rücksicht auf die gemachten
Voraussetzungen vorläufigen Charakter. Sie schliesst sich an die
"Vorläufige Vergleichskalkulation des Ammoniaklaboratoriums vom
15.7.34" über 4 zur Wahl stehende Aldehyd-Verfahren an.

Die vorliegende Schätzung soll die bis heute erfassbaren
kalkulatorischen Unterlagen zusammenstellen, um eine Beurteilung
der Aussichten der Weiterverarbeitung des Lichtbogenacetylen auf
weitere Produkte zu ermöglichen. Als Beispiel wurde ein verhältnis-
mässig weit entwickeltes Herstellungsverfahren von Acetaldehyd kal-
kuliert. Dabei sollten gleichzeitig die Unterlagen für eine Gegen-

II.

Überstellung mit dem Höchst-Knapsacker Verfahren, das von Carbid-acetylen in konzentrierter Form ausgeht, gewonnen werden. Von den 4 in der genannten Kalkulation verglichenen Verfahren wurde das nach Dr. Lieseberg für niedrig prozentiges Gas modifizierte Höchster Verfahren herausgegriffen, weil es in technischer Hinsicht verhältnismässig weit entwickelt ist und ohne weiteres als betriebsreif gilt. Auch das Wacker-Verfahren (weiterentwickelt von Dr. van Taack) arbeitet, wie die vorläufige Vergleichskalkulation vom 15. 7. 34 gezeigt hat, mit ähnlichen Betriebskosten wie das Höchster Verfahren. Die betriebsmässigen Unterlagen dafür sind uns jedoch nicht wie beim Höchster Verfahren (Knapsack) zugänglich. Es ist hervorzuheben, dass sich nach der oben genannten Vergleichskalkulation das Ansolvo-säureverfahren in den Betriebskosten billiger stellt als die beiden genannten Verfahren. (Siehe Seite 16 und 17).

Für die Kalkulation wurde eine grössere Produktion (40 Tato C_2H_2) vorausgesetzt, bei welcher die Einflüsse von Apparatereserven, Wärmeverlusten etc., ferner Zufälligkeiten in der Lohnverteilung auf die einzelnen Verfahrensstufen (siehe Anlage 7) in den Betriebskosten zurücktreten. Umrechnungen auf andere Produktionsgrössen sind damit leicht möglich.

III.

Inhaltsübersicht.

	Seite
A) <u>Allgemeine Voraussetzungen</u>	1
1.) Angenommene Produktion	1
2.) Strompreis	2
3.) Umrechnung der Gasvolumina	2
B) <u>Voraussetzungen zur Kalkulation des Gesteckpreises von Lichtbogen-Acetylen</u>	2
1.) Ausgangsprodukt	3
2.) Homologe	3
3.) Energieverbrauch und Heizwertverminderung	3
4.) Anlagekosten	4
C) <u>Voraussetzungen zur Kalkulation der Aldehydgewinnung</u>	4
1.) Fabrikationsverfahren	5
2.) Gaskonzentration	5
3.) Ausbeuten	5
a.) Umsatzapparat	6
b.) Oelwäsche	6
c.) Destillation	7
d.) Gesamtausbeute	7
4.) <u>Heizwertverluste bzw. evtl. Gutschriften</u>	7
a.) Jn der Oelwäsche	8
b.) Jn Restgas	8
5.) Etwaige Blausäure im Lichtbogengas	9
6.) Anlagekosten	10
7.) Betriebskosten	10
a.) Energien	11
b.) Hilfsmaterialien zur Kontaktregeneration	11
D) <u>Verbesserungsmöglichkeiten der Verfahren</u>	11
1.) <u>Ausnutzung der Wärme des Lichtbogenabgases</u>	12
a.) Bei drucklosem Betrieb	12
b.) Bei Betrieb des Lichtbogens unter Druck	13
2.) Gewinnung des Russes aus dem Kühlwasser hinter dem Lichtbogen	13
3.) Ausnutzung des Druckes des flüssigen Propan	14
4.) Kälteerzeugung durch das flüssige Propan	14
5.) Höhere Konzentration des C_2H_2	14
6.) Konzentrierungsverfahren für C_2H_2 im Lichtbogengas	15
7.) Aldehyderzeugung mit ungereinigtem Gas (U-Gas)	15
8.) Höhere Belastung des Reaktionsraumes	16
9.) Ausbeuteerhöhung	16
10.) Einsparung der Trennungs- u. Reinigungskosten	16
11.) Anwendung eines Verfahrens mit geringeren Betriebskosten	18
E) <u>Ergebnis der vorläufigen Kalkulation</u>	18

A n h a n g :

Anlage 1: Zusammenstellung der Gesteckpreise und Umarbeitungskosten von Acetylen und Acetaldehyd.

A) Lichtbogenverfahren.

- " 2: Gesteckpreisermittlung des Acetylen.
- " 3: Anlagekosten (laut Mitteilung der T.A.Lu).
- " 4: Unterlagen zu den Fabrikationsspesen.

B) Acetaldehydfabrikation aus Lichtbogenacetylen.

- " 5: Zusammenstellung der Fabrikationsspesen der Fabrikationsstufen I bis VI und Hilfsmaterialien.
- " 6: Zusammenfassende Kalkulation der Umarbeitungskosten.
- " 7: Lohnkostenverteilung auf die Stufen I bis VI.
- " 8: Zusammenstellung der Anlagekosten.
- " 9: Fabrikationsspesen des Gasometers mit Verteilung.
- " 10a: Fabrikationsspesen der Stufe I, Kompression.
- " 10b: " " " " II, Oelwäsche.
- " 10c: " " " " III, Umsatz.
- " 10d: " " " " IV, Kontaktregeneration.
- " 10e: " " " " V, Kondensation, Waschung.
- " 10f: " " " " VI, Destillation.
- " 11: Schätzung der Anlagekosten der Stufen I bis VI.
- " 12: Stoffbilanz.
- " 13: Fabrikationsschema.
- " 14: Graphische Darstellung der Kostenanteile im Gesteckpreis.

A) Allgemeine Voraussetzungen.

Angenommene Produktion.

Es wurde angenommen, dass das nach dem Lichtbogenverfahren erzeugte Acetylen (14 - 18 Vol. %) in einer benachbarten Anlage ausschliesslich auf Acetaldehyd weiterverarbeitet wird. Die angenommenen Produktionszahlen sind folgende:

a) Erzeugung von Lichtbogenacetylen: reines C_2H_2 , ohne Homologe.

Jm Lichtbogengas, vor der Oelwäsche täglich	40 t
d.i. jährlich (in 360 Betriebstagen)	14 400 t .

Die entsprechenden Zahlen für C_2H_2 mit Homologen

sind 45 Tato bzw. 16 200 Tato.

b) Für die Weiterverarbeitung zu Aldehyd wurden eingesetzt:

	a)	b)
Teilansbente: Umsatz bis Kondensat, siehe Seite	90 %	85 %
C_2H_2 ohne Homologe vor der Umsatzapparat, d.i. hinter der Oelwäsche	36 Tato	36 Tato
Aldehyd im Kondensat und Waschwasser	54,8 "	51,8 "
Aldehyd im konzentrierten Endprodukt (hinter Destillation)	53,5 "	50,5 "
d.i. jährlich, in 360 Betriebstagen	19 260 t	18 200 t

2.) Strompreis.

Die Betriebskosten wurden vorläufig mit einem Strompreis von a) 1 Pfg./KWh (Absprache zwischen den Herren Dr. Wietzel und Dr. Langheinrich) und b) 1,5 Pfg./KWh errechnet. Es ist hierbei zu beachten, dass die Lichtbogenanlage kein Dampf verbrauchender Betrieb ist, während die Aldehydanlage erhebliche Dampfmenngen (etwa 500 Tato) verbraucht. In welchem Verhältnis der teurere Strom aus Kondensationsbetrieb und der billigere aus Gegendruckbetrieb zu einem Mischpreis in eine endgültige Kalkulation einzusetzen ist, lässt sich nur auf Grund des Energieverteilungsplanes von Leuna entscheiden.

3.) Umrechnung der Gasvolumina.

Abweichend von dem sonstigen Gebrauch wird, soweit es sich um Acetylen handelt, wenn nicht anders erwähnt, in Uebereinstimmung mit dem in der Acetylenindustrie (auch in Knapsack) üblichen Gebrauch (vergl. H. Vogel, Das Acetylen 1923) das Gasvolumen auf einen äusseren Druck von 760 mm Quecksilber, 15°C, gemessen über Wasser (d.h. einen relativen Feuchtigkeitsgrad von 100 %), bezogen. 1 cbm Acetylen, 760 mm, 15°C, feucht, enthält somit 1,091 kg C_2H_2 .

B) Voraussetzungen zur Kalkulation des Gestehpreises von Lichtbogen-Acetylen.

1.) Ausgangsprodukt.

Als Ausgangsprodukt wurde das in Leuna anfallende Propan

zugrunde gelegt. Dabei wurde vorausgesetzt, dass der gesamte Bedarf zur Sicherung eines gleichbleibenden Ausgangsproduktes aus der Propan-Butan-Trennungsanlage entnommen werden muss. Die Trennungs- und Reinigungskosten wurden nach einer Feussierung von Herrn Dr. Langheinrich an Herrn Dr. Wietzel zu $\text{M } 1,-/100 \text{ kg Propan eingesetzt}$.

2.) Homologe.

Nach Mitteilung von Herrn Dr. Stadler ist bei Erzeugung eines Lichtbogengases von ca. 15 - 16 Vol.-% C_2H_2 und ca. $\frac{3}{4}$ - 1 Vol.-% Homologen zu rechnen. Für die Kalkulation wurde angenommen, dass bei 15,5 Vol.-% C_2H_2 1 Vol.-% Homologe mit einem mittleren Mol von ca. 50 (Annahme) entstehen, das entspricht auf 100 Gew.Teile (C_2H_2 + Homologe) 89 Gew.Teile reines C_2H_2 und 11 Gew.Teile Homologe im Lichtbogenabgas.

Dieser Anteil an Homologen wurde auch bei Verarbeitung von 14 %igem Gas für die Kalkulation vorausgesetzt.

3.) Energieverbrauch und Heizwertverminderung.

Je 1 kg Acetylen und Homologen wurde ein Verbrauch von 8,5 KWh Hochspannungsenergie eingesetzt. Die Heizwertverminderung wurde nach einer vorläufigen Mitteilung von Herrn Dr. Stadler je 1 kg reines C_2H_2 zu 14 000 K cal vorläufig angenommen. Hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, dass diese Zahl noch zu prüfen bzw. die endgültige und genauere Ermittlung des letzteren Wertes noch vorzunehmen ist.

4.) Anlagekosten.

Die selben wurden auf Grund der Mitteilung der T.A. Lu (Dipl.-Jng.Fischer) vom 1.10.34 und einer telefonischen Mitteilung von Herrn Dipl.-Jng.Fischer (T.A.Lu) zu den aus Anlage 3 ersichtlichen Werten eingesetzt. Es handelt sich um eine rohe vorläufige Schätzung zur Ermittlung der Amortisation, der Reparaturkosten usw. Es wurde vorausgesetzt, dass Schwefelreinigung und Russgewinnung nicht erforderlich sind, jedoch ist nach Mitteilung von Herrn Dipl.-Jng. Fischer für die Russbeseitigung ein Betrag vorgesehen.

C) Voraussetzungen zur Kalkulation der Aldehydgewinnung.

1.) Fabrikationsverfahren.

Das kalkulierte Verfahren gründet sich auf das Höchst-Knapsacker Verfahren (vergl. Besuchsbericht des Ammoniaklaboratoriums Oppau vom 29.12.33; ferner Bericht des Herrn Dr.P.Baumann Op vom 12. Jan. 1934). Herr Dr.Lieseberg hat in technischen Laboratoriumsversuchen (Kleinapparat von 2 Ltr. Inhalt, 0,53 kg Aldehyd in 24 Std.; Apparatur von 200 Ltr. Inhalt in Vorbereitung) das Verfahren dem Betrieb mit verdünntem, 14 - 16 %igem Gas angepasst. (Bericht des Ammoniaklaboratoriums Op, Herr Dr.Lieseberg, No. 1340 vom 28.5.34, weiterer Bericht folgt). Die 6 Stufen des Verfahrens wurden aus Gründen der Weiterentwicklung einzeln kalkuliert. Die Abgrenzung der Stufen ist aus der Stoffbilanz (Anlage 12), die im

Wesentlichen erforderliche Apparatur aus dem Fabrikationsschema (Anlage 13), sowie aus den Kostenschätzungen (Anlage 11) zu ersehen.

2.) Gaskonzentration.

Das Lichtbogengas enthält nach Angabe von Herrn Dr. Stadler ca. 14 - 18 Vol. % C_2H_2 , im Mittel etwa 15-16 Vol. %. Nach Verlassen der Oelwäsche enthält es durch Entzug der Homologen und durch den C_2H_2 -Verlust etwa 13,7 - 17,4 Vol. % C_2H_2 . Die Laboratoriumsversuche wurden von Herrn Dr. Lieseberg mit einem Gas von 14 - 15 %, zeitweise bis 16 Vol. % C_2H_2 durchgeführt. Für die Kalkulation der Umsetzung in Acetaldehyd wurde mit einem C_2H_2 -Gehalt von 14 Vol. % hinter der Oelwäsche, also nahezu mit der unteren Grenze des Acetylengehaltes gerechnet. Die Gaskonzentration beeinflusst hauptsächlich den Dampfverbrauch. 1 Vol. % Konzentrationserhöhung des C_2H_2 bedingt einen Rückgang des Dampfverbrauchs von etwa 6,6 %, d. i. eine Verminderung der Fabrikationsspesen um ca. 9 Pfg. je 100 kg Aldehyd. Auch die Kompressionsenergie bezw. die dadurch bedingten Spesen gehen um 2,2 Pfg. je 100 kg Aldehyd zurück. Der Einfluss auf die Apparatur ist relativ gering.

3.) Ausbeuten.

a) Umsatzapparatur. Die von Herrn Dr. Lieseberg in den genannten Versuchen erzielte Ausbeute an Aldehyd (im Sammelkondensat, vergl. Anlage 12), bezogen auf C_2H_2 , vor der Umsatzapparatur betrug etwa 90 %. Auch die von Herrn Dr. van Taack (Wacker-Verfahren) und von Baton Rouge (Höchst-Verfahren) erzielten Ausbeuten liegen in gleicher Höhe. Die durch diese Ausbeute bedingten Verluste sind

schätzungsweise etwa zur Hälfte als nicht umgesetztes C_2H_2 im Restgas, zur Hälfte in gebildetem Crotonaldehyd, Essigsäure usw. im Kondensat zu finden. Der gleichfalls in diese Verluste eingeschlossene Aldehyd-Verlust im Restgas hinter dem Wäscher (siehe Anlage 12) ist nach dem Betriebsbericht über die 26. Betriebsperiode von Baton Rouge (15.5.34, Seite 8) sehr gering, in der Grössenordnung von ca. 0,75 pro Mille. Um den Einfluss geringerer Ausbeute zu übersehen, wurde die Rechnung auch mit einer Ausbeute der Umsatzapparatur von 85 % durchgeführt.

b) Öelwäsche.

Der Verlust in der Öelwäsche an Reinacetylen wird, wie in der vorläufigen Vergleichskalkulation vom 15.7.34, nach Zahlen von Baton Rouge zu 10 %, somit die Ausbeute der Öelwäsche zu 90 % eingesetzt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass im Betriebsbericht vom 22.11.33, Seite 2, Acetylenverluste von nur 7 %, d.h. 93 %, Ausbeute der Öelwäsche genannt werden, d.h. der in der Kalkulation eingesetzte Verlust von 10 % ist vielleicht etwas zu sicher.

Ferner ist noch zu prüfen, ob ein grösserer Teil des hier als Verlust eingesetzten Acetylens, wie im Fabrikations-schema (Anlage 13) vorgesehen, wieder zurückgenommen werden kann.

c) Destillation.

Die Aldehyd-Verluste in der Destillation sind entgegen den ursprünglichen Erwartungen von Baton Rouge relativ hoch. Sie betragen nach dem Bericht vom 15.5.34 in der 26. Betriebsperiode

In Baton Rouge ca. 2,4 % der täglichen Produktion, das entspricht einer Ausbeute von 97,6 %. Der Verlust ist offenbar durch die grosse, aus dem Boden der Kolonne abziehende Wassermenge bedingt. Dieselbe beträgt bei der Konzentration von $2\frac{1}{2}$ - 3 % des Sammelkondensates ca. 30 - 40 kg je 1 kg Aldehyd. Es ist noch zu prüfen, ob dieser Verlust, der in Knapsack viel geringer ist, auch bei niedrig prozentigem Sammelkondensat noch zu verringern ist, Dies ist auf Grund des Dampfdruckgleichgewichts zu erwarten.

1) Gesamtausbeute.

Die in der Kalkulation zugrunde gelegte Gesamtausbeute an konzentriertem Aldehyd, bezogen auf reines C_2H_2 im Gas des Gasometers der Lichtbogenanlage (d.h. vor den Kompressoren der Oelwäsche) ergibt sich als Produkt der genannten 3 Ausbeuten wie folgt:

Teilausbeuten			Gesamtausbeute
Oelwäsche	Umsatz	Destillation	
90	90	97,6	79,06
90	85	97,6	74,66

Man vergleiche auch die Stoffbilanz, Anlage 13.

2) Heizwertverluste bzw. evtl. Gutschriften.

a) In der Oelwäsche.

Ein Teil der Heizwertverminderung, die in der Kalkulation des Acetylen-Gestehpreises (Anlage 2) zu 14 000 K cal/l kg

C_2H_2 eingesetzt wurde, erscheint wieder im Heizwert der Homologen, die vom Blasegas der Oelwäse aufgenommen werden. Diese im Heizwert rückgewonnene Wärme beträgt mit den Daten der vorliegenden Kalkulation bei voller Rückgewinnung ca. 1200 Kcal je 1 kg C_2H_2 , also ca. 0,6 Pfg. je 1 kg C_2H_2 . Dieser Betrag wurde in der vorliegenden Kalkulation nicht gutgeschrieben, sondern blieb zur Sicherheit als Verlust stehen. Ebenso blieb der vom Blasegas aufgenommene Acetylenverlust als Verlust ohne Gutschrift stehen. Bei 90 % Ausbeute in der Reaktion beträgt diese Wärmemenge 860 Kcal bzw. 0,433 Pfg. je 1 kg Aldehyd.

b) Im Restgas.

In gleicher Weise wurde die durch nicht vollständigen Umsatz mit dem Restgas abziehende Menge C_2H_2 als Verlust betrachtet. Diese Menge ist allerdings unsicher und an sich geringer. Rechnet man mit der aus der Stoffbilanz ersichtlichen niedrigeren Zahl von 2,6 kg C_2H_2 , je 100 kg Aldehyd, so beträgt die Rückgewinnung ca. 300 Kcal, bzw. 0,15 Pfg., je 1 kg Aldehyd. Die beiden zuletzt genannten Beträge erhöhen sich etwas bei nur 85 % Ausbeute in der Reaktion.

Rechnet man die aufgezählten, nicht gutgeschriebenen Beträge auf 1 kg Aldehyd um, so ergibt sich dadurch eine Summe von 1,04 Pfg. je 1 kg Aldehyd, die als Sicherheit in der Kalkulation enthalten ist.

5.) Etwaige Blausäure im Lichtbogengas.

Etwa im Lichtbogengas vorhandene Blausäure, auch in

geringen Mengen, (bei Verarbeitung von Leuchtgas in der Grössenordnung von 0,1 Vol.%), würde infolge von Rückbildung metallischen Quecksilbers in der Umsatzapparatur zu erhöhtem Quecksilberverbrauch führen. Eine Natronlaugewäsche (zweckmässig vor der Kompression) ist nach Mitteilung von Herrn Dr. Lieseberg in diesem Falle anzuraten. Im verflüssigten Propan dürfte nach Angabe von Herrn Dr. Schulz Leuna kaum Stickstoff vorhanden und somit zur Bildung von Blausäure keine Gelegenheit sein. Eine Natronlaugewäsche wurde deshalb in der Kalkulation nicht vorgesehen.

5.) Anlagekosten.

Die Anlagekosten wurden auf Grund der aus der Stoffbilanz und dem Fabrikationsschema (Anlage 12 und 13) zu entnehmenden Unterlagen geschätzt. Hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, dass sich der Inhalt eines einzelnen Reaktionsturmes zu dem des Versuchsapparates wie 1 : 11 400 verhält. Es liegt also ein starker Sprung bei der Maßstabsvergrösserung vor, der durch Versuche in dazwischenliegenden Maßstäben gegebenenfalls noch zu überbrücken wäre. Nach Anfahren der z.Zt. im Bau befindlichen Versuchsapparatur beträgt die Maßstabsvergrösserung nur noch 1 : 114. Andererseits liegen auch Unterlagen aus dem ähnlichen Betrieb in Knappsack vor, so dass die genannte Unsicherheit -wenigstens für die Kalkulation- voraussichtlich nicht zu stark ins Gewicht fallen dürfte, sondern mehr die Fragen der Betriebssicherheit usw. dadurch berührt werden.

Bei der Ermittlung des Reaktionsraumes wurde vorausgesetzt, dass die von Herrn Dr. Lieseberg angegebene Raumzeitausbeute

ohne Weiteres auf grosse Maßstäbe übertragen werden darf.

Der Reaktionsraum ergibt sich laut Stoffbilanz (Anlage 13) für 100 kg stündlicher Aldehyderzeugung zu $3,8 \text{ m}^3$ im Fall a) bzw. zu $9,3 \text{ m}^3$ im Fall b), so dass ziemlich unabhängig von der Ausbeute insgesamt ca. 200 m^3 Reaktionsraum erforderlich werden. Zur Sicherheit wurde der Reaktionsraum etwas grösser angenommen (s. Anlage 11).

Der erforderliche Reaktionsraum wurde in 10 parallel geschalteten Reaktionstürmen aus V_2A angeordnet gedacht. 2 Türme wurden ausserdem als Reserve eingesetzt. Nach Mitteilung der Firma Krupp ist V_2A in Gegenwart von Ferrisalzen gegen dünne Schwefelsäure haltbar. Unsere bisherigen Erfahrungen bei Betriebstemperaturen von 950°C stimmen nach Angabe von Herrn Dr. Lieseberg mit den Krupp'schen Angaben überein.

Die Ermittlung der Apparatekosten in Anlage 11 ist als rohe vorläufige Schätzung aufzufassen, die nur als Unterlage zur Ermittlung der Amortisation, Reparaturkosten usw. dienen soll.

Als Gesamtanlagekosten der 6 Stufen der Aldehydfabrikation ergaben sich einschliesslich eines Gasometers für Restgas, das vielleicht entbehrlich ist, und einem Anteil von ca. 15 % allgemeine Anlagen ca. $\text{M} 3\,100\,000,-$.

7.) Betriebskosten.

a) Energien.

Soweit sich die aufzuwendenden Energien nicht aus den Unterlagen der Stoffbilanz (Anlage 12) ergaben, wurden sie der Anlage 7 der "vorläufigen Vergleichskalkulation" vom 15.7.34 entnommen. Die eingesetzten Energiepreise (nach Angabe der Energiezentrale Lu, Herrn Dipl.-Ing. Giesecke) sind aus den in den Anlagen

und 10a bis f eingesetzten Zahlen zu entnehmen.

b) Hilfsmaterialien zur Kontaktregeneration.

Die eingesetzten Mengen und Preise ergeben sich aus Anlage 5 und der Stoffbilanz (Anlage 12). Die Kosten der Hilfsmaterialien betragen $\text{M } 0,721$ je 100 kg Aldehyd. Hinsichtlich der Stickstoffregeneration ist zu bemerken, dass sich die Anlagekosten derselben (Anlage 11) ohne Anteil "allgemeine Anlagen" auf $\text{CE. } 70\,000,-$ belaufen würden und ihre Bedienung nach Angabe von Herrn Dr. Chr. Beck 1 Mann/Schicht erfordern würde. Die Betriebskosten der N-Regeneration würden somit mindestens $\text{ca. } \text{M } 31\,600,-$ pro Jahr ohne Energien betragen. Mit diesem Aufwand sind je 100 kg Aldehyd $\text{ca. } 0,31$ kg N in dünner HNO_3 , d.h. $59,5$ t N pro Jahr, zu ersparen. Diese Unkosten würden sich also nur lohnen, wenn das kg N mehr als 53 Pfg. kosten würde. Auf die Stickstoffregeneration wurde somit verzichtet und der höhere Stickstoffverbrauch in die Kalkulation eingesetzt.

D) Verbesserungsmöglichkeiten der Verfahren.

Von verschiedenen Seiten, hauptsächlich durch Hochspannungsversuche Op. Dr. P. Baumann, Dr. Stadler und Mitarbeiter, der T.A. Lu und Leuna wurden im Laufe der Entwicklung des Lichtbogen- und Aldehydherstellungsverfahrens Verbesserungsvorschläge gemacht, von welchen einige genannt seien. In die Kalkulation wurden die Vorschläge, da sie nicht genügend durch Versuche gestützt sind, nicht aufgenommen.

1.) Ausnutzung der Wärme des Lichtbogenabgases.

a) Bei drucklosem Betrieb.

Der schon seit 1929 erörterte Vorschlag dürfte bei drucklosem Betrieb bzw. geringem Ueberdruck des Lichtbogenabgases voraussichtlich nur dann praktisches Interesse gewinnen, wenn es gelingt, den vom Gas selbst bei der Wassereinspritzung aufgenommenen Dampf für die Reaktionsstufe der Aldehydgewinnung auszunutzen. Dies setzt voraus, dass die Russabscheidung aus dem etwa 100° heissen Gas erfolgt und dass der Betrieb der Aldehyderzeugung mit ungereinigtem Gas durchführbar ist, da die Auswaschung der Homologen oberhalb 40° bis höchstens 50° mit Waschöl nicht möglich ist. Nimmt man an, dass etwa 4000 Kcal je 1 kg C_2H_2 in der fühlbaren Wärme des Lichtbogenabgases bei der Abkühlung bis ca. 100° verfügbar sind, so entspricht dies einer Dampfentwicklung von ca. 6 - 7 kg Dampf bzw. $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ kg Dampf je 1 kg Aldehyd. Dies ist über die Hälfte des in der Reaktionsstufe (III) erforderlichen Dampfes. Dies würde demnach eine Einsparung von 0,8 Pfg. je 1 kg Aldehyd bedeuten.

b) Bei Betrieb des Lichtbogens unter Druck.

Lässt sich der Lichtbogen unter gesteigertem Ueberdruck betreiben, so dass hinter dem Lichtbogen noch ein Ueberdruck von etwa 3 - 6 atü vorhanden ist, so kann durch Beregnung des heissen dampfhaltigen Gases in Verbindung mit der Russwäsche Heisswasser von ca. $125 - 145^{\circ}C$ gewonnen werden. Durch Entspannung desselben (evtl. in Stufen) lässt sich Dampf mit einem Ueberdruck von etwa $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ atü (bei Stufenentspannung für einen Teil des Dampfes bis

über 2 atü) gewinnen. Das entspannte und teilweise oder ganz von Russ befreite Heisswasser mit einer Temperatur von etwa 110 - 130° ist im Kreislauf wieder der Beregnung bezw. Einspritzung zuzuführen, wo es erneut aufgeheizt wird (siehe Aktennotiz vom 15. Okt. 1934). Je nach dem zu überwindenden Druckunterschied sind für die Wassermwälzung etwa 7 - 14 KWh je 1 t erzeugten Dampfes aufzuwenden. Nach Abzug dieser Energie, jedoch noch ohne Berücksichtigung der Mehrkosten durch die teurere Apparatur, lassen sich auf diese Weise etwa 4 - 6 kg Dampf je 1 kg C_2H_2 gewinnen, was einer Einsparung von ca. 0,6 - 0,9 Pfg. je 1 kg C_2H_2 entspricht. Zweckmässig wird der erforderliche Druck nach D 3 (s.u.) erzeugt.

2.) Gewinnung des Russes aus dem Kühlwasser hinter dem Lichtbogen

Rechnet man, wie in Eaton Rouge, mit einem Russanfall von 50 - 70 kg je 2000 kW-Ofen und 1 Stunde, so ist je 1 kg Reinacetylen 0,287 - 0,338 kg Russ zu erwarten. Lässt sich eine vorteilhaftere Verwendung nicht finden, so kann er nach Aufbereitung durch Schleudern oder Filtrieren der Braunkohle unter den Dampfkesseln zugemischt werden. Bei 60 % Feuchtigkeit ist mit ca. 2100 - 2450 Kcal nutzbarer Wärme im Russ je 1 kg C_2H_2 zu rechnen. Setzt man, wie bei Braunkohle, 1000 Kcal zu ca. 0,12 Pfg. ein, so ergibt sich ein Betrag von ca. 0,25 - 0,30 Pfg. je 1 kg C_2H_2 .

3.) Ausnutzung des Druckes des flüssigen Propanes.

Der Betrieb des Lichtbogenofens mit höherem Ueberdruck ist schon früher vorgeschlagen worden (Versuche bis 12 Atm., vor einigen

Jahren). Ist die Drucksteigerung auf 4 - 5 atü möglich, so werden besondere Kompressoren für die Oelwäsche überflüssig. Auch die Russwäsche ist natürlich unter Druck durchzuführen, wobei durch die unter D lb genannte Entspannung heissen Wassers Dampf zu gewinnen ist. Durch Wegfall der Kompression sind ca. 0,65 Pfg. je 1 kg Aldehyd bzw. 0,87 Pfg. je 1 kg C_2H_2 einzusparen. Hiervon ist natürlich der Aufwand für die etwas teurere Lichtbogen- und Russwäsche in Abzug zu bringen.

4.) Kälteerzeugung durch das flüssige Propan.

Statt der Ausnutzung des Druckes ist auch die Ausnutzung der Verdampfungswärme des Propan bei tiefer Temperatur zur Kälteerzeugung möglich. Bei 3 atü verdampft das Propan bei ca. $-15,5^{\circ}$, bei 2,5 atü bei $-21,5^{\circ}$. Die Verdampfungswärme beträgt 102 Kcal/1 kg. Zieht man hiervon die Flüssigkeitswärme unter $15^{\circ}C$ ab, so können je 1 kg C_2H_2 etwa 290 Kcal Kälte bei -15 bis -20° gewonnen werden. Veranschlagt man diese Kälte nur zu 3 Pfg./1000 Kcal, so ergibt sich eine Einsparungsmöglichkeit von 0,87 Pfg./1 kg C_2H_2 .

5.) Höhere Konzentration des C_2H_2 .

Die Erzeugung eines Lichtbogensgases von höherer Konzentration bringt sowohl für die Erzeugung von C_2H_2 als auch für die Weiterverarbeitung Einsparungen, deren Höhe jedoch z.Zt. noch nicht genügend zu übersehen ist.

6.) Konzentrierungsverfahren für C_2H_2 im Lichtbogengas.

Die Unterlagen für ein solches Verfahren sind durch noch nicht abgeschlossene Versuche von Herrn Dr. Bückert vorläufig ermittelt. Nach vorläufigen Kalkulationen (Leuna, Ia, Op) belaufen sich die Konzentrationskosten je 1 kg C_2H_2 voraussichtlich auf etwa 4 - 5 Pfg. je 1 kg C_2H_2 . Durch Verwendung des aufkonzentrierten C_2H_2 (ca. 80 bis 92 %) ergeben sich Vorteile in der Weiterverarbeitung, die unter anderem in wesentlich geringerem Dampfverbrauch bestehen, in ihrer Gesamtheit jedoch s.Zt. noch nicht abgeschätzt werden können.

7.) Aldehydherzeugung mit ungereinigtem Gas (U-Gas).

Falls gleiche Ausbeute damit möglich ist, fallen die Acetylenverluste (ca. 1,8 Pfg.) und Fabrikationskosten (ca. 0,56 Pfg. je 1 kg Aldehyd) der Oelwäsche weg. Die Fabrikationskosten der Umsatzapparatur (Stufe III) werden jedoch infolge grösserer Umsatz-Apparatur etwas höher (schätzungsweise $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Pfg. je 1 kg Aldehyd). Ausserdem ergibt sich die Möglichkeit, die unter D 1, Seite 12 genannte Wärmenutzung der Lichtbogenabgase vorzunehmen. Der insgesamt zu erwartende Vorteil würde sich somit in der Grössenordnung von 2,4 Pfg. je 1 kg Aldehyd erwarten lassen. Allerdings sind die Ausbeutefrage und der Einfluss auf die Regeneration noch nicht genügend bekannt.

8.) Höhere Belastung des Reaktionsraumes.

Durch bessere Gasverteilung, Betrieb unter Druck usw. ist voraussichtlich die Belastung des Reaktionsraumes zu vergrößern und damit die Größe der Anlage zu verringern.

9.) Ausbeutserhöhung.

Eine weitere Erhöhung der Ausbeute, d.h. eine weitere Annäherung an die Ausbeute von Knapsack (96 - 97 %) erscheint nach dem derzeitigen Stand der Arbeiten nicht unmöglich.

10.) Einsparung der Trennungs- und Reinigungskosten.

Der Betrag für dieselben mit ca. 3,4 Pfg./kg C_2H_2 (siehe Anlage 2) ist relativ hoch. Durch Anwendung eines geeigneten Gases als Ausgangsprodukt ist möglicherweise ein Teil dieser Kosten zu ersparen.

11.) Anwendung eines Verfahrens mit geringeren Betriebskosten.

In der vorläufigen Vergleichskalkulation vom 15.7.34 hat sich das Ansolvosäure-Verfahren (Dr. Rosinsky) infolge wesentlich geringerer Regenerationskosten und geringeren Dampfverbrauchs als vorteilhafter wie das Höchster Verfahren kalkuliert. Die Anlagekosten ergaben sich allerdings etwas höher (18 %). Der Vorteil dieses Verfahrens käme insbesondere zum Ausdruck, wenn die Druck-erzeugung bereits vor dem Lichtbogen durch den Druck des flüssigen Propans geschehen könnte.

Unterstellt man diese Voraussetzungen und nimmt man ferner an, dass die Lichtbogenapparaturn infolge des höheren Ueberdrucks 15 % (Annahme) teurer ist und dass analog dem Ergebnis der vorläufigen Vergleichskalkulation vom 15.7.34 die Umsatzaapparaturn (Stufe III) 53 % teurer, die Kontaktregeneration (Stufe IV) jedoch 54 % billiger ist als beim modifizierten Höchster Verfahren; berücksichtigt man ferner den geringeren Energieverbrauch, lässt jedoch die Bedienungskosten der weggefallenen Kompression als Ersatz für die Bedienung der Russentfernung unter Druck stehen, so ergibt sich folgende rohe, vorläufige Schätzung der möglichen Einsparungen durch Verwendung des Ansolvosäure-Verfahrens ohne Kompression:

Mehrkosten durch teurere Apparaturn	ca. K 0,17
Einsparungen an Energien und Hilfsmaterialien in den Stufen I, III, IV und V	<u>" 2,29</u>
Ueberschuss der möglichen Einsparungen, Pfg. je 1 kg Aldehyd	ca. K 2,12

Hiervon ist etwa die Hälfte auf die Einsparung durch Vorschlag D 3, die Hälfte (roh geschätzt) auf die Verwendung des anderen Verfahrens zurückzuführen.

Bei Betrieb mit U-Gas, der laut Bericht des Ammoniaklaboratoriums (Dr. Rosinsky) über die Verarbeitung von ungereinigtem Lichtbogengas vom 6.9.34 im Kleinversuch durchgeführt wurde, sind weitere Einsparungen möglich. Vergl. hierzu Aktennotiz des Ammoniaklaboratoriums Oppau vom 29.8.34 (Dr. Hegelmann). Durch Wegfall der Fabrikationsspesen der Oelwäsche (0,56 Pfg./1 kg Aldehyd) und Wegfall der Acetylenverluste der Oelwäsche (ca. 1,8 Pfg./1 kg Aldehyd) kommen somit weitere mögliche Einsparungen zu dem oben

genannten Betrag von 2,12 Pfg. hinzu, so dass sich ein Gesamtbetrag von etwa 5 Pfg. je 1 kg Aldehyd ergeben würde.

Es sei nochmals erwähnt, dass die unter D 1 bis 11 genannten Vorschläge nicht in den Zahlen der vorliegenden Kalkulation (Anlagen 1; 2; 5; 6 usw.) berücksichtigt wurden, da hierzu die Ergebnisse weiterer Versuche notwendig erschienen.

E) Ergebnis der vorläufigen Kalkulation.

Für eine Anlage zur Erzeugung von 40 Tonn C₂H₂ aus verflüssigtem Propan nach dem Lichtbogenverfahren und ihre Weiterverarbeitung auf Acetaldehyd stellte sich das Ergebnis der Kalkulation unter den genannten Voraussetzungen wie folgt:

Anlagekosten, einschliesslich Gebäude und 15 % allgemeine Anlagen.

Lichtbogenanlage: ca. M 3 100 000,-

Aldehydfabrikation
mit Gasometer: ca. M 3 100 000,-

Gestehpreise:

bei Strompreis Pfg./KWh	1	1,5
	24,50	29,3
1.) C ₂ H ₂ ohne Homologe (ca. 14-16 %ig im Lichtbogengas) M/100 kg		

2.) Acetaldehyd

bei Strompreis Pfg./KWh	1		1,5	
bei Ausbeute (in Umsatz-Apparatur)	85 %	90 %	85 %	90 %
Gestehpreis je 100 kg Aldehyd in 99 - 99,5 %igem Produkt	27,5	26,1	31,5	29,9

Kosten-Zergliederung s. Anlagen, besonders Anlagen 1, 2, 5 u. 6.

Kegelman.

gez. Wietzel

gez. Grimm

Wietzel

Zusammenstellung der Ergebnisse der Kostenschätzung.

Gestehpreise und Umarbeitungskosten in Mk./100 kg C_2H_2 bzw.
Acetaldehyd.

A) Acetylen (ohne Homologe)

Strompreis Pfg./KWh	1	1,5
Gestehpreis Mk. je 100 kg Acetylen (ohne Homologe)	24,536	29,313

B) Acetaldehyd.

Strompreis Pfg./KWh	1		1,5	
Ausbeute in der Umsatz- Apparatur	85 %	90 %	85 %	90 %
Gesamtausbeute	74,66	79,06	74,66	79,06
C_2H_2 Verluste: in der Ölwäsche 7,92 bzw. 7,48 kg	1,944	1,836	2,321	2,195
Verluste in d. Umsatzappar. gerechnet als C_2H_2 10,69 kg 6,73 kg	2,625	1,652	3,135	1,973
Verluste in der Destillation gerechnet als C_2H_2 1,45 kg	0,356	0,356	0,425	0,425
Gesamte Verluste, gerechnet als C_2H_2 ; 20,6 bzw. 15,66 kg	4,925	3,844	5,881	4,593
Fabrikationsspesen und Hilfsmaterialien . . .)	8,106	7,742	8,316	7,942
Umarbeitungskosten je 100 kg Aldehyd	13,031	11,586	14,197	12,535
Acetylen-Verbrauch 59,1 kg	14,500	14,500	17,320	17,320
Voraussichtlicher Gestehpreis je 100 kg Aldehyd +)	27,531	26,086	31,517	29,855

+) Die Rechnung wurde grundsätzlich bis auf 3 Dezimalen durchgeführt, um Vervielfältigungen von Fehlern bei Multiplikationen u. Summierungen zu vermeiden. Die Anzahl der Dezimalen ist jedoch kein Maßstab für die mögliche Fehlergrenze. Das Endresultat ist bei Weiterverwendung auf höchstens 1 Stelle hinter dem Komma abzurunden.

Voraussichtliche Fabrikationsspesen und Gestehtpreis

je 100 kg Acetylen ohne Homologe (ca. 14-16 % C_2H_2 im Lichtbogen-abgas)

Voraussetzungen. (s.S. 1 -) 1. Verbrauch von 3 kg Propan
je 1 kg C_2H_2 plus Homologe.

2. Gehalt an Homologen: 89 kg C_2H_2 in 100 kg (C_2H_2 + Homologen)

3. Angenommene Produktion: 40 Tajo C_2H_2 (ohne Homologe) bzw.
14 400 Tajo (360 Betriebstage)

	Mk./100 kg C_2H_2
1) Trennungskosten (s.S. 3)	3,372
2) Heizwertverminderung 1 400 000 Kcal (s.S. 3)	7,000
3) Gehaltsanteil	0,137
4) Löhne; 7 Mann/Schicht bzw. 0,42 h (s.Anlage 4)	0,370
5) <u>Energien:</u> Umsetzung (8,5 KWh/1 kg C_2H_2 + Hom.) = 955 KWh	9,550
Rußbeseitigung, Pumpe 0,6 "	0,003
Kühlwasser 25 cbm	0,248
Stickstoffgas etc. (geschätzt)	0,030
	0,037
6) Betriebsmaterial	
7) Reparaturen Mk. 161 200.- pro Jahr (s.Anlage 4)	1,120
8) Laboratoriumskosten	0,037
9) Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz	0,468
	0,258
10) Steuern	
11) Amortisation Mk. 274 500.- pro Jahr (s.Anlage 4)	1,906

Voraussichtlicher Gestehtpreis, Mk. je 100 kg C_2H_2 (oh. Hom.) 24,536
in 14-16 %igem Lichtbogen-abgas

Bei einem Strompreis von 1,5 Pfg/KWh erhöht sich der Gestehtpreis auf Mk. 29,313 +)

+) Bei Weiterverwendung ist das Endresultat auf 1 Stelle hinter dem Komma abzurunden, vgl. Fußnote zu Anlage 1.

Anlage 3.

Lichtbogenanlage

für 40 Tato C_2H_2 (ohne Homologe) aus Propan.

Anlagekosten auf Grund der Mitteilung der T.A.Iu vom 1.10.34
und Ergänzung derselben laut telefonischer Absprache mit
Herrn Dipl.Ing.Fischer.

(Überschlägige Schätzung zur Ermittlung der davon abhängigen
Anteile der Betriebskosten)

1) Gleichrichteranlage

8 + 1 Gleichrichter je 2000 KW . . . RMk. 1 700 000.-

2) Lichtbogenofenanlage

8 + 2 Lichtbogenöfen je 2000 KW ohne
Schwefelreinigung u. ohne Rußgewinnung
jedoch einem Zuschlag zur Rußbeseiti-
gung . . . " 850 000.-

3) Gasbehälter

7 500 cbm mit Zubehör . . . " 150 000.-

RMk. 2 700 000.-

Zuschlag für allgemeine Bauten ca. 15 % " 400 000.-

Gesamte Anlagekosten ca. RMk. 3 100 000.-

Lichtbogen - Verfahren.

Anlage 4.

(Unterlagen zu den Fabrikationsspesen)

Bedienung bei angefahrenem Betrieb

Gleichrichteranlage	1 Mann je Schicht
Lichtbogenöfen, Gasregulierung	2 " " "
" , Auswechseln der Flammrohre	2 " " "
Rußbeseitigung u. Sonstiges	1 " " "
Reserve	1 " " "

Sa. 7 Mann je Schicht
bezw. 168 h/Tag.

d.i. 0,42 Arbeitsstunden je 100 kg C_2H_2 ohne Homologe
(Hierzu ein Schichtmeister; Verrechnung auf Gehaltskonto)

Die Haltbarkeit der Flammrohre wird zu ca. 50 h angenommen, so daß durchschnittlich alle 7 h ein Flammrohr auszuwechseln ist, wofür 3 h Zeit mit 2 Mann gerechnet werden. Die beiden Arbeiter sind somit nur zum Teil damit beschäftigt und führen in der übrigen Zeit sonstige Reparaturen aus.

Reparaturen

Mk. pro Jahr

<u>Gleichrichteranlage:</u>	Apparate-Konto	2 1/2 % v. 1 500 000=	37 500
	Bau-Konto	2 % von 200 000=	4 000

<u>Lichtbogenöfen:</u>	Material für Flammrohre und Graphit		
	ca. Mk. 0,8 je 1 h u. 1 Ofen=8x8700·0,8=		55 700

<u>Allgemeine Reparaturen:</u>	Apparate-Kto.	5 % von Mk. 750 000	= 37 500
	Bau-Kto.	2 % " " 100 000	= 2 000

<u>Gasbehälter:</u>	3 % von Mk. 150 000.-		= 4 500
<u>Allgemeine Anlagen:</u>	5 % " " 400 000.-		= 20 000

Reparaturkosten pro Jahr Sa. Mk. 161 200

d.i. je 100 kg Acetylen (ohne Homologe) Mk. 1,12

Amortisation:

Apparate-Konto	Mk. 1 500 000.-		
"	750 000.-		
"	100 000.-		
Sa. Mk.	2 370 000.-	hiervon 10 % =	237 000

Bau-Konto	Mk. 200 000.-		
"	100 000.-		
"	50 000.-		
"	400 000.-		
Sa. Mk.	750 000.-	hiervon 5 % =	37 500

Amortisation pro Jahr Mk. 274 500

d.i. je 100 kg Acetylen (ohne Homologe) Mk. 1,906

Acetaldehyderzeugung aus Lichtbogenacetylen Anlage 5.

Produktion 53,5 Tato bzw. 19 260 Jato bei 360 Betriebstagen.

Ansammensetzung der Fabrikationsspesen der Stufen I bis VI einschl. Hilfsmaterialien abhängig vom Strompreis und Ausbeuten (je 100 kg Aldehyd)

Bei einem Strompreis von		1 Pfg./KWh		1,5 Pfg./KWh	
Bei einer Ausbeute in der Umsatzapparat von		85 %	90 %	85 %	90 %
Stufe I	Kompressoren	Mk. 0,687	Mk. 0,647	Mk. 0,857	Mk. 0,807
"	II Ölwäsche	0,593	0,561	0,605	0,573
"	III Umsatz	3,333	3,150	3,343	3,150
"	IV Kontaktregeneration mit Hilfsmaterialien	1,392	1,354	1,410	1,382
"	V Kondensation, Kühlung, Waschung	0,767	0,722	0,767	0,722
"	VI Destillation	1,324	1,298	1,334	1,308
Fabrikationsspesen der Stufen I bis VI einschl. Hilfsmaterialien je 100 kg Aldehyd		Mk. 8,106	Mk. 7,742	Mk. 8,316	Mk. 7,942

Hilfsmaterialien zur Kontaktregeneration je 100 kg Aldehyd
(Vgl. Vorläufige Vergleichskalkulation v. 15.7.34, Seite 9)

	Menge	Preis Mk. je 100 kg des Materials	Kosten je 100 kg Al- dehyd
Quecksilber	0,1 kg	Mk. 420.-	Mk. 0,420
N in HNO ₃ (45 %ig)	0,488 kg ⁺⁾	" 30.-	" 0,147
Schwefelsäure	1,1 kg	" 4,40	" 0,049
Eisensulfat	3,5 kg	" 3,00	" 0,105

Hilfsmaterialien je 100 kg Aldehyd Sa. Mk. 0,721

Mit N-Rückgewinnung reduziert sich der N-Verbrauch auf ca. 0,178 kg je 100 kg Aldehyd.

Anlage 6.Aldehyderzeugung aus Lichtbogenacetylen (53,5 Tato Aldehyd)

(Basis Leuna)

Gesamt-Kalkulation:

Anlagekosten:	Apparatur	RM 1 973 000,-
	Bauanteil	587 000,-
	Anteil allg. Anlagen	382 000,-
	Gesamt	RM 2 942 000,-

RM/100 kg

Fabrikations-Spesen je 100 kg Aldehyd von Stufe I bis VI.

Gehaltsanteil

0,161

Löhne 0,4935 h

0,434

Energien	1) Dampf 1,352 t, 1,80 RM/t = RM 2,433	
	2) Strom 39,9 KWh, 1 Pfg./KWh = RM 0,399	
	3) Heizgas 600 Kcal, 0,5 Pfg./1000 Kcal = RM 0,003	
	4) Wasser 35,7 cbm, 0,983 Pfg./cbm = RM 0,350	
	5) Pressluft, Stickstoff etc. = RM 0,050	3,235

Reparaturen jährlich RM 207 020,-

d.i. 1,075

Betriebsmaterial

0,043

Laboratoriumskosten

0,044

Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz

0,430

Steuern jährlich RM 35 290,-

d.i. 0,183

Amortisation jährlich RM 252 000,-

d.i. 1,309

Spesenanteil für Gasometer (s. Anlage 9)

0,107

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd von Stufe I bis VI Sa RM/100 kg

7,021

Hierzu kommen an Hilfsmaterialien für Stufe IV (s. Anlage 5)

0,721

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd von Stufe I bis VI mit Hilfsmaterialien

Sa RM/100 kg 7,742

Anlage 7.

Acetaldehyderzeugung aus Lichtbogenacetylen.

Produktion 53,5 Tato Acetaldehyd.

(Modifiziertes Höchster Verfahren).

Belegschaftsliste und Lohnstundenverteilung:

	Mann pro Schicht	Stunden pro Tag	Verteilung der Lohn- stunden von Lager und Reserve	zu verrechnende Lohn- stunden pro Tag	pro 100 kg Aldehyd
Stufe I	1	24	2	26	0,0486
Stufe II	2	48	8	56	0,1047
Stufe III	4	96	4	100	0,1869
Stufe IV	1	24	8	32	0,0598
Stufe V	1 }	{ 10	14	24	0,0449
Stufe VI		{ 14	12	26	0,0486
Tank-Lager etc. 1		24	-	-	
Reserve	1	24	-	-	
Gesamt	11 Mann p. Schicht	264 h p. Tag	48 h	264 h pro Tag	0,4935 h p. 100 kg

Zusammenstellungder Anlagekosten der Aldehyderzeugung aus Lichtbogenacetylen.

(Rohe Schätzung, nur zur Ermittlung der Amortisation)

(Basis Leuna)

Produktion 53,5 Teto bzw. 19 260 Jato Aldehyd bei 360 Betriebstagen.

	Bau-Anteil	Apparatur	ca. 15% Anteil allgem. Anlagen	Gesamt
I Kompressoren	69 000,-	176 000,-	37 000,-	282 000,-
II Ölwäsche	65 000,-	225 000,-	43 000,-	333 000,-
III Umsatz	220 000,-	850 000,-	160 000,-	1 230 000,-
IV a) Kontaktrege- neration ohne HNO ₃ Rückgewinnung	63 000,-	212 000,-	41 000,-	316 000,-
b) Kontaktrege- neration mit HNO ₃ Rückgewinnung (76 000,-)	(76 000,-)	(269 000,-)	(52 000,-)	(397 000,-)
V Kondensation, Kühlung, Waschung	90 000,-	280 000,-	55 000,-	425 000,-
VI Destillation	80 000,-	230 000,-	46 000,-	356 000,-
Kosten der Stu- bis VI :	587 000,-	1 973 000,-	382 000,-	2 942 000,-
ster:	50 000,-	100 000,-	-	150 000,-

Sa. ohne HNO₃ Rückgewinnung

also rund

£ 3 092 000,-
£ 3 100 000,-
£ (3 173 000,-)

Sa. mit " "

Die HNO₃Rückgewinnung erfordert nach Seite 11 grössere Betriebskosten, als der Wert der rückgewonnenen HNO₃ darstellt. Es wird deshalb für Leuna keine N-Rückgewinnung gerechnet.

Fabrikations-Spesen des Gasometers.

und die Verteilung auf die Fabrikationsstufen I bis IV.

Die Anlagekosten des Gasometers von 150 000,—
verteilen sich schätzungsweise auf:

Apparatekonto	100 000,—
Baukonto	50 000,—

Fabrikations-Spesen:

Reparaturen 3 % von 150 000,—	4 500,—
Amortisation 10 % " 100 000,—	10 000,—
5 % " 50 000,—	2 500,—
Steuern und 2,4 % " 150 000,—	3 600,—
Feuerschutz	

d.i.

A/Jahr 20 600,—

oder je 100 kg Aldehyd 0,107

Hiervon werden auf die Stufen

I, II, V, VI je

0,018

ferner auf Stufe III

0,035

verrechnet.

Anlage 10a.

Stufe I Kompressoren:

Anlagekosten: Apperatur	£	176 000,-
San. Baukosten-		
teil	"	69 000,-
Anteil all-		
gemeine An-		
lagen	£	37 000,-
Gesamt	£	282 000,-

Fabrikations-Spesen je 100 kg Aldehyd

£/100 kg

Gehaltsanteil

0,016

Löhne 0,0486 £

0,043

Energien: Strom 32 KWh à 1 Pfg = £ 0,32
Wasser 0,66 cbm " 0,983 Pf = 0,006

0,326

Reparaturen	3 %	von 120 000,-	=	6 000,-	£
	3 %	" 56 000,-	=	1 680,-	"
	2 %	" 69 000,-	=	1 380,-	"
	5 %	" 37 000,-	=	1 850,-	"

jährlich £ 10 910,- d.i. 0,057

Betriebsmaterial

0,004

Laboratoriumskosten

0,004

Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz

0,042

Steuern, vor jährlich £ 3 384,-

d.i. 0,018

Amortisation	10 %	von 176 000,-	=	17 600,-	£
	5 %	" 106 000,-	=	5 300,-	"

jährlich £ 22 900,- d.i. 0,119

Spesenanteil für Gasometer (s. Anlage 9)

0,018

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd Sa.

£ 0,647.

Anlage 10b.

Stufe II. Ölwäsche:

Anlagekosten:	Apparatur	£ 225 000,-
	Dauanteil	" 65 000,-
	Anteil allg. Anlagen	" 43 000,-
	Gesamt	£ 333 000,-

Fabrikations-Spesen je 100 kg Aldehyd

£/100 kg

Gehaltsanteil

0,035

Löhne 0,1047 £

0,092

Energien: Strom 2,4 kWh & 1 Pfg

0,024

Reparaturen: 10 % von 225 000,- = £ 22 500,-

2 % " 65 000,- = " 1 300,-

5 % " 43 000,- = " 2 150,-

jährlich £ 25 950,- d.i. 0,135

Betriebsmaterial

0,009

Laboratoriumskosten

0,009

Allgemeine Fabrikankosten, Feuerschutz

0,075

~~Steuern, ver~~ jährlich £ 3 095,-

d.i. 0,021

Amortisation 10 % von £ 225 000,- = £ 22 500,-

5 % " " 108 000,- = " 5 400,-

jährlich £ 27 900,- d.i. 0,145

Speesenanteil für Gasometer (s. Anlage 9)

0,018

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd sa.
ohne Ölverbrauch, dieser ist z. St. noch unbekannt.

£ 0,561

Anlage 10c.Laufe III Umsatz:

Anlagekosten:	Apparatur	£	850 000,-
	Bauanteil	"	220 000,-
	Anteil allg.		
	Anlagen	"	160 000,-
Gesamt		£	1 230 000,-

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd£/100 kg

Gehaltsanteil

0,061

Löhne 0,1869 h

0,164

Energien: Dampf 834 kg, à 1,80 £/t = £ 1,59
 Stickstoffgas geschätzt = " 0,03

1,620

Reparaturen 10 % von £ 710 000,- = £ 71 000,-
 2 % " " 140 000,- = " 2 800,-
 2 % " " 220 000,- = " 4 400,-
 5 % " " 160 000,- = " 8 000,-

jährlich £ 86 200,- d.i.

0,447

Betriebsmaterial

0,017

Laboratoriumskosten

0,018

Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz

0,171

Steuern, vor jährlich £ 14 760,-

d.i.

0,077

Amortisation 10 % von 850 000,- = £ 85 000,-
 5 % " 380 000,- = " 19 000,-

jährlich £ 104 000,- d.i.

0,540

Spesenanteil für Gasometer (s. Anlage 9)

0,035

Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd

Sa.

£ 3,150

Anlage 10d.Stufe IV Kontaktregeneration:

Anlagekosten:	Apparatur	£	212 000,-
	Bauanteil	"	63 000,-
	Anteil allg.		
	Unkosten	"	41 000,-
	Gesamt	£	316 000,-

Fabrikations-Spesen je 100 kg Aldehyd£/100 kg

Gehaltsanteil			0,019
Löhne 0,0598 h			0,053
Energien: Dampf 43 kg, £ 1,80 d.t =	0,077		
Strom 3,5 KWh à 1 Pfg =	0,035		
Wasser 7 cbm à 0,983 Pfg =	0,069		
Heizgas 600 kcal, 0,5 Pfg			
/1000 kcal =	0,003		
Preßluft geschätzt =	0,010		0,194
Reparaturen 10 % von 212 000,- =	£ 21 200,-		
2 % " 63 000,- =	" 1 260,-		
5 % " 41 000,- =	" 2 050,-		
jährlich	£ 24 510,-	d.i.	0,127
Betriebsmaterial			0,005
Laboratoriumsunkosten			0,005
Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz			0,050
Steuern, vor jährlich £ 3 790,-		d.i.	0,020
Amortisation 10 % von £ 275 000,- =	£ 27 500,-		
5 % " " 104 000,- =	" 5 200,-		
jährlich	£ 32 700,-	d.i.	0,170
Fabrikationsspesen je 100 kg Aldehyd	Sa.	£	0,643
hierzu kommen Hilfsmaterialien (s. Anlage 5)		"	0,721
Fabrikationsspesen mit Hilfsmaterialien je 100 kg Aldehyd		£	1,364

Anlage 10e.Stufe V Kondensation, Kühlung, Waschung:

Anlagekosten:	Apparatur	Mk. 280 000.-
	Bauanteil	" 90 000.-
	Anteil allg. Anlagen	" 55 000.-
		<u>Mk. 425 000.-</u>

<u>Fabrikationspesen je 100 kg Aldehyd</u>		<u>Mk./100 kg</u>
Gehaltsanteil	.	0,014
Löhne 0,0449 h	.	0,039
Energien Wasser 22 cbm à 0,983 Pfg.	.	0,216
Reparaturen:		
10 % von 280 000.-	= 28 000.-	
2 % " 90 000.-	= 1 800.-	
5 % " 55 000.-	= 2 750.-	
	<u>jährlich Mk. 32 550.-</u>	<u>d.i. 0,169</u>
Betriebsmaterial	.	0,004
Laboratoriumskosten	.	0,004
Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz	.	0,049
Steuern, von jährlich Mk. 5 100.-	.	<u>d.i. 0,026</u>
Amortisation 10 % von 280 000.-	= 28 000.-	
5 % " 144 000.-	= 7 200.-	
	<u>jährlich Mk. = 35 200.-</u>	<u>d.i. 0,183</u>
Spesenanteil für Gasometer (siehe Anlage 9)		0,018
Fabrikationspesen je 100 kg Aldehyd	.	<u>Sa. Mk. 0,722</u>

Stufe VI Destillation:Anlage 10f

Anlagekosten:	Apparatur	Mk. 230 000.--
	Bauanteil	" 80 000.--
	Anteil allg. Anlagen	" 46 000.--
	Gesamt	Mk. 356 000.--

Fabrikations-Spesen je 100 kg AldehydMk./100 kg

Gehaltsanteil	0,016
Löhne 0,0486 h	0,043

Energien:

Dampf 425 kg	Mk. 1,80/t	= 0,766	
Strom 2 KWh à 1 Pfg.		= 0,020	
Wasser 6 cbm à 0,983 Pfg.		= 0,059	
Stickstoff geschätzt		= 0,01	
			0,855

Reparaturen:

10 % von 230 000.--	= 23 000.--	
2 % " 80 000.--	= 1 600.--	
5 % " 46 000.--	= 2 300.--	
jährlich Mk. 26 900.--	d.i.	0,140

Betriebsmaterial	0,004
------------------	-------

Laboratoriumsunkosten	0,004
-----------------------	-------

Allgemeine Fabrikunkosten, Feuerschutz	0,045
--	-------

Steuern, jährlich Mk. 4260.--	d.i.	0,021
-------------------------------	------	-------

Amortisation:

10 % von 230 000.--	= 23 000.--	
5 % " 126 000.--	= 6 300.--	
jährlich Mk. 29 300.--	d.i.	0,152

Spesenanteil für Gasometer (siehe Anlage 9)	0,018
---	-------

Fabrikationspesen je 100 kg Aldehyd	Sa. Mk. 1,298
-------------------------------------	---------------

Es ist zu bemerken, daß ausserdem die Aldehydverluste in der Destillation zu 2,45 kg je 100 kg Aldehyd einzusetzen sind (siehe Stoffbilanz).

Aldehyd-Gewinnung aus Lichtbogenacetylen Anlage 11.

Höchstes Verfahren modifiziert nach Dr. Lieseberg

Standort: Leuna

Produktion: 53,5 Tatro, d. i. 19 260 Tatro bei 360 Betriebs-
tagen (40 Tatro C_2H_2).

Ungefähre Anlagekosten in Anteilen der einzelnen Stufen
(rohe Schätzung zur Ermittlung der Amortisation)

I. Kompressoren.

Pos. 1.	2+1 Kompressoren je 5700 cbm/h	Mk.	90 000.-
	2+1 Motoren je 450 KW	"	60 000.-
" 2.	Abscheider	"	12 000.-
" 3.	Nachkühler	"	6 000.-
	Elektrische Installation	"	5 000.-
	Meßinstrumente, Geräte	"	3 000.-
Apparate:			Mk. 176 000.-
Bauanteil:			" 69 000.-
			Sa. Mk. 245 000.-

II. Ölwäsche.

Pos. 4.	4 Gasölwascher 30 Böden 1800 mm Ø	Mk.	48 000.-
" 5.	4+1 Gasölpumpen je 115 cbm, 66 m Fl. Säule	"	7 500.-
	4+1 Motoren je 50 KW	"	18 000.-
" 6.	4 Ausgaser	"	36 000.-
" 7.	1 Behälter 25 cbm für Wascher (einschliess- lich Fundament)	"	5 000.-
" 8.	1 " 25 cbm " Entgaser(" " ")	"	5 000.-
" 9.	2 Lagertanks je 230 cbm (einschl. Fundament)	"	32 000.-
	Rohrleitungen	"	32 000.-
	Montagebeihilfe, Fundamente	"	8 000.-
	Elektrische Installation	"	7 000.-
	Meßinstrumente u. Geräte	"	5 000.-
	Unvorhergesehenes	"	21 500.-
Apparate:			Mk. 225 000.-
Bauanteil:			" 65 000.-
			Sa. Mk. 290 000.-

III. Acetylen - Umsatz.

Pos.10.	10+2 Kontakttürme, V ₂ A, drucklos, 8 mm V ₂ A-Blech, je 2,2 m l.Ø, 6 m Reaktionshöhe = 22,8 cbm Reakt. Raum	Mk.	428 000.-
" 11.	10+2 Quecksilberlösetürme, V ₂ A, je 8 m hoch, 0,6 l.Ø, 5 mm Blechstärke, drucklos	"	59 000.-
" 12.	2+2 Wärmeaustauscher je 25 qm, z.T. aus V ₂ A, je 340 m Rohre 28 mm Aussen Ø mit 2 mm Wand- stärke	"	22 000.-
" 13.	4+2 Pumpen, je 80 cbm/h, V ₂ A,	"	14 400.-
	4+2 Motoren je 4,5 KW	"	4 800.-
	Rohrleitungen	"	180 000.-
	Isolation	"	17 000.-
	Montagebeihilfe, Fundamente	"	22 000.-
	Elektrische Installation	"	14 000.-
	Meßinstrumente, Geräte	"	10 000.-
	Unvorhergesehenes	"	78 800.-
	Apparate:	Mk.	850 000.-
	Bauanteil:	"	220 000.-
		Sa. Mk.	1 070 000.-

NB. Bei der Möglichkeit, die Kontakttürme

aus 12 mm Eisenblech mit 5 mm V₂A -

Blech ausgekleidet auszuführen, wird

die Anlage billiger und zwar um

~ Mk. 110 000.- bis Mk. 120 000.-.

IVa. Kontakt - Regeneration.

Pos.14.	12+2 Quecksilber-Pumpen je 4 cbm/h	Mk.	8 000.-
	12+2 Motoren je 7,5 KW (Verbrauch je 6 KW) (bei 50 % Wirkungsgrad)		17 000.-
" 15.	12 Abscheider	Mk.	4 800.-
" 16.	2 Dosiergefäße mit je 6 Dosierungen	"	2 400.-
" 17.	2 Ausgaser je 6 cbm mit Tauchglocke	"	8 000.-
" 18.	2 ausgemauerte Gefäße à 15 cbm (Spitz-Zyl.)	"	18 000.-
" 19.	2+1 V ₂ A Pumpen je 6 cbm/h	"	4 500.-
	2+1 Motoren je 4,5 KW, n = 3000	"	1 200.-
" 20.	1 Hochbehälter V ₂ A	"	3 500.-
" 21.	1 Hochbehälter für HNO ₃ , 6 cbm, aus Sandstein	"	2 000.-
" 22.	1 Oxydationsturm 900 mm Ø, 10 m hoch	Mk.	8 400.-
" 23.	1 Nachentgaser 12 cbm Inhalt	"	7 000.-
" 24.	2 ausgemauerte Gefäße je 80 cbm, 5 m Ø, 5 m hoch	"	23 000.-
" 25.	2+1 Pumpen	"	4 500.-
	2 + 1 Motoren	"	1 200.-
" 26	1 Vorwärmer V ₂ A	"	2 500.-
" 27	1 HNO ₃ Vorratsgefäß zum Hochbehälter Pos.12	"	1 800.-
" 28	1+1 Pumpen V ₂ A	"	3 500.-
	1+1 Motoren je 3 KW	"	900.-
" 29	1 Blechschlot 250 mm Ø, 15 m hoch aus V ₂ A-Blech	"	1 200.-
	Rohrleitungen	"	28 000.-
	Isolation	"	4 000.-
	Montagebeihilfe, Fundamente, Grube	"	7 000.-
	Elektrische Installation	"	5 600.-
	Meßinstrumente, Geräte	"	4 500.-
	Unvorhergesehenes	"	17 500.-
	Apparate:	Mk.	190 000.-
	Bauanteil:	"	63 000.-
		Sa. Mk.	253 000.-

IVb Quecksilberdestillation.

Pos. 30	Quecksilberofen mit Muffel	£	4 500,—
" 31	1 Gaskühler	"	3 500,—
" 32	1 Quecksilbergefaß	"	600,—
" 33	2 Waschtürme	"	3 600,—
" 34	2 Gefäße für H ₂ O	"	1 200,—
" 35	1 Ventilator	"	750,—
	1 Motor zum Ventilator	"	450,—
	Rohrleitungen	"	3 000,—
	Isolation	"	500,—
	Montagebeihilfe, Fundamente	"	800,—
	Elektr.Installation	"	600,—
	Meßinstrumente, Geräte	"	500,—
	Unvorhergesehenes	"	2 000,—
Apparate:	Sa.:	£	22 000,—
Kontaktregeneration ohne NO ₂ Absorption.		"	275 000,—

IVc Absorption für nitrose Gase (wird nicht eingesetzt)

1 Kühler, V ₂ A, 80 cm	£	20 000,—
1 Absorptionsturm 900 mm Ø, 15 m hoch	"	7 800,—
Vorratsgefäß für dünne Säure	"	3 600,—
1 + 1 Pumpen V ₂ A	"	3 500,—
1 + 1 Motoren je 3 KW	"	900,—
Rohrleitungen	"	9 500,—
Montagebeihilfe, Fundamente	"	3 000,—
Elektr.Installation	"	2 000,—
Meßinstrumente, Geräte	"	1 000,—
Unvorhergesehenes	"	5 700,—
Apparate:		£ 57 000,—
Bauanteil:		" 13 000,—
Sa.:		£ 70 000,—

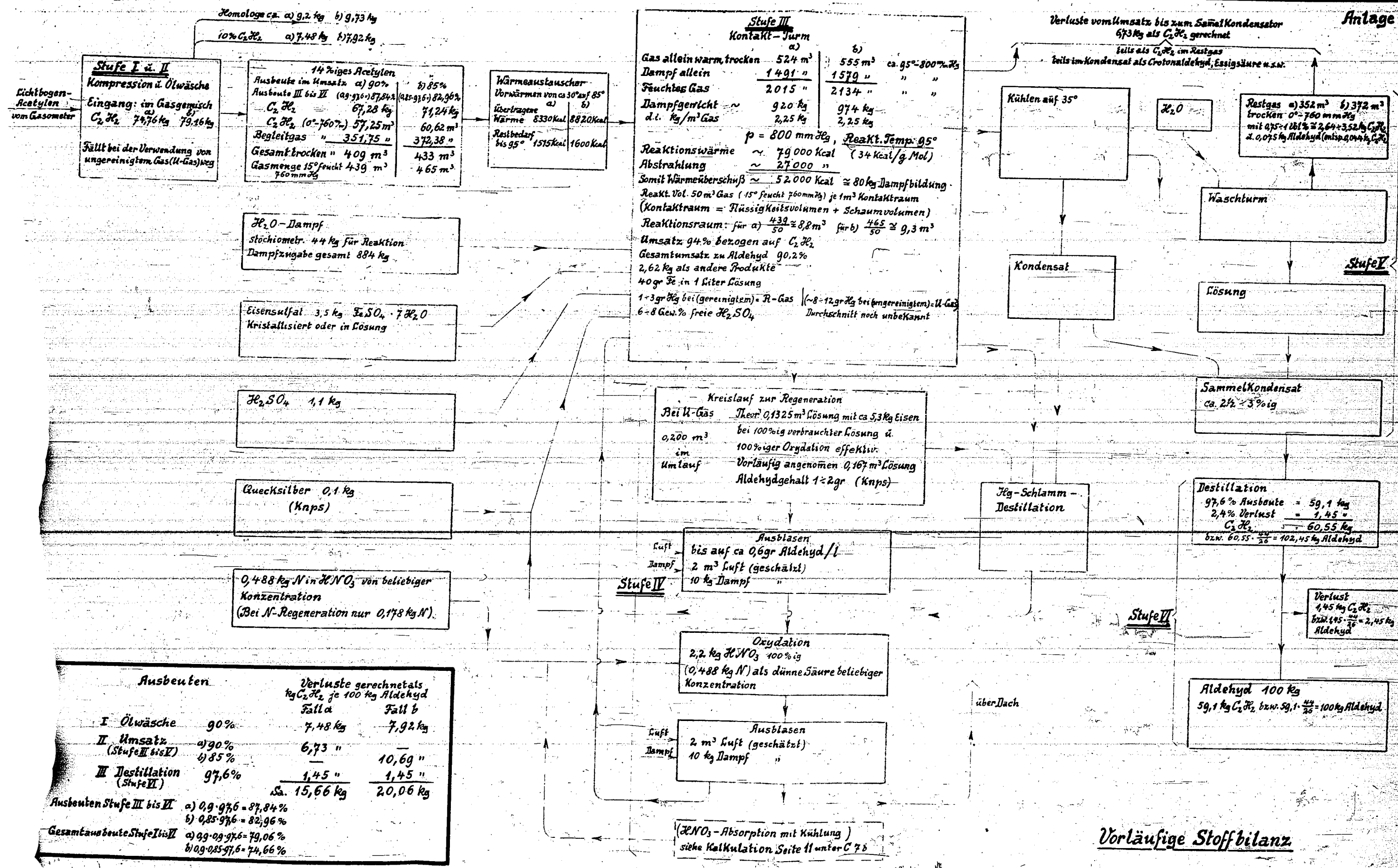
V. Kondensation.

Pos. 36	1 Waschturm 48 cbm, 2 m Ø, 15 m hoch mit 25 cbm Raschigringen	£ 9 600,—
" 37	2 + 1 Kühler je 320 qm	" 42 000,—
" 38	2 Kühler je 320 qm	" 28 000,—
" 39	1 + 1 Pumpen für je 250 cbm, h = 25 m	" 4 000,—
	1 + 1 Motoren je 40 KW (Verbr. 30 KWh)	" 6 400,—
" 40	1 Behälter (einschl. Fundament) 25 cbm	" 5 000,—
" 41	1 " (" ") 25 "	" 5 000,—
" 42	4 Waschtürme je 1,75 m Ø	" 44 000,—
" 43	2 + 2 Pumpen je 50 cbm, h = 25 m	" 2 400,—
	2 + 2 Motoren je 7,5 KW, n = 1000	" 3 600,—
" 44	3 Tanks je 230 cbm (einschl. Fundament zu je 3 000,— £)	" 48 000,—
	<u>Rohrleitungen</u>	" 36 000,—
	<u>Montagebeihilfe, Anstriche</u>	" 9 000,—
	<u>Elektr. Install. und Beleuchtung</u>	" 5 000,—
	<u>Messinstrumente, Geräte</u>	" 6 000,—
	<u>Unvorhergesehenes</u>	" 26 000,—
<u>Apparate:</u>		£ 280 000,—
<u>Bauanteil:</u>		" 90 000,—

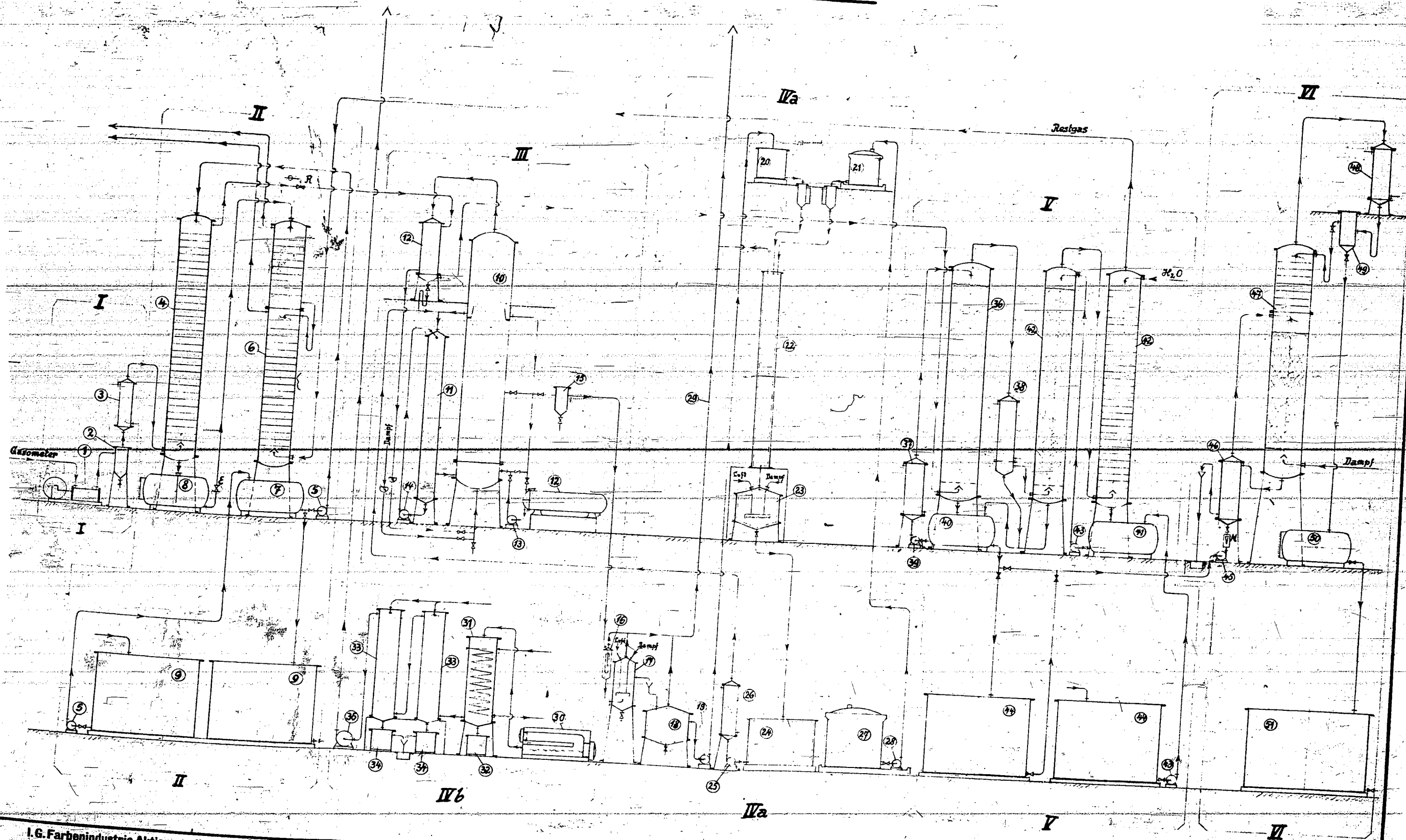
Sa.: £ 370 000,—

VI. Destillation.

Pos. 45	4 + 1 Flüssigkeitspumpen je 20 cbm, h = 30 m	£ 2 000,--
	4 + 1 Motoren je 3 KW, n = 1500	" 2 000,--
" 46	4 Wärmeaustauscher je 40 qm	" 14 000,--
" 47	4 Destillations-Kolonnen	" 88 000,--
" 48	4 Rücklaufkondensatoren	" 9 200,--
" 49	4 Abscheider	" 2 400,--
" 50	Sammelgefäß, 25 cbm	" 5 000,--
" 51	2 Tanks für fertigen Aldehyd je 230 cbm (einschl. Fundament zu je 3000,--£)	" 32 000,--
	Rohrleitungen	" 35 000,--
	Montagebeihilfe, Fundamente	" 7 000,--
	Elektr. Installation u. Beleuchtung	" 5 000,--
	Meßinstrumente, Geräte	" 5 000,--
	Unvorhergesehenes	" 33 400,--
Apparate:		£ 230 000,--
Bauanteil:		£ 80 000,--
		Sa.: £ 310 000,--



Vorläufiges Fabrikations-Schema



I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN-Format A3 (297x420)

P413

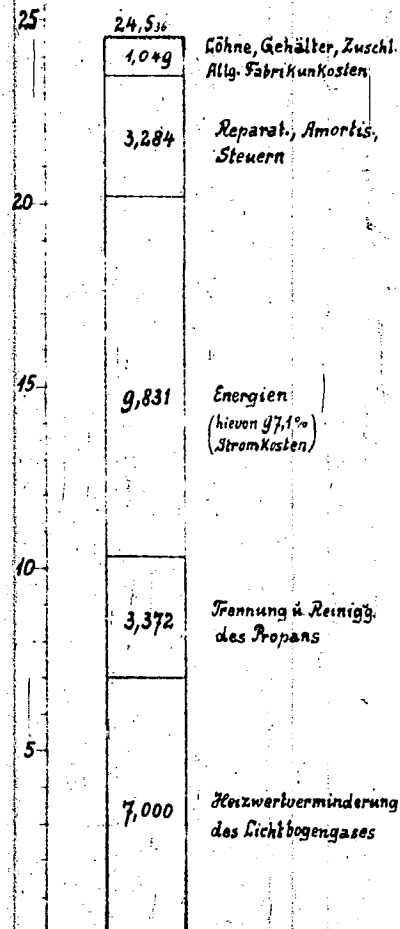
Projekte-Büro Oppau

19. I. 34
Krick

N 211-8

A. Acetylen

Produktion 40 Tato
Ausgangsprodukt Propan
Strompreis 12 je kWh

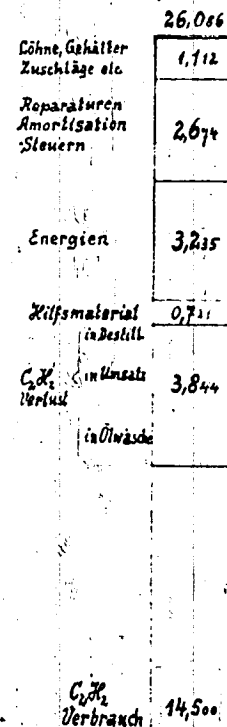
M/100 kg C_2H_2 **Gestehpreis****B. Acetaldehyd**

Produktion 53,5 Tato
Ausbeute der Umsatzapp. 90%; gesamt 79,06%
Acetylen- u. Strompreis wie A

Betriebskosten der Stufen I bis VI

Kostenaufteilung

M/100 kg Aldehyd



I

II

III

IV

V

VI



Fabr. Spesen der betr. Stufen



Gesamtkosten der vorhergehenden Stufen

 C_2H_2 - bzw. Aldehyd-Verbrauch bzw. Verluste

Hilfsmaterialien

Anlage 14