

2 Projektentwürfe für Kohlenwasserstoff-Synthesen

Während der Versuchsarbeiten ist eine Reihe von Projektentwürfen für den Bau von Kohlenwasserstoff-Synthesefabriken entworfen worden. Eine Durcharbeitung der Details wäre über den Rahmen der Versuchsarbeiten gegangen. Bei den Projektentwürfen handelte es sich mehr darum, die Möglichkeiten der Gasfabrikation und der Syntheseanlagen zu Orientierungszwecken zusammenzustellen. Für die Entwürfe wurden hauptsächlich verschiedene Braunkohlen-Synthesegasverfahren zu Grunde gelegt, es wurden aber auch Projekte entworfen für Kokswassergas und Spaltgas.

2 Projektentwürfe sind im folgenden aufgeführt: Eine Fabrik für 180 000 Jato Primärprodukt Kogasin auf Koksbasis und eine gleiche Fabrik auf Basis Erdgas. Als Ansbeute für gutgereinigtes Synthesegas sind 125 g Primärprodukt (ohne Gasol) bei druckloser Fahrweise angenommen. Wir glauben, auf Grund unserer Versuche diese Zahl erreichen zu können. Voraussetzung ist dabei, daß die Synthese in mindestens 4 Stufen gefahren wird, daß der Kontakt die nötige mechanische Festigkeit hat (weil Syntheseöfen mit 8 m Kontaktschichthöhe gewählt wurden) und daß die Vorreinigung des Gases unter 1 mg Schwefelverunreinigungen und 0 mg Harzbildnerverunreinigungen durchgeführt ist. Mit den in den Projekten eingesetzten Gasreinigungsstufen müßte letztere Voraussetzung erreichbar sein. Alle Schätzungen sind ohne Geländeaufschluß, Straßen, Kandel oder Geländekauf; die Fundamente sind angenommen bis 1 m Tiefe.

I. 180 000 Jato Kogasin auf Basis Koks.

Das Schema auf Seite 93 zeigt die Gasmengen. Für die Gasfabrik ist eine normale vollautomatische Kokswassergasfabrik mit 34 Generatoren mit 3,5 m l.W. gerechnet. Für die Raseneisenerz-

anlage wird angenommen, daß das Gas laufend unter 20 mg Sulfid-
schwefel gereinigt wird. Für den Kontaktwasserstoff besteht die
Möglichkeit, das Verhältnis 1 : 2 dadurch zu erzielen, daß man
einen Teilstrom des Gases vollständig konvertiert und mit dem
Restwassergas mischt, oder daß man alles Wassergas teilweise
konvertiert. Erstere Anordnung ist in den Investierungskosten
und im Betrieb billiger als die zweite Möglichkeit. Trotzdem
müßte bei einem durchzuführenden Bauvorhaben ernstlich geprüft
werden, ob nicht die zweite Fahrweise Vorteile bietet, weil der
organische Schwefel, falls alles Wassergas teilweise konver-
tiert wird, bereits in der Konvertierung zu 10 - 15 mg orga-
nischen Schwefel abgebaut wird. Es könnte sein, daß es Vorteile
böte, die nachfolgende organische Entschwefelung von der Kon-
vertierungsarbeit zu entlasten (obgleich die insgesamt von
letzterer aufzunehmende Schwefelmenge die gleiche bleibt).
Außerdem müßte geprüft werden, ob nicht der Zusammenbau der Ge-
samtkonvertierung mit der nachfolgenden organischen Entschwe-
felung insofern Vorteile bringt, als letztere unmittelbar zwi-
schen Konvertierung, Kontaktöfen und der Wärmereneration ein-
geschaltet werden könnte. Für das vorliegende Projekt ist mit
einer Teilstromkonvertierung gerechnet. Die organische Ent-
schwefelung ist nach dem Ruhrchemie-Verfahren angegeben. Das
Projekt läßt sich auch mit einer Zinkoxyd-Entschwefelung durch-
führen, bei der je 2 Türme hintereinandergeschaltet werden und
bei welcher eine Aufladung von 10 % Schwefel erreicht wird.
Viermal im Jahre müßte jeder Turm regeneriert werden. Frühe-
stens alle 7 Jahre müßte das Zinkoxyd erneuert werden. In den
Betriebskosten dürfte die Entschwefelung mit Zinkoxyd nicht we-
sentlich teurer sein als das Verfahren der Ruhrchemie; dagegen
würden die Anlagekosten voraussichtlich etwas höher liegen. Die
Zinkoxyd-Entschwefelung reinigt auf unter 1 mg Schwefel, während
das Ruhrchemie-Verfahren auf 2 - 4 mg reinigt.

Für das Projekt ist eine nochmalige Schlußreinigung vor den Syntheseöfen angenommen, weil alle unsere Versuche ergeben haben, daß äußerste Gasreinheit die Voraussetzung für die Höchstleistung der Syntheseöfen ist. Bei den Versuchen wurde M-Kohle vor die Syntheseöfen geschaltet. Es bestehen noch weitere Möglichkeiten für die Schlußreinigung, die z.Zt. in unseren Versuchen erprobt werden. Sicher ist, daß die Schlußreinigung im Verhältnis zu der damit erreichten Leistungssteigerung der Synthese nicht teuer sein wird. Für die Synthese ist eine Vierstufenanordnung vorgesehen. Als Öfen sind Röhrenöfen mit 15 mm Röhrendurchmesser, 8 m Kontaktschichthöhe und 4 480 m² Kühlfläche bei 15,3 m³ Kontaktinhalt vorgesehen. Als Aktivkohleanlage ist die üblich käufliche Anlage der Lurgi oder der Bamag gewählt, für die Katalysatorfabrik sind etwa die Angaben der Ruhrchemie im Erfahrungsaustausch November 1938 gewählt.

Ein Schema des Projektes für Gasmengen zeigt die Seite 93, für Dampf und Kraftverteilung die Seite 94, während der Syntheseöfen auf Seite 95 dargestellt ist. Eine überschlägige Zusammenstellung der Investierungskosten und der Verbräuche und Energien befindet sich auf den Seiten 96 - 98.

100 000 Jato Kogasin Basis Koke Anlagekosten

Anlagekosten:	
Wassergasformig 54 Generatoren, 5-90 m Ø	
300 Nm ³ Wassergas	19 000 000.--
30 000 Nm ³	
Wagen, Rohrbrücken	700 000.--
	1 000 000.--
Wasserspeicher-Anlage mit Masse	3 000 000.--
Wasserversorgung, Inkon- u. Aussehen-	
Wasserversorgung, Kran usw	4 200 000.--
Wasserversorgung	900 000.--
Wasserversorgung	2 400 000.--
Wasserversorgung	150 000.--
Wasserversorgung	1 000 000.--
Wasserversorgung, Installation	1 400 000.--
Wasserversorgung	4 250 000.--
	<u>38 000 000.--</u>

Wasserversorgung	3 000 000.--
Wasserversorgung	15 600 000.--
Wasserversorgung	750 000.--
Wasserversorgung, Elektrikwerk, Leitungen usw.	2 300 000.--
Wasserversorgung	500 000.--
Wasserversorgung, Baukran	3 000 000.--
Wasserversorgung-Anlage mit Füllung	4 500 000.--
Wasserversorgung, Wasser u. Gasometer	2 300 000.--
Wasserversorgung	6 000 000.--
Wasserversorgung	1 000 000.--
Wasserversorgung, Installation usw.	1 300 000.--
Wasserversorgung	500 000.--
Wasserversorgung	4 000 000.--
Wasserversorgung	7 050 000.--
	<u>52 000 000.--</u>

Anlage:	
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	9 000 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	500 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	800 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	300 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	600 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	1 800 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	1 500 000.--
Wasserversorgung (Wasserversorgung)	<u>14 500 000.--</u>

190000326

Projekt 180 000 Jato Kogasin, Basis Koks

Verbräuche, Energien, Spesen.

		Wasser- gas- fabrik	Gebälse- f. Was- sergas	Rasen- eisen erz	Kontakt- wasser- stoff	Org. Ent- schwefelung Ruhchemie
<u>Synthesgas</u>						
Erzeugung	t/h	98,4	-	-	-	-
Verbrauch	t/h	12,0	-	-	-	-
Rest	t/h	-	-	1,6	-	0,5
<u>Kontaktwasserstoff</u>						
Produktion	t/h	-	-	-	0,02	-
<u>Energie</u>						
Erzeugung	t/h	70,0	-	-	-	-
Verbrauch	"	(45)	-	-	-	-
Rest	"	25,0	-	4,0	20,0	-
Erzeugung	kWh	755	-	-	-	-
Verbrauch	kWh	-	-	100	-	2,0
Rest	m ³ /h	-	-	-	4,0	-
Erzeugung	m ³ /h	210,0	10	-	-	-
Verbrauch	"	91,0	-	-	-	-
Rest	Nm ³ /h	-	-	-	-	-
Erzeugung	1000 kWh	-	2700	-	-	-
<u>Wasser</u>						
Produktion	t/h	90	-	-	-	-
<u>Entschwefelung</u>						
Produktion		-	-	1,6	-	-
Verbrauch	m ³ Gas eff.	0,6	0,02	0,10	0,08	0,15

190000327

100 000 t/a Kohagen auf Basis Koks- oder Erdgas.

Verbräuche, Energien, Spesen:

		Synthese- Anlage	A-Kohle	Kontakt- fabrik
<u>Verhese:</u>				
Kontaktersatz	t/h	0,29	0,016	-
Heizer Dampf, 16 atü	t/h	-	-	-
Erwärmer Dampf, 2 atü	t/h	10	28	0,4
Verdampfung	kWh	1000	-	-
Heizererwärmung	kWh	200	10	300
Wasserdampf	m ³ /h	5	-	15
Reinheitswasser	m ³ /h	200	100	50
Abwasser	"	-	-	-
Lein. Ansaugen	1000 WE	1000	-	1000
Reinheitswasserstoffverbr.	Nm ³ /h	1000	-	-
Abhängerdampf	t/h	95 ¹⁾	-	-
Abhänger / 1000 Nm ³ Gas eff.		0,08	0,15	0,9

1) Wird für Gebläse und Gasvorwärmung gebraucht,
Kohlensatz daraus zurück zu den Syntheseöfen.

180 000 Jato Kogasin aus Basis Erdgas.

Es wird angenommen, daß das Erdgas von der auf dem Schema auf Seite 191 angegebenen Zusammensetzung sulfidschwefelfrei der Zuführungsleitung entnommen wird. Es muß eine organische Entschwefelung sowohl für das Heizgas als auch für das Synthesegas errichtet werden, falls, wie anzunehmen ist, organischer Schwefel im Erdgas vorhanden ist. Das Heizgas muß auch entschwefelt werden, falls ein Cowper für die Methanröckung angewandt wird, damit während des Hoherhitzens des Cowpers kein Schwefel über die Steine in das Synthesegas übergeht. Für den Cowperbau müssen selbstverständlich schwefelfreie Steine Verwendung finden, bezw. der Cowper muß solange über Dach gefahren werden, bis die Steine entschwefelt sind.

Organische Entschwefelung ist nach dem Verfahren der Ruhrchemie angenommen. Aus dem angenommenen Erdgas kann nur ein Gas im Verhältnis $CO : H_2$ wie 1 : 2,8 hergestellt werden, weil im Gas Kohlenstoff für einen höheren Kohlenoxydgehalt fehlt. Selbstverständlich kann durch Zugabe von Fremdkohlensäure das Verhältnis auf die wünschenswerte Zahl 1 : 2 gebracht werden. Dafür ist notwendig, daß gereinigte, entschwefelte Fremdkohlensäure mit in den Cowper gegeben wird. Weiter könnte aus anderen Quellen Kohlenoxyd zum Gas zugesetzt werden.

Es scheint aber das billigste und praktischste zu sein, das natürliche Verhältnis des Gases bestehen zu lassen und damit durch die Synthese zu fahren und das Restgas für die Cowper-Verbindung zu benutzen. Das bedingt zwar, daß Cowper- und Synthesegas-Anlage in Volumen um etwa 3 - 5 % größer sind, als wenn das Verhältnis 1 : 2 gewahrt wäre. Für den Cowper bedeutet das keine erhebliche Mehrausgabe an Investierung, weil Boden, Deckel, automatische Steuerung usw. in beiden Fällen dasselbe bleiben. Lediglich die Füllung des Cowpers muß etwas größer sein. Aber auch für die Syntheseöfen ist die Mehrausgabe vor-

aussichtlich nicht ins Gewicht fallend, weil der nicht ausgenutzte Wasserstoff über das Verhältnis 1 : 2 hinaus als Verdünnungsgas insofern die bekannten Vorteile bringt, als die Wärmeverteilung in den Kontaktrohren und die Spülung der Kontakt Räume besser werden, d.h., es wird weniger Paraffin erzeugt und der Kontakt schonender ausgenutzt.

Der Cowper ist als Doppel-Cowper gebaut. Die vorgesehene Sauerstoffzugabe ist erwünscht. Die Erfahrung hat gezeigt, daß es sehr schwierig ist, die großen Cowper im Dauerbetrieb mit Spitzentemperaturen an den heißesten Stellen von 1400 - 1500° zu betreiben. Der Cowper wird durch den ständigen Temperaturwechsel und vor allem bei immer wieder vorkommenden Überhitzungsspitzen zu sehr beansprucht. Wir haben deshalb eine Maximaltemperatur von 1350° für die heißeste Stelle und eine Höchsttemperatur von 1400° für die höchste Aufheizung des Steines während der Periode als Grenze angenommen, um einen wirklichen jahrelangen Dauerbetrieb des Cowpereinsatzes gewährleisten zu können. Bei diesen Temperaturen kann aber ohne Sauerstoffzugabe noch nicht mit der von uns angegebenen Gasanalyse gerechnet werden. Außerdem wäre bei diesen niederen Temperaturen der Kohlenstoffverlust an Ruß noch erheblich. Kohlenstoff muß aber möglichst ausgenutzt werden, um möglichst viel Kohlenoxyd im Gas zu haben. Aus diesen Gründen haben wir Sauerstoffzugabe vorgesehen, die außerdem den Vorteil bringt, den Methangehalt im Wassergas auf höchstens 1 % herunterzusetzen. Die Unterlagen für die Rechnung stammen aus Versuchen; es ist mit 0,2 - 1 g Ruß im Wassergas zu rechnen. Eingesetzt in die Investierungskosten ist eine Rußreinigung mit Warmwasserwäsche und dahintergeschalteter zweimaliger Desintegratorreinigung. Hinter der Warmwasserwäsche kann auch Cottrell vorgesehen werden. Die Synthesanlage ist die gleiche wie im Projekt auf Basis Kokswassergas, nur daß die Kontakt Räume und Volumina den größeren Gasmengen angepaßt sind.

Auf Seite 101 sind die Gasmengen, auf Seite 102 die Dampf-, Heiz- und Kraftverhältnisse für dieses Projekt angegeben. Die Investierungskosten und Energien sind auf den Seiten 103 und 104 geschätzt.

Projekt 180 000 Jato Kogasin, Basis Erdgas, Anlagekosten.

Synthesegasanlage:

3 Gebläse à 60 000 m ³ , 8 ₂ m WS, komplett)	800.000.-
3 Windgebläse à 80 000 m ³ , 2 m WS, ")	
Org. Entschwefelung für 55 000 Nm ³ Erdgas einschl. Masse, komplett,	1.000.000.-
9 + 1 Doppelcowper à 24 000 Nm ³ Wasser- gas, Leitungen etc.	9.800.000.- 1.000.000.-
Sauerstoff-Fabrik, 4 + 1 Apparate,	5.000.000.-
Rußwäsche m. Turm u. 4 + 2 Desintegratoren	2.000.000.-
Betriebskontrolle	500.000.-
Elektr. Installation	800.000.-
Unvorhergesehenes	2.100.000.-
	<u>23.000.000.-</u>

Syntheseanlage:

125 + 7 Syntheseöfen	16.500.000.-
132 Vorwärmer	800.000.-
Kühlung u. Rückkühlwasseranlage	2.300.000.-
Leitungen	500.000.-
Gebäude mit Laufkran	3.000.000.-
Aktiv-Kohle-Anlage m. Füllung	4.800.000.-
Tanks, kleine Leitungen u. Gasometer	2.500.000.-
Regenerationsanlage	500.000.-
Kontaktfüllung	6.400.000.-
Betriebskontrolle	1.000.000.-
Elektr. Installation	1.300.000.-
Kontaktfabrik	4.000.000.-
Unvorhergesehenes	6.400.000.-
	<u>50.000.000.-</u>

Allgemeine Anlage:

Kesselanlage u. Kraftwerk)	12.000.000.-
Speisewasseraufbereitung)	
Kondenswasseranlage	500.000.-
Wasserwerk f. 700 m ³ /h	500.000.-
Bürogebäude und Kantine	500.000.-
Labor	600.000.-
Reparaturwerkstätte	800.000.-
Unvorhergesehenes	1.600.000.-
	<u>16.500.000.-</u>

190000331

Projekt 100 000 t/a Kohgasin auf Basis Erdgas

Verbräuche Energien, Spesen

		Ge- bläse	Organ. Entschwefl.	Linde- anlage 11000m ³	Cowper	Ruß- wäsche
<u>Synthesegas</u>						
Eisenerzmasse	t/h	-	?	-	-	-
Hochdruckdampf 16 atü	t/h	-	-	-	-	-
" 9 "	t/h	-	-	-	-	-
300°C	t/h	15	-	-	-	-
Niederdruckdampf	t/h	-	-	0.55	60	-
Hochspannung	kWh	-	-	6 600	2 000	2 400
Niederspannung	kWh	-	2	-	-	260
Kondensat	m ³ /h	-	-	-	-	-
Frischwasser	m ³ /h	4	-	220	-	100
Speisewasser	"	-	-	-	-	-
Schutzgasverbrauch	Nm ³ /h	-	-	-	-	-
Reinheitsgasverbrauch						
in 1 000 WE		1 000	-	-	140000	-
NaOH-Verbrauch 10%ig	kg/h	-	-	9	-	-
NH ₃ -Verbrauch	kg/h	-	-	0.45	-	-
Kochwasser nach						
Kalde	m ³ /h	-	-	-	-	70
<u>Verbräuche usw. für Synthese-</u>						
<u>anlage wie beim ersten Pro-</u>						
<u>jekt</u>						

190000331

Projekt 100 000 t/a Kohgas auf Basis Erdgas

Verbräuche Energien, Spesen

		Ge- bläse	Organ. Entschwefl.	Linde- anlage 11000m ³	Cowper	Ruß- wäsche
<u>Synthesegas</u>						
Eisenerzmasse- Breitz	t/h	-	?	-	-	-
Hochdruckdampf 16 atü	t/h	-	-	-	-	-
" 9 "	t/h	-	-	-	-	-
300°C	t/h	15	-	-	-	-
Niederdruckdampf	t/h	-	-	0.55	60	-
Hochspannung	kWh	-	-	6 600	2 000	2 400
Niederspannung	kWh	-	2	-	-	260
Kondensat	m ³ /h	-	-	-	-	-
Frischwasser	m ³ /h	4	-	220	-	100
Speisewasser	"	-	-	-	-	-
Schutzgasverbrauch	Nm ³ /h	-	-	-	-	-
Reinheitsgasverbrauch inkl. 000 WE		1 000	-	-	140000	-
KaOH-Verbrauch 10%ig	kg/h	-	-	9	-	-
NH ₃ -Verbrauch	kg/h	-	-	0.45	-	-
Kochwasser nach Kohle	m ³ /h	-	-	-	-	70
<u>Verbräuche usw. für Synthese-</u>						
<u>anlage wie beim ersten Pro-</u>						
<u>jekt</u>						

Ofenkonstruktionen

1. Niederdruckplattenofen

Als erster Ofen wurde ein Niederdruckplattenofen von $0,5 \text{ m}^3$ Kontaktraum (Seite 106) erprobt, bei dem die Platten im Abstand von 10 mm voneinander angebracht sind und auf beiden Seiten der Platten Kontakt angeordnet ist. Zur Wärmeabfuhr sind die Platten auf senkrecht zu ihnen verlaufende Kühlrohre von 25 mm äusserem Durchmesser aufgebracht. Die Befestigung der Platten auf den Rohren erfolgt durch hydraulisches Aufweiten der Rohre bei 700 atü.

Die Befestigung der Platten auf den Rohren sieht äusserlich sehr gut aus. Die Beherrschung der Wärmeabfuhr war möglich, es zeigten sich aber in der Kontaktschicht mit normalen Betriebsthermoelementen messbare Temperaturunterschiede bis zu 12°C . Auf diese Erscheinung wird bei Besprechung des nächsten Ofens näher eingegangen.

Die Kühlung erfolgt durch verdampfendes Wasser, welches die Kühlrohre durchströmt und nach der Trennung von Dampf und Wasser in einer Obertrommel wieder dem Ofen zufliesst. Die Thermosyphonwirkung des Wasserkreislaufes wird unterstützt durch eine Dampfdrüse, welche in die Leitung vom Syntheseofen zum Dampfsammler eingebaut ist und die Funktion einer Umwälzpumpe erfüllt. Im Dampfsammler wird der überschüssige Dampf durch eine Kühlschlange, welche gleichzeitig die Konstanthaltung des Dampfdruckes und damit die Ofentemperatur übernimmt, kondensiert und über einen Kondensstropf aus dem Kreislauf abgeführt.

Die Kühlung des Syntheserestgases mit dem Umsetzungsprodukt erfolgt ebenso wie bei allen anderen Versuchsofen durch indirekte Kühlung mit Wasser. Zur Abscheidung des Leichtflüchtigen über der Plattenofen ebenso wie die anderen Versuchsofen mit einer Konzeleanlage ausgerüstet.

Die Entleerung des Ofens erfolgt durch Öffnen von Jalousien, auf denen der Kontakt ruht, und die durch eine Zugstange aufgeklappt werden. Die Schaltung des Syntheseofens im Rahmen der gesamten Anlage einschliesslich Gaserzeugung und Gasreinigung ist aus Seite 108 zu ersehen.

2. Druckplattenofen

Um Versuche unter erhöhtem Druck bis 20 atü durchführen zu können, wurde ein Plattenofen von 190 ltr. Kontaktraum in grundsätzlich gleicher Ausführung wie der Niederdruckplattenofen in ein druckfestes Gehäuse eingebaut (Seite 109). Die Wasserkühlung mit Thermosyphonwirkung unterstützt durch Einblasedampf und die Anordnung eines Dampfsammlers ist ganz ähnlich wie bei dem Niederdruckofen. Ebenso die Abfuhr des überschüssigen Kondensates aus dem Dampfsammler über einen Kondenstopf, wodurch der Wasserspiegel im Dampfsammler auf gleicher Höhe gehalten wird. Diese Anordnung zur Einregulierung des Wasserspiegels wurde bei allen anderen Versuchsofen mit Ausnahme der elektrisch beheizten beibehalten.

Der Druckofen hat im drucklosen Betrieb ebenso gut wie der Niederdruckplattenofen gearbeitet. Beim Übergehen auf Druckbetrieb hat der Ofen schon bei geringen Überdrücken von 2 - 3 atü versagt und ist durchgegangen, d.h. überwiegende Methanbildung. Diese Erscheinung ist nur so zu erklären, daß die Befestigung der Platten auf den Kühlrohren doch nicht ausreicht, um einen einwandfreien Wärmetransport von der Platte zum Kühlrohr zu gewährleisten. Die Temperaturdifferenz in der Platte zwischen der am weitesten vom Rohr entfernten Stelle und dem Rohr dürfte nach einer durchgeführten Berechnung nur 1°C betragen. Durch die schlechten Wärmeleitverhältnisse zwischen Platte und Rohr entsteht an dieser Stelle ein Temperatursprung, und die Übertemperaturen in der Kontaktschicht werden so hoch, daß der Ofen durchgeht.

Durch Herstellung einer metallischen Verbindung zwischen Platten und Rohr, evtl. durch ein Tauchverfahren oder durch Schweissung, könnte dieser Fehler beseitigt werden, und der Ofen wäre dann auch für Druckbetrieb geeignet.

Die Anordnung des Ofens in der Gesamtanlage ist ebenfalls aus Seite 108 zu entnehmen.

3. Einrohr-Kontaktöfen

Da die Plattenöfen der unter 1 und 2 beschriebenen Konstruktion für Druckbetrieb nicht geeignet sind, wurden insbesondere zur Durchführung von Druckversuchen Röhrenöfen gebaut.

a) Einrohröfen bis 25 atü

Um den Einfluss des Rohrdurchmessers studieren zu können, wurden für einen Betriebsdruck bis 25 atü Rohre von 25, 20, 15, 10 und 6 mm verwendet (Seite 111). Um die Rohre herum befindet sich ein druckfestes Gehäuse, ebenfalls für 25 atü geeignet, das über den Kontaktraum hinaus mit Wasser gefüllt und durch elektrische Beheizung auf Synthesetemperatur gebracht wird. Über dem Wasserraum befindet sich ein Dampfpolster von 300 mm Höhe. Da das Kontaktröhr ebenfalls durch diesen Dampfraum hindurchführt, findet dort die Aufheizung des Synthesegases auf Reaktionstemperatur statt. Diese Anordnung hat sich gut bewährt und wurde für alle stehenden Versuchsofen beibehalten. Die Abstrahlung des Ofens ist so gross und die durch die Reaktion erzeugte Wärme ist so gering, daß ständig geheizt werden muss. Ein Wasserstand gestattet die Beobachtung des Wasserspiegels im Ofen. Wasserverluste werden durch eine Speisevorrichtung ausgeglichen.

Die Abscheidung des Produktes durch indirekte Kühlung erfolgt in bekannter Weise.

Die Höhe der Kontaktschicht in den Versuchsöfen ist 1 500 mm. Durch Verwendung eines anderen Mediums als Wasser im Heizmantel können Synthesetemperaturen bis 400°C in diesen Öfen erreicht werden.

b) Einrohröfen bis 200 atü

Für höhere Drucke bis 200 atü auf der Gasseite und 100 atü im Heizmantelraum wurden Öfen nach Seite 113 gebaut, grundsätzlich den gleichen Aufbau wie die 25-atü-Öfen haben und auch genau so betrieben werden. Der Heizmantel von 100 atü soll die Synthese bei 310°C unter Verwendung von Wasser im Mantelraum gestatten. Die Öfen wurden mit 16 mm lichtem Durchmesser ausgeführt.

c) Einrohröfen für 100 atü mit Öleinspritzung

Zum Studium der Öleinspritzung in die Kontaktschicht unter Anwendung hoher Drucke bis 100 atü und bei grösserem Kontaktrohrdurchmesser wurde der Ofen nach Seite 114 gebaut. Der lichte Durchmesser des Kontaktrohres wurde mit 46 mm ausgeführt, der Heizmantel, der genau wie bei den bisher beschriebenen Öfen ausgebildet wurde, kann durch elektrische Beheizung bis 100 atü beansprucht werden, gestattet also bei Verwendung von Wasser Synthesetemperaturen bis 310°C .

Die Aufheizung des eingespritzten Öles erfolgt im Syntheseofen in einer Schlange, welche durch die heisse Wand des Dampfraumes erwärmt wird.

4. Versuchsröhrenöfen

Diese Öfen stellen eine Weiterentwicklung der Einrohröfen dar, denn sie sind durch Parallelschaltung einer grösseren Anzahl Rohre (meist 19) von 15 mm lichter Weite in einem gemeinsamen Mantelrohr entstanden. Die Rohre sind stehend angeordnet und von einer verdampfenden Flüssigkeit umgeben. Die Öfen sind auf Gas- und Flüssigkeitsseite für 25 atü geeignet, können also bei Verwendung von Wasser im Mantelraum bis zu Synthesetemperaturen von 225°C betrieben werden. Auch bei diesen Öfen reicht die Wärmeentwicklung der Reaktion noch nicht zur Deckung der Wärmeverluste aus. Die Beheizung erfolgt aber nicht elektrisch, wie bei den Einrohröfen, sondern durch Einblasen von Dampf in den Wasserraum. Der im Ofenraum kondensierte Einblasedampf wird über einen Kondenstopf aus dem Wasserraum entfernt. Der Kondenstopf hält gleichzeitig den Wasserstand im Ofen auf gleicher Höhe. Der Kondensatstutzen befindet sich ungefähr $\frac{1}{2}$ mm unter dem oberen Boden des Ofens. Dadurch entsteht ein Dampfpolster von $\frac{1}{2}$ m Höhe. Ein Flüssigkeitsstand erlaubt die Kontrolle des Wasserspiegels. Öfen dieser Bauart sind mit 1 m (3 ltr. Kontakt), 4.5 m (13.5 ltr. Kontakt) und 10 m (30 ltr. Kontakt) Kontaktschichthöhe ausgeführt worden (Seite 116).

Ein Ofen der gleichen Bauart mit 15 Rohren, 15 mm lichtigem Durchmesser, 1 540 mm Länge wurde als liegender Ofen gefahren (Seite 117). Der Einblasedampf wurde durch ein Verteilerrohr über die ganze Ofenlänge zugegeben. Die Kondensatabfuhr erfolgte ebenfalls über einen Kondenstopf. Auch bei diesem Ofen wurde kein besonderer Dampfsammler angeordnet, sondern der Dampfraum in den Syntheseofen gelegt. Es mussten deshalb die 3 im Ofen oben liegenden Rohre abgeblindet werden, da sie, im Dampfraum liegend, zu geringe Kühlung gehabt hätten.

190000337

5. Grenzschichtofen

Der in den wärmetechnischen Berechnungen bereits beschriebene Ofen wurde entworfen, um gute Wärmeabfuhr auch bei sehr hohen Ofenleistungen, die aber im Betrieb nicht erreicht worden sind, zu ermöglichen. Er gleicht in allen Einzelheiten den unter 4 beschriebenen Röhrenöfen und unterscheidet sich von ihnen nur durch den geringen Kontaktrohrdurchmesser von 6 mm lichterweite. Bei 1.6 m Höhe der Kontaktschicht kann der Ofen in 153 Rohren 6.9 ltr. Kontakt in Pillen von 5 mm Durchmesser aufnehmen (Seite 119).

Das Füllen des Ofens erfolgt so, daß man die Pillen zuerst in Glasrohre von 6 mm Durchmesser einbringt, diese Glasrohre von 1.5 m Länge auf die zu füllenden Kontaktrohre aufsetzt und die Pillen einlaufen läßt.

Die Regeneration des Kontaktes geschieht zweckmässig im Ofen selbst und wird dadurch vorgenommen, daß man an Stelle von Wasser eine Mischung von Diphenyl und Diphenyloxid in den Mantelraum einfüllt und durch eine elektrische, um den Kontakt herum befindliche Heizung den Ofen samt Diphenylbad auf die gewünschte Temperatur von 300 - 400°C bringt. Auch einige von den unter 4 beschriebenen Öfen sind mit solchen Zusatzheizungen ausgerüstet.

6. Stufenofen (Seite 120)

Eine Unterteilung des Kontaktes in 5 hintereinander geschaltete kurze Schichten von 30 cm Länge wurde im Stufenofen vorgenommen. Die Kontaktrohre des Ofens haben 8 mm lichte Weite und sind wie bei den anderen Öfen von verdampfendem Wasser umgeben, das hintereinander durch die 5 Stufen strömt. Dampf und Wasser trennen sich in einer Obertrommel, in welcher der Dampf an einer Kühlschlange kondensiert wird und in den Kreislauf zurückfließt.

Zur Unterstützung der Zirkulation wird auch hier an Stelle einer ~~Umlaufpumpe~~ Dampf durch eine Düse in die Leitung vom Ofen zur Obertrommel eingeblasen. Dieser Dampf wird ebenfalls durch Kühlung in der Obertrommel kondensiert und über einen Kondensstopf aus ihr abgeführt.

Der ganze Aussenmantel des Ofens ist ausserdem elektrisch beheizt, damit in den Zwischenstücken zwischen den einzelnen Stufen keine Abkühlung des Gases unter die Synthesetemperatur eintritt. Zwischen den Stufen kann entweder Synthesegas und Produkt zur Untersuchung abgezogen und auch Gas zudosiert werden.

Die Abdichtung der einzelnen Synthesestufen gegen den Ofenmantel erfolgt durch je 4 Kolbenringe.

Vor dem Einsetzen des Stufenkörpers in den Ofenmantel müssen die Stufen mit Kontakt gefüllt werden. Zum Entleeren wird der Stufenkörper ebenfalls aus dem Mantelrohr herausgenommen.

7. Vierstufen-Röhrenöfen

Für einen Versuch mit 4 hintereinander geschalteten Stufen wurden Öfen mit 150, 40 und 12 ltr. Kontaktinhalt gebaut und einer der bereits unter 4 beschriebenen Öfen von 3 ltr. Inhalt als 4. Stufe gewählt. Die Öfen, die auf Seite 122, 123 u. 124 zu sehen sind, weisen keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber den bereits besprochenen Röhrenöfen auf.

8. Gasdosierung in Röhrenöfen

Der verschieden hohe Widerstand in den Rohren eines Röhrenofens bedingt bei den geringen Gasgeschwindigkeiten eine dem Widerstand proportionale Verschiedenheit in der Beaufschlagung der einzelnen Rohre. Um bei Versuchen diesen Unterschied im Widerstand weitgehend auszugleichen, wurde bei 2 der unter 4 beschriebenen Röhrenöfen vor jedes der 19 Rohre ein zusätzlicher Widerstand in Form einer Drosselvorrichtung geschaltet, deren Widerstand gross war gegenüber demjenigen der Kontaktschicht.

Die konstruktive Ausführung der Drosselvorrichtungen, die in eine gemeinsame Abdichtungsplatte über den Kontaktrohren eingebaut wurden zeigt Seite 126.