

Bericht über die Versuche zur Alkylbenzoldarstellung.  
=====

Aus Benzol und Olefinen lassen sich in Gegenwart von Aluminiumchlorid Alkylbenzole darstellen. Diese Reaktion sollte dazu herangezogen werden, um die Olefine unseres Gasols zusammen mit dem Benzol der Kokerei in Alkylbenzole umzuwandeln.

Um die Bedingungen unter denen die Reaktion verläuft zu finden, wurde eine Reihe von Versuchen angestellt. Es kam dabei darauf an, bei einem möglichst kleinen Verbrauch von Aluminiumchlorid eine möglichst große Menge der ungesättigten Verbindungen des Gasols umzusetzen. Weiterhin sollte das Reaktionsprodukt einen möglichst hohen Prozentgehalt an Bestandteilen enthalten, die unter 180° sieden.

Aus der Literatur war bekannt, daß das Aluminiumchlorid bei der Entstehung des Alkylbenzols als Katalysator wirkt. Es war auch bekannt, daß das Aluminiumchlorid Molekülverbindungen bildet, die dann möglicherweise die Wirksamkeit des Aluminiumchlorides beeinträchtigen oder ganz aufheben. Zunächst mußte also festgestellt werden, in welcher Weise das Aluminiumchlorid beim Zusammentritt von Benzol und Gasol wirkt.

Wir konnten feststellen, daß die ungesättigten Verbindungen des Gasols von einer bestimmten Benzolmenge, die mit  $AlCl_3$  versetzt ist, anfangs gut absorbiert werden. Die Absorption bleibt dann längere Zeit gut und sinkt dann sehr rasch auf Null (siehe Absorptionskurven; aus dem ~~Vers. mit der Schottischen Naschflasche (Nr. 7) ist ersichtlich, daß die~~ Absorption sofort einsetzt, da hier die Lösung gleich mit Gasol gesättigt ist). Aus der Tatsache, daß bei weitem mehr Substanz umgesetzt wird als dem auf das Aluminiumchlorid berechneten stöchiometrischen Verhältnis entspricht, geht ohne weiteres hervor, daß auch bei der Umsetzung von Benzol mit den ungesetzten Bestandteilen des Gasols eine katalytische Reaktion vorliegt. Erheblich schwieriger war die Frage, wodurch diese katalytische Reaktion gehemmt wird und schließlich zum Stillstand kommt. Ohne Zweifel spielt der Einfluß der Feuchtigkeit dabei eine große Rolle - mit Chlorcalcium vorgetrocknetes Gasol wurde um ein Mehrfaches besser absorbiert als nicht vorgetrocknetes - er erklärt aber das aufhören der Wirkung des Kontaktes nicht vollständig.

Aus der Tatsache, dass sich gegen Ende der Reaktion Polyalkylbenzole im Reaktionsprodukt anreichern, lässt sich das Aufhören der katalytischen Wirkung des Aluminiumchlorides nicht befriedigend erklären, denn Polyalkylbenzole lassen sich in Gegenwart von überschüssigen Benzol zu Monoalkylbenzolen abbauen. Die Anreicherung von Polyalkylbenzolen ist jedoch nicht nur eine Folge der natürlichen Verschiebung des Reaktionsgleichgewichtes in der Richtung des Hexaalkylbenzols. Denn wenn man schon gebrauchtes  $AlCl_3$  mit neuem Benzol versetzt, so erfolgt trotzdem eine viel raschere Anreicherung an Polyalkylbenzolen als mit frischem  $AlCl_3$  (Vers. 21, Block 4, 11). Erwärmt man das gebrauchte  $AlCl_3$  in Benzol, leitet Salzsäure ein und dann erst Gasol, so ist die Polyalkylbenzobildung nicht mehr so stark. Hohe Benzol- und Salzsäurekonzentration begünstigen also die Mono-alkylbenzobildung, wobei allerdings die Frage, welche Substanzen den Katalysator ungünstig beeinflussen und schließlich unwirksam machen noch offen bleibt.

Die theoretischen Voraussetzungen für die praktische Durchführung der Reaktion: Benzol + Olefine des Gasols  $\xrightarrow{AlCl_3}$  Alkylbenzole sind an sich nicht ungünstig wenn man von reinen trockenen Substanzen ausgeht. Es werden dann für 10 g  $AlCl_3$  etwa 500 Olefine absorbiert. Davon sind etwa 70% als Monoalkylbenzol vorhanden. (Vers. 16 u. 20). Geht man ~~aber~~ von technischem Benzol aus, so kann man höchstens 200 g Olefine für 10 g  $AlCl_3$  absorbieren (Vers. 36 u. 37). Bei reinem ~~aber~~ nur mit NaOH getrocknetem Benzol liegen die Verhältnisse ebenso (Vers. 123). Das Problem der Alkylbenzoldarstellung wird somit zu einem Problem der Reinigung und Trocknung von Benzol. Die Versuche 23, 36 u. 37 mit ihren niedrigen Zahlen für absorbiertes Olefin/10 g  $AlCl_3$  zeigen, daß ein hoher Reinheitsgrad des Benzols erforderlich ist und Reinigungsmethoden durch Destillationen mit Schwefelsäure oder mit Granosil nicht genügen.

Zusammenfassung der Versuche zur Alkylbenzoldarstellung:

Vers. Nr.	Apparatur	Für 10 g Al Cl <sub>3</sub> umgesetz- tes Ga- sol g	% des durch- gelei- teten Gasols s.ab- sorbiert	% des umge- setz- ten Ga- sols a in Pro- dukte ü 180°	Bemerkungen
6	3 l Rundkolben mit 2 Ansätzen.	102	27,3	25,6	
7	Schottische Waschfl.	310,9	35,0	49,7	
8	Durchflussapparatur	176	29	43,0	
9	Waschkolonne mit Heizbenzol	70	36	30,4	
10	Waschkolonne mit Zu- fuhr v. neuem Heizbens- zol.	85	15	55,0	
11.	Horizontale Wasch- kolonne Gg-strom.	60	38	56,0	
13.	2 St. 3-l-Rundkol- ben Gegenstrom	77,1	10,4	54,0	
14.	Apparatur wie Vers.6.	284	11,4	68,0	(D. Gasol wurde m. Chlor- calcium getrocknet u. i. d.
15.	" " Kieselgur	389,3	16,4	56,2	weiteren Vers. ebenfalls.
16.	" " " ohne HCl	577,4	26,6	62,0	
17.	" " " mit HCl	381,4	23	53,0	
19.	" " " " "	261,6	27,3	31,6	(Proben nach 34, 53 und 72 Stunden entnommen.
20.	" " " " "	425,8	21	36,8	
21.	" " " " "	201,3	20	25,5	Benzol abgezogen und neues eingesetzt.
22.	" " " " "	378,3	29,1	30,9	Wie 21, aber noch HCl ein- geleitet am Kontakt zu regenerieren.
23.	" " " " "	233,2	31,4	43,0	Vers. mit techn. Benzol das 8x m. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gewa. wurde.
28.	" " " " "	191,2	27,9	35,8	Reines feuchtes Benzol m. NaOH getrocknet.
34.	Kolonne mit HCl	135,6	17,8	45	Benzol und Gasol fließt durch eine Kolonne.
35.	" " " "	96,3	19,4	38,6	
36.	Rundkolben m. Rührer	65	11,5	50,7	
37.	" " " "	194	22	27,5	

Versuchsbeispiel:

In einen 3-l-Rundkolben wurde Aluminiumchlorid eingetragen, mit Benzol übergossen und Gasol eingeleitet. Durch lebhaftes Rühren wurde für gute Durchmischung gesorgt. Die Temperatur wurde auf 60° gehalten.

Das Aluminiumchlorid geht nach einiger Zeit in ein braunes Öl über und wirkt als Katalysator.

Nach einer bestimmten Versuchsdauer unterbrach man das Rühren, liess das Kontaktöl (=AlCl<sub>3</sub> + Kohlenwasserstoff) absitzen und zog die obere Schicht ab. In dem braunen Kontaktöl wurde neues Benzol zugesetzt und das Gasoleinleiten unter Rühren fortgesetzt. Die obere Schicht wurde sofort abgetrennt und neues Benzol zugesetzt, als noch eine Wirkung des Katalysators zu bemerken war. Diese Wirkung des Katalysators besteht in der Anlagerung der ungesättigten Bestandteile des Gasols Propylen und Butylen an das Benzol und kann durch Analyse der aus dem Reaktionsgemisch austretenden Gase verfolgt werden. Das angewandte Gasol enthielt neben 65% Propan und Butan, 35% Propylen und Butylen zu ungefähr gleichen Teilen.

Aufarbeitung:

Die oberen Schichten der einzelnen Versuche mit dem gleichen Kontaktöl wurden mit Wasser und Sodalösung gewaschen und destilliert. Sie enthalten neben verbrauchtem Benzol das Reaktionsgemisch, das aus Alkylbenzolen besteht. Das Benzol-Alkylbenzolgemisch wurde fraktioniert.

Die Fraktion bis	100°	wurde als Benzol gerechnet	0%	Seite
"	"	100 - 120°	"	" Toluol " 14,5% kette
"	"	120 - 140°	"	" Xylol " 25,0% "
"	"	140 - 160°	"	" Propylbenzol " 33,0% "
"	"	160 - 180°	"	" Butylbenzol " 40,0 "
Der Rückstand über 180°		"	"	" Polyalkylbenzol " 50,0 "

Es war bei den Versuchen von Interesse, möglichst viel niedrig siedende (bis 180°) Benzolhomologe zu erhalten. Ebenso war es erwünscht, mit möglichst wenig AlCl<sub>3</sub> möglichst viel Gasol zur Umsetzung zu bringen.

*Engel*

## Betr. Herstellung von Propylbenzol.

Es ist bekannt, daß ungesättigte Kohlenwasserstoffe wie Äthylen, Propylen, Butylen sich zu Benzol unter milden Bedingungen mit Hilfe von Aluminiumchlorid <sup>24</sup>zulagern lassen, wobei eine Reihe von Benzolhomologen, beginnend beim Toluol bis herauf zu hochsiedenden mehrfach substituierten Homologen nebeneinander entstehen. Die dabei gewonnenen Produkte innerhalb der Siedegrenzen von  $140 - 180^{\circ}$ , in der Hauptsache Propyl- und Butylbenzol, besitzen Klopfestigkeiten, die wesentlich höher als die von Benzol und sogar noch besser als die von Toluol und Xylol liegen. Beim Vergleich der Mischoktanzahlen von Benzol und reinen einzelnen Homologen in Gemischen mit Benzinen kommt diese besondere Stellung des Propyl- und Butylbenzols deutlich zum Ausdruck. Im Anhang sind hiesige Bestimmungen der Mischoktanzahlen der einzelnen Benzolkohlenwasserstoffe im Gemisch mit Benzinen verschiedener Eigenoktanzahl und in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis zusammengestellt, die mit fremden Messungen (von Egloff, Nash und Howes) ergänzt sind. Danach ist für Propyl- und Butylbenzol mit einer Mischoktanzahl von ca. 105 und für Benzol mit einer Mischoktanzahl von ca. 95 zu rechnen.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der synthetischen Herstellung des Propyl-Butylbenzols sind zwei Punkte, nämlich

1. die Lenkung der Anlagerungsreaktionen in der Richtung, daß möglichst viel der tiefsiedenden (unter  $180^{\circ}$ ) einfach substituierten Benzole entsteht und
2. die Höhe des Aluminiumchloridverbrauchs.

Der erste Punkt ist nach meinen Versuchen erreichbar, wenn die Anlagerung inkontinuierlichem Betrieb mit durchfließendem Benzol ausgeführt wird. Der Aluminiumchloridverbrauch liegt bei Verwendung von Gasol aus der Benzinsynthese nach unseren hiesigen Feststellungen beträchtlich niedriger als bei Verwendung anderer Ausgangsgase wie Crackgas, Koksgas etc. Voraussetzung ist dabei, daß das verwendete Benzol gleichbleibenden hohen Reinheitsgrad hat.

Auf Grund unserer hiesigen Resultate wird in der nachstehenden Kostenberechnung mit einem  $AlCl_3$ -Verbrauch von 1 kg auf 40 kg gebundenes Propylen und Butylen gerechnet, wobei 300 kg Propylen und Butylen zu Monoprodukt und 100 kg zu über  $190^\circ$  siedendem Rohprodukt umgesetzt werden. Der Propylenpreis für das Propylen im ~~was~~ <sup>gasol</sup> unverflüssigten-Rohbenzol wurde mit 180 RM pro Tonne eingesetzt. Das Benzol wurde mit 270 RM pro Tonne berechnet. Bei Verarbeitung in einer Anlage der die jetzige Produktion an ~~Manzoll~~ Gasol (6 t, davon 2 t als Propylen und Butylen verwertbar) zugrunde liegt, werden täglich 3,5 t Benzol umgesetzt. Daraus werden gewonnen

---

4,5 t, mit einem Siedepunkt unter  $190^\circ$ , die sich etwa in folgender Weise zusammensetzen:

- 0,9 t Toluol u. Xylol
- 1,6 t Propyl- und Äthylbenzol
- 2,0 t Butylbenzol.

Daneben werden ca. 1 t Produkte gewonnen, die über  $190^\circ$  siedend und den Charakter von raffiniertem Schwerbenzol haben. Der Wert dieses Produktes, das als Lösungsmittel, Waschöl etc. Verwendung finden kann oder aber in einem zweiten Prozess in unter  $190^\circ$  siedende Anteile zum Teil zurückverwandelt

werden kann, ist in der folgenden Kalkulation unberücksichtigt geblieben. Als Erzeugungskosten für die tägliche Gewinnung von 4,5 t Propylbenzol mit einem Siedepunkt unter 190° ergeben sich danach:

3,5 t Benzol zu 270 RM/t =	RM	945.-
2,0 t Propylen und Butylen zu 180 RM/t =	"	360.-
50 kg Aluminiumchlorid zu 0.85 RM/kg =	"	42.-
Salzsäure ca. 10 kg zu 0.10/kg =	"	1.-
Dampf für Destillation von 15 t Benzol und 4,5 t Propylbenzol		
	"	37.-
Materialien	"	5.-
Löhne 3 Schichten	"	24.-
Strom 150-KWh	"	4.50
Anlagekosten RM 100 000.-		
Amortisation und Verzinsung 21%	"	60.-
Reparaturen 5%	"	14.-
Generalien	"	25.-
	zus. RM	1517.-

$\frac{1517}{4,5} = 335$  RM/t Reaktionsprodukt unter 190° bzw.

$\frac{1517}{5,5} = 275$  RM/t Gesamtreaktionsprodukt.

Für die nachfolgende Berechnung der Ersparnisse bei Verwendung des Propylbenzols anstelle von Benzol als Zusatz zum Benzin ist ebenso wie die heute täglich mögliche Produktion an Propylbenzol (4,5 t) die jetzige tägliche Produktion an Stabilbenzin (20 t) zugrunde gelegt.

4,5 t Propylbenzol = 5,3 cbm mit einer Mischoktanzahl 105  
+ 20,0 t Stabilbenzin = 29,5 cbm mit einer Oktanzahl 55  
liefern 34,8 cbm Gemisch mit einer Oktanzahl 62,7,  
 $(0,15 \cdot 105 + 0,85 \cdot 55 = 62,7)$

so daß mit ca. 15% Alkohol ein Treibstoff vonder Oktanzahl 74-75 resultiert.

Wendet man statt Propylbenzol die gleiche Menge Benzol an, so liefert eine Mischung von ~~Apfamt~~

4,5 t Benzol = 5,1 cbm mit einer Mischoktanzahl 95  
+ 20,0 t Stabilbenzin = 29,5 cbm mit einer Oktanzahl 55  
= 24,5 t = 34,6 cbm Gemisch mit einer Oktanzahl 6,  
 $(0,147 \cdot 95 + 0,853 \cdot 55 = 61).$

Um gleichfalls im Benzolgemisch eine Oktanzahl von 62,7 zu erreichen, müssen statt 4,5 t Benzol ca. 6,2 t Benzol angewandt werden.

6,2 t Benzol = 7 cbm  
+ 20,0 t Benzin = 29,5 "  
= 26,2 t = 36,5 cbm mit einer Oktanzahl 62,7.

Ein gleichmäßiges Veredeln von 20 t Benzin sind also in letzterem Falle mit 6,2 t Benzol, in ersterem Falle mit 3,5 t Benzol zu erreichen, da 4,5 t Propylbenzol 3,5 t Benzol erfordern.

6,2 t Benzol kosten  $6,2 \cdot 270 =$  RM 1675.-  
4,5 t Propylbenzol kosten  $4,5 \cdot 335 =$  1510.-

Ersparnis in letzterem Falle RM 165.- je Tag

Zum Studium der technischen Ausbildung der Propylbenzolfabrikation ist nach Vorliegen reichlichen Laboratorium-Material die Entwicklung eines Reaktionsgefäßes erforderlich, da der Prozeß besondere Anforderungen an die Durchmischung des gasförmigen Gasols mit 2 flüssigen Phasen stellt.

Die zweckmäßigste Lösung dieser Aufgabe ist nur in einer Versuchsanlage größeren Umfanges zu finden. Der Entwurf einer solchen Versuchsanlage befindet sich in Ausarbeitung.

Treibstoffwerk, 13.8.37.

*Grimm*

Anlage zum Bericht vom 13.8.37 über Propylbenzol.

Mischoktanzahlen  
von Benzol und seinen Homologen.

Mischoktanzahl von <u>Propylbenzol</u> in einem	Vol.-% Gehalt an Propylbenzol			
	10%	15%	20%	30%
Benzin mit 52 Res.O.Z.			99	
" " 53,4 "		118,5	116,5	110
" " 61,5 "		105	105	99
" " 70 M.O.Z. (nach Egloff)	105		105	105
Mischoktanzahl von <u>Butylbenzol</u> in einem	Vol.-% Gehalt an Butylbenzol			
	10%	15%	20%	30%
Benzin mit 52 Res.O.Z.			99	
" " 53,4 "		118,5	118	110
" " 61,5 "		105	102	99
" " 70 M.O.Z. (nach Egloff)	108		105	107
Mischoktanzahl von <u>Xylol</u> in einem	Vol.-% Gehalt an Xylol			
	10%	15%	20%	30%
Benzin mit 52 Res.O.Z.			88	
" " 61,5 "		103	105	99
" " 70 M.O.Z. (nach Egloff)	92		92	93
Mischoktanzahl von <u>Toluol</u> in einem	Vol.-% Gehalt an Toluol			
	10%	15%	20%	30%
Benzin mit 52 Res.O.Z.			82	
" " 61,5 "		115	108	104
" " 70 M.O.Z. (nach Egloff)	90		91	93
Mischoktanzahl von <u>Benzol</u> in einem	Vol.-% Gehalt an Benzol			
	10%	15%	20%	30%
Benzin mit 52 Res.O.Z.			79	
" " 53,4 "		106	96	99
" " 61,5 "		98,5	99	92
" " 70 M.O.Z. (nach Egloff)	87		88	90

Nach Mesh und Howes (The Principles of Motor fuel) sind die Mischoktanzahlen von Benzol

Benzol	96
Toluol	106
Xylol	114
Isopropylbenzol	105
Butylbenzol	114
Amylbenzol	123

Betr: Ersatz von Benzol durch Propylbenzol.

Die Berechnung der Oktanzahlverbesserung von Stabilbenzin einerseits durch Benzol und andererseits durch Benzol, das zuvor in Propylbenzol umgewandelt ist, ergibt folgendes:

Nach der Verordnung der Überwachungsstelle für Mineralöle vom 29.4.37 können dem Benzin normalerweise 10 Gew.% Benzol beigegeben werden. Für den Ersatz von 10 t Benzol, die demnach 90 t Stabilbenzin zugemischt werden, können durch äquivalente Mengen Propylbenzol können 2 Fälle unterschieden werden.

1. Fall. Da bei Verarbeitung von 10 t Benzol auf Propylbenzol neben ca. 12,85 t von diesen, auch noch 2,85 t höher siedende, als Motortreibstoff schlecht brauchbare Reaktionsprodukte anfallen, kann der Standpunkt vertreten werden, daß die Zumischung von den brauchbaren 12,85 t Propylbenzol der zulässigen Menge von 10 t Benzol auf 90 t Benzin entspricht.

Diese 12,85 t Propylbenzol + 90 t Stabilbenzin von der Oktanzahl 55, liefern ein Gemisch mit der Oktanzahl 60.

Um mit Benzol allein diese gleiche Oktanzahl im Benzolgemisch zu erreichen, wären 16,5 t auf 90 t Benzin zu verarbeiten.

10 Gew.% Benzol, die vor der Zumischung zunächst auf Propylbenzol verarbeitet werden, liefern also die gleiche Verbesserung der Klopfestigkeit wie 16,5 Gew.% Benzol, die direkt zugemischt werden. Die so erreichte Oktanzahlsteigerung auf 60 genügt für unsere Verhältnisse nicht.

2. Fall. In den nach vorstehender Rechnung zugesetzten 12,85 t Propylbenzol beträgt der tatsächliche Benzolanteil nur ca. 8,5 t = 6,7 % des Benzins. Erhöht man diesen Anteil auf 10 %, betrachtet man also die zulässige Benzolmenge nicht in Bezug auf die Verarbeitung, sondern auf die tatsächliche Zumischung als Bestandteil des Propylbenzols, so können auf 90 t Benzin 15,25 t Propylbenzol = 14,5 % zugesetzt werden. Die Oktanzahl steigt damit auf 60,8. Die gleiche Oktanzahl würde bei 18 Gew.% direktem Benzolzusatz erreicht werden.

Auch diese Oktanzahlsteigerung genügt noch nicht ganz für unsere Verhältnisse, da wir z.Zt. 18 Gew.% Benzolzusatz im alkoholhaltigen Fertigenbenzin = 21,4 Gew.% bezogen auf Stabilbenzin benötigen, um damit im Benzin-Benzolgemisch eine Oktanzahl von 62 zu erreichen. Die gleiche Oktanzahl liefert ein Zusatz von 17,5 % Propylbenzol zum Stabilbenzin in welchem, falls man die Berechnungsweise von Fall 2 beibehält, der Anteil des Benzols 11,65 % ausmacht.

Zu bemerken ist noch, daß das spezifische Gewicht bei Zusatz von 17,5% Propylbenzol zum Stabilbenzin niedriger ausfällt, als bei Zusatz von 21,4 % Benzol. Im ersten Fall besitzt nach Zusatz von 16 Gew. % Alkohol der Treibstoff ungefähr das spez. Gew. 0,718 gegenüber 0,725 im Falle des Benzolzusatzes.

*Grünne*

Labor, den 16.3.37.

## Neb. Propylbenzol-Kostenberechnung

Im Folgenden sind die Umsatzverhältnisse für die Kostenberechnung zu finden, wie sie z. B. bei Verwendung von Ruhsesol ohne nachträgliche Rückverwandlung der Rückstände erreicht werden. Der  $\text{AlCl}_3$ -Verbrauch ist mit 10g/100g Propylen + Butylen eingerechnet, wobei 200g Propylen als Mono-Produkt und 200g als Polyprodukt (über  $190^\circ$  siedend) umgerechnet werden. Als Propylpress wurde 18 Pf./t zu Grunde gelegt. ~~Für die Kostenberechnung~~ Im übrigen werden die Kosten zu Grunde der Alkylbenzol-Kalkulationsanweisung (23. Okt. 35) übernommen.

Für die Verarbeitung von 1 t Benzol mit 280 kg Propylbenzol zu 1280 kg Mono-propyl und 600 kg Polypropylbenzol ergeben sich folgende Preise, die auf Grund einer Inzenerung von ca. 10 t Reaktionsprodukt pro Tag gerechnet sind.

1 t Benzol	270 RM
0,88 t Propylen	158 "
22 kg $\text{AlCl}_3$ 50,85 RM	1,12 "
HCl ca. 10 kg 10 RM/100kg	1,0 "
Dampf für Dest. von 6 t Benzol und 1,28 t Propylbenzol 5 t 9 RM	15,0 "
Materialein	1,0 "
Löhne 3 Mann 3 Sch.	3,0 "
Phom 30 kW	0,95 "
Auflegerkosten $\frac{100000 \cdot 0,21}{10 \cdot 350}$	6,00 "

Übertrag	423,15
Reparaturen 61.	1,70
Direction	1,50
Generatoren	20,00
	<hr/>
	496,35 Rm. =

$$\frac{496,5}{1880} = \underline{\underline{26,4 \text{ Pf/kg}}}$$

Gesamt-Reaktionsprodukt

$$\text{bezw. } \frac{496,5}{1280} = \underline{\underline{38,6 \text{ Pf/kg}}}$$

Monoprodukt

Bei Weiterverarbeitung des Propylrückstands sind nach den vorliegenden Versuchsresultaten aus 600 kg mit 1,5 t Benzol + 100 kg AlCl<sub>3</sub> noch zusätzlich 1 t Monoprodukt zu gewinnen. 300 kg Alkyl sind nicht, 0,66 t Benzol werden nicht umgesetzt.

Die Betriebskosten sind:

0,66 t Benzol	178 Rm
100 kg AlCl <sub>3</sub> (1,2)	25 "
14 ct - 10 kg	1,0 "

Dampf f. Dest. von  
0,66 t Benzol + 1 t Monoprod. 1,5 t 9,50 "

Materialein	4,5	1,00 "
-------------	-----	--------

	269,50
+	496,35
	<hr/>
	765,85 Rm für 2,28 t Monoprod.
=	33,5 Pf/kg
bezw.	$\frac{765,8}{2580} = \underline{\underline{29,6 \text{ Pf/kg}}}$

Gesamtprodukt

9