

den 9. Februar 1938.

117

Herrn Professor Martin,

" Dr. Hagemann,

" Direktor Alberts,

" Dr. GÜthel.

je besonders.

Syntheseversuche mit unraffiniertem Crackbenzin.

Einleitung.

Die vorliegenden Versuche schliessen sich an die Arbeiten über Ölsynthese aus Polymerbenzin an, über die wir am 20.12.37 und 6.1.38 berichteten. Als Ausgangsmaterial für die vorliegenden Versuche wurde ein unraffiniertes Crackbenzin verwandt, das aus der Dieselölfraction 220 - 300° des in der RB normalerweise gewonnenen Fischerbenzins in der Crackanlage des halbtechnischen Ölbetriebes hergestellt worden war. Zu bemerken ist, dass die bei den nachfolgenden Syntheseversuchen anfallende obere Schicht der Einfachheit halber nicht entchlort wurde.

Im Vordergrund der vergleichenden Öluntersuchungen stand die thermische Stabilität der synthetischen Öle. Ausserdem wurde der Einfluss der Temperatur,  $AlCl_3$ -Menge und Siedelage des Ausgangsmaterials auf die Ausbeute und Polhöhe ausgewertet. Es handelt sich also vielfach nicht um neuartige Ergebnisse, sondern um die Sicherung und Bestätigung bekannter Erkenntnisse. Als Grundlage hierzu diente einmal der Einzelversuch, andererseits der Reihenversuch, bei dem das gebildete Kontaktöl noch zweimal benutzt wurde.

Die hier gewonnenen Beobachtungen sollen bei der Verarbeitung eines Crackbenzins, das mittels Gramasil in der Gasphase raffiniert wurde, weiter verwendet werden. Über diese Versuche werden wir später berichten.

Eigenschaften des Ausgangs-Crackbenzins.

Das zu Grunde gelegte Crackbenzin hatte, nach Kattwinkel gemessen, etwa 88 Vol% Olefine. Wie sich dieser Gehalt auf die einzelnen Siedefractionen verteilt, ist aus der Anlage 1 ersichtlich. Teilt man die Ungesättigten der Siedelage nach in 4 Viertel, so ergibt sich folgendes:

Es sieden bis	70° (Dampf)	25,2 %	der Olefine
"	100°	47,9 %	" "
"	140°	75,5 %	" "

Die Fractionen enthalten bis 170°C 85 % und mehr Olefine, dann erst sinkt der ungesättigte Anteil bis 62 % ab. Es liegt also hier ein ähnlicher Typ in Bezug auf die Mengenverhältnisse vor wie bei Polymerbenzin.

Einzelversuch mit Crackbenzin und seinen Siedefractionen.

Die Ergebnisse sind aus der Anlage 2 ersichtlich.

a) Ausbeute: Die Versuche mit dem bei 175° abdestillierten oder auch unveränderten Benzin sind auf der oberen Hälfte der Anlage 2 nach steigender Ausbeute geordnet. Wichtig ist der richtige  $AlCl_3$ -Einsatz; wir erhielten

mit 0,5 % $AlCl_3$	bei 65°C	9,6 %	Rückstandsöl +	11,3 %	Dest.=	20,9 %
" 2,0	"	59,7	"	+ 14,6	"	=74,3 "
" 2,5	"	63,7	"	+ 9,8	"	=73,5 "
" 3,5	"	65,2	"	+ 7,4	"	=72,6 "
" 5,0	"	58,4	"	+ 10,5	"	=68,9 "

Die beste Ausbeute, unter Einbeziehung der Viscosität, liegt also hier nicht bei 5 %, sondern tiefer. Beachtlich ist die hohe Zähigkeit  $V_{50} = 72,5^{\circ}E$  bei dem ersten Versuch, trotz einer Katalysatormenge von nur 0,5 %; es handelt sich hier um eine Art Vorpolymerisation.

Bekanntlich sind viel  $AlCl_3$  und niedere Temperatur der Bildung hochviscoser Öle förderlich. Es wäre interessant, festzustellen, wo die höchst erreichbare Zähigkeit liegt und wie sie zu erreichen ist.

Bei guter Ausbeute enthalten die kleinen Mengen Restbenzin nur 20-30 % nicht umgesetzte Olefine = einige wenige Teile auf 100 Teile eingesetztes Benzin. Es werden also, im Gegensatz zu Polymerbenzin, auch bei niederen Temperaturen wie 65°C über 95 % der

Olefine zur Reaktion gebracht.

Bei guter Ausbeute wie 2135/1 tritt der Anteil der im Vakuum leicht siedenden, niedrigviscosen Destillate sehr gegen das hochviscose Rückstandsöl zurück; hier ist das Mengenverhältnis 1 : 8,8.

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Polymerisations- und Kondensationsvorgänge kann durch Temperaturerhöhung gesteigert werden. Damit wächst jedoch nicht stetig auch die Ausbeute. Wir kommen auf den Einfluss der Temperatur in einer gesonderten Reihe später zurück.

Bei den einzelnen Siedefractionen dieser in feinem Olefingehalt besonders gleichmässigen Crackbenzine zeigen die Mengenverhältnisse der erhaltenen Öle nach Rückstand und Destillat ein ganz ähnliches Bild, das nur modifiziert ist durch den fallenden Gehalt an Olefinen. Selbst bei der Fraktion 150 - 175° wird noch ein Öl von 21,9°E in guter Ausbeute gebildet. Die Temperatur für eine völlige Umsetzung wird sich etwas nach oben verschieben, da ja die Homologen mit steigender C-Zahl reaktionsträger werden. Nur bei den Fraktionen über 175° fallen dünnere Öle an, V<sub>50</sub> geht auf 10-14°E zurück; aber auch hier bleibt der Anteil der Destillate, die im Vakuum unter 250° (Fl.) sieden, günstig gering, bei fast vollständigem Umsatz der gesamten ungesättigten Kohlenwasserstoffe, Temperaturen von 80-95° vorausgesetzt.

b) Polhöhe: Geht man von ungeteilten Crackbenzin aus, so liegen die Polhöhen um 1,8. Im Gegensatz zu Polymerbenzin gibt das Crackbenzin also ausgezeichnete Öle. Bei steigender Ausbeute vermindert sich dieser Wert noch bis etwa 1,72, da dann auch die reaktionsträgeren hohen, hauptsächlich über 175° siedenden Homologe umgesetzt werden. Die gleiche Beobachtung wurde des öfteren auch im halbtechnischen Ölbetrieb gemacht. Im halbtechnischen Betrieb hat sich ferner gezeigt, dass die Polhöhen durch zu reichliche Kondensatbenzinmengen ungünstig beeinflusst werden d.h. die mittleren Fraktionen von ca. 50-175° geben langsam fallende Polhöhen, über 175 und unter 50° treten die gekennzeichneten Abweichungen auf. Für die Fraktion gilt: Je höher die Siedelage, umso besser die Polhöhe; so lieferte die kleine Fraktion über 175° Öle von 1.59 - 1.56.

c) Thermische Stabilität: Misst man diesen Wert bei 325° im Aluminiumblock, so vermag, im weiten Anstand von Grünring, kein Öl seine Zähigkeit innerhalb 3 Stunden zu erhalten. Immerhin

Durchschrift

nimmt in gewissen engen Grenzen die Stabilität mit steigender Siedelage des Ausgangsbenzins zu. So erreicht die höchste Fraktion über  $175^{\circ}$  eine thermische Stabilität von 75 - 85 %. Diese Abhängigkeit gilt für Öle, die unter  $100^{\circ}$  hergestellt wurden. Steigert man dagegen die Temperatur während der Synthese über  $100^{\circ}$  bis  $180^{\circ}\text{C}$ ; so gelingt es, nach aus ungeteiltem Crackbenzin ein Öl von 91 % Stabilität herzustellen. Die Wärmebeständigkeit eines synthetischen Öles ist demnach 1) von der Siedelage des Ausgangsmaterials, 2) von der Temperatur, die bei der Synthese herrschte, abhängig. Die Ergebnisse werden durch die Syntheserversuche bei verschiedenen Temperaturen (Abschnitt 4) gesichert.

Reihenversuche mit Crackbenzin und seinen Siedefractionen.

Gemäss Anlage 3 wurden folgende Beobachtungen gemacht:

a) Ausbeute: Die besten Werte ergab der Versuch 2135 mit einem Zusatz von 3,5, dann 1,5, dann 1,5 %  $\text{AlCl}_3$ . Hier nahm jeweils der Anfall an Rückstandsöl, gemessen bei  $250^{\circ}$  (Fl.), zu. Bei zu geringen Kontaktmengen sinken in der 2. und 3. Stufe einer Reihe Ausbeute und  $V_{50}$ , hingegen steigen die Destillatmengen. Wir bemerken, dass diese Zahlen weniger absolute als relative, richtungweisende Bedeutung haben; die Synthesen im kleinen Maßstab des Laboratoriums, unter Benutzung eines Rückflusskühlers, vollziehen sich nicht so glatt und günstig wie in der technischen Apparatur.

Bei der Fraktion über  $175^{\circ}$  zeigt sich deutlich die niedrigere Zähigkeit der gebildeten Rückstandsöle.

b) Polhöhe: Entsprechend dem engen Zusammenhang mit der chemischen Natur der aufbauenden Olefine liegen für Crackbenzin die Zahlen allgemein um 1,8, für die hohe Siedefraktion über  $175^{\circ}$  bei 1,54 bis 1,59.

c) Die thermische Stabilität entspricht in den Reihenversuchen unseren Ausführungen im Abschnitt 2c: Bei den Ölen, die aus dem ungeteilten Crackbenzin bis etwa  $80^{\circ}\text{C}$  gewonnen werden, streuen die  $325^{\circ}$ -Werte zwischen 29 - 58 %, für die Produkte aus der hohen Siedefraktion zwischen 66 - 86 %. Wie die Polhöhe ist also auch die Wärmebeständigkeit ein Wert, der von der Art des olefinischen Ausgangsmaterials abhängt. Welche Abhängigkeit zu der bei Synthese herrschenden Temperatur besteht, soll im nächsten Abschnitt erläutert werden.

Syntheseveruche bei verschiedenen Temperaturen.

Ungeteiltes Crackbenzin wurde mit 5 %  $AlCl_3$  bei  $60^\circ$  im Rückflusskühler, bei höheren Temperaturen bis  $180^\circ$  im Rührautoklav solange <sup>unw</sup>engesetzt, dass mit einer guten Ausbeute gerechnet werden konnte. Für den vorliegenden Zweck erschien eine umständliche Bestimmung der bei der jeweiligen Arbeitstemperatur möglichen, optimalen Ausbeute nicht erforderlich. Nach den vorliegenden Ergebnissen (Anlage 4) verschiebt sich das Verhältnis des erhaltenen Schmieröles zu den dünneren Destillaten mit steigender Temperatur immer mehr zu Ungunsten des Schmieröles. In gleicher Richtung sinkt die Viscosität des bei derselben Temperatur im Vakuum abgeschnittenen Rückstandsöles.

Auf die Polhöhe ist die Synthesetemperatur ohne Einfluss. Dagegen wirkt sie auf die thermische Stabilität stark bestimmend; die Untersuchung der Öle im Al-Block nach Erhitzung 3 Stdn. auf  $325^\circ$  (Öl) ergab:

Synthesetemperatur =	60	70	117	150	$180^\circ$
$V_{50}$ erhalten zu	51	84	91	97	90 %.

Der  $180^\circ$  - Wert wurde an einem anderen, höher viscosen Öl (Versuch 2118) bestätigt.

Gemessen ~~war~~ durch die air ministry-Alterung bei  $200^\circ$  ist keine Beziehung zwischen chemischer Beständigkeit und Synthesetemperatur erkennbar (Anlage 4, letzte Zeile). Auch bei erhöhter Temperatur hergestellt dicken die Öle stärker ein, als es nach dieser Vorschrift zulässig ist.

Einige Beobachtungen über Wärmetönung von Produkten verschiedener Synthesen.

a) Wechselnder Einsatz von  $AlCl_3$ : Auf Anlage 2 sind einige Einzelsynthesen aufgeführt, die mit geringen (0.5 %), unzulänglichen (2 %) und reichlichen Mengen (5 %) Katalysator durchgeführt waren. (Nr. 2170/1-3). Von diesen 3 Synthesen wurden einmal die gereinigten, gesamten oberen Schichten, andererseits die durch Destillation abgetrennten Restbenzine auf ihr Verhalten gegen  $AlCl_3$  bzw.  $P_2O_5$  haltige Schwefelsäure untersucht. Die ersteren enthalten neben den gesamten Polymerisationsprodukten noch die nicht in Reaktion getretenen Ausgangsolefine, die letzteren nur die olefinischen, ungesättigten Kohlenwasserstoffe. Die Konzentration dieser Stoffe wurde <sup>Durchschnitt</sup> nicht durch Verdünnung abgeändert.

Misst man die Erwärmung beim Zusatz einer bestimmten Menge  $AlCl_3$ , so ergibt sich das Kurvenblatt der Anlage 5: das Restbenzin erwärmt sich entsprechend dem olefinischen Gehalt naturgemäss verschieden stark. Die Steigerung des Katalysatoreinsatzes von 2 auf 5 % bleibt hierbei sichtbar. Geht man von der gesamten oberen Schicht aus, so vermindern sich die Wärmetönungen, für 0.5 % sogar beträchtlich, da die Polymerisate mit  $AlCl_3$  nicht reagieren, also mehr als Verdünnungen wirken.

Anders bei Zumischung von  $P_2O_5$ -haltiger Schwefelsäure (Anlage 6): Hier wirken sich die Reaktionen der Schwefelsäure mit dem mono-olefinischem Ausgangsmaterial und den bereits polymerisierter Anteilen so aus, dass die Wärmetönungen von Restbenzin einerseits und der gesamten oberen Schicht andererseits praktisch gleich sind. Vorpolymerisate, selbst Schmieröl als Endergebnis der normalen technischen Synthese, erwärmen sich, im Gegensatz zu Mineralölen wie Grünring, beim Vermischen mit Schwefelsäure erheblich. Und erst die von uns ausgearbeitete Nachbehandlung nimmt den synthetischen Schmierölen diesen Mangel.

b) Ablauf einer Synthese mit 2,5 %  $AlCl_3$ -Einsatz. Um die Vorgänge bei der Synthese weiter zu klären, werden aus einer Umsetzung von Crackbenzin mit 2,5 %  $AlCl_3$  bei  $70^\circ C$  stündlich entnommene grössere Proben obere Schicht bis  $250^\circ$  (Flüssigkeit) abdestilliert. Bestimmt man in dem so erhaltenen Restbenzin 1) die olefinischen Anteile 2) die bei Zugabe von  $AlCl_3$  nach 10 Minuten eingetretene Temperaturerhöhung, so ergibt sich folgendes Bild (Nr. 2171):

Probe nach	Anteil Benzin in ob. Schicht	Gehalt i/Benzin an Olefinen	Temperaturerhöhung nach 10 Minuten
1/2 Std.	73 %	85 %	3,4 °C
1 1/2 "	52 "	79 "	7,5 "
2 1/2 "	38 "	71 "	9,1 "
3 1/2 "	30 "	64 "	7,1 "
4 1/2 "	15 "	40 "	4,8 "
5 1/2 "	16 "	33 "	3,2 "
6 1/2 "	16 "	31 "	2,1 "

Entsprechend der rasch ablaufenden Ü Bildung vermindert sich im Lauf der Synthese Benzinanteil und Olefingehalt des Restbenzins sehr bald; überraschenderweise liegt jedoch die stärkste Reaktionsfähigkeit des noch nicht umgesetzten Benzins nicht am Anfang, sondern bei 2 1/2 Std.

Wir kommen in unserem nächsten Bericht auf diese Beobachtungen zurück.

Dieser Bericht wird sich mit den Synthesen aus einem Crackbenzin bestätigen, das durch Überleiten über Gramasil in der Gasphase raffiniert wurde.

*Claw*

6 Anlagen.

Anlage 1Olefingehalt des unraffin. Krackbenzins.

Das <sup>bis</sup> bei 175° (Dämpfe gemessen) mit einer Wiedmerkolonne langsam abdestillierte unraffinierte Krackbenzin wurde in einer ähnlichen kleineren Kolonne in Siedefractionen aufgeteilt und nach Kettwinkel auf Olefine untersucht. Der Einsatz betrug 400 cm<sup>3</sup>. Das ungeteilte Benzin enthielt 88 Vol % Olefine.

Temperatur Dämpfe	Fraktion Vol %	Gehalt der Fraktion an Olefinen Vol %	Aufteilung Olefine 88 = 100 gesetzt
20- 40°	7,4 %	85 %	7,2 % <u>Summe</u>
40- 50	6,5	85	6,3
50- 60	5,5	90	5,6
60- 70	6,2	88	6,1 = 25,2
70- 80	6,6	91	6,8
80- 90	8,3	94	8,9
90-100	6,7	93	7,0 = 47,9
100-110	5,8	92	6,0
110-120	6,8	91	7,0
120-130	8,2	91	8,5
130-140	6,2	88	6,1 = 75,5
140-150	6,3	90	6,5
150-160	5,7	88	5,7
160-170	4,3	86	4,2 = 91,9
170-180	5,7	78	5,1
180-187	2,3	72	2,0
Rückstand	<u>1,5</u>	62	<u>1,0 = 100,0</u>
	100,0 Vol%		100,0 %

Einzelne Synthesversuche mit unraffiniertem Krackbenzin.

Benzin	Bedingungen der Synthese		erhaltenes Rückstandsöl bei t Fluss.		Ausbeute %	Öl- Destillat %	Ausgang %	Olefine im Restbenz. %	Öl- V. Polhöhe	Öl- Block 325°	Vers.Nr.
	AlCl <sub>3</sub>	Std.	V <sub>50</sub>	Ausbeute %							
0 bis 175° undestill.	0,5% AlCl <sub>3</sub>	11 Std. bis 65°	250	72,5	9,6	11,3	91	83	-	-	2170/1
"	2,3%	" " " 180° (Autokl.)	275	12,8	49,5	17,9	78	-	-	-	2118
0 bis 175°	5,0%	" " " 117° (Autokl.)	235	14,2	56,5	16,6	90	8	1,84	91	2199/5
"	2,5%	" " " 85°	250	15,1	57,1	8,2	89	20	1,77	91	2125/1
"	2,0%	" " " 65°	"	18,9	58,7	14,6	91	34	1,82	57	2170/2
"	5,0%	" " " 65°	"	18,5	58,4	10,5	91	30	1,81	-	2170/3
"	2,5%	" " " 80°	"	19,6	63,6	9,0	89	27	1,76	29	2125/II
"	2,5%	" " " 65°	"	21,3	63,7	9,8	90	38	1,74	58	2134/1
"	3,5%	" " " 65°	"	21,1	65,2	7,4	90	28	1,72	48	2135/1

Einzelne Siedefractionen.

Fr. bis 95°	5,0% AlCl <sub>3</sub>	19 Std. bis 80°	200	18,2	61,6	0,8	82	22	} 1,86	61	2119
95 " 123	5,0%	" " " 95°	"	14,2	58,5	3,9	80	16			
123 " 150	5,0%	" " " 95°	"	17,3	57,2	3,6	68	20	} 1,70	76	"
150 " 175	5,0%	" " " 95°	"	21,9	53,0	10,6	72	12			
Fr. bis 90°	3,5%	" " " 60°	250	23,8	62,7	3,9	86	36	1,96	51	2144
90 " 150	3,5%	" " " 75°	"	17,35	66,1	4,6	85	32	1,75	53	"
150 " 175	3,5%	" " " 85°	"	19,0	60,2	7,1	80	12	1,55	72	"
Fr. ub. 175°	2,5%	" " " 80°	250	10,2	46,8	13,7	65	18	1,59	78	2133/1
"	3,5%	" " " 95°	"	10,8	44,9	9,6	69	10	1,58	86	2138/1
"	3,5%	" " " 95°	"	14,3	41,5	14,1	70	14	1,56	74	2165/1

Reihenversuche über die Synthese mit unraffiniertem Krackbenzin.

Das gebildete Kontaktöl wurde erneut noch 2 mal verwendet.  
Apparat ein Rückflaskühler.

Benzin	Bedingungen der Synthese		erhaltenes Rückflasköl bei t Flüss.	Ausbeute %	Öl- Destillat %	Olefine im Ausgang		Öl V Polhöhe	Öl Blöck 25°	Vers.Nr.
	2,5% AlCl <sub>3</sub>	11 Std. bis 80°				Restbenz.	Polhöhe			
0 bis 175°	2,5%	11 Std. bis 80°	250	63,6	9,0	89	27	1,76	29	2125/II
"	0,5%	" " " 80°	"	36,1	19,7	89	60	1,92	41	"
"	0,5%	" " " 80°	"	23,2	20,2	89	78	1,94	44	"
"	2,5%	" " " 85°	250	57,1	8,2	89	20	1,77	57	2125/I
"	0,5%	" " " 80°	"	52,2	12,9	89	66	1,82	56	"
"	0,5%	" " " 80°	"	30,7	13,6	89	76	-	46	"
"	2,5%	" " " 65°	250	63,7	9,8	90	38	1,74	58	2134
"	1,0%	" " " 75°	"	64,2	8,1	90	53	1,73	52	"
"	1,0%	" " " 80°	"	69,9	10,1	90	24	-	50	"
"	5,0%	" " " 60°	250	56,0	9,0	90	39	1,79	51	2203
"	2,0%	" " " 70°	"	63,5	8,9	90	29	1,79	53	"
"	2,0%	" " " 85°	"	71,6	7,3	90	15	1,83	55	"
"	3,5%	" " " 65°	250	65,2	7,4	90	28	1,72	48	2135
"	1,5%	" " " 75°	"	70,6	8,8	90	25	1,77	49	"
"	1,5%	" " " 80°	"	71,2	11,2	90	19	1,76	38	"
<b>Einzelfraktion</b>										
über 175°	2,5%	11 Std. bis 80°	250	46,8	13,7	65	18	1,59	78	2133
"	0,5%	" " " 80°	"	11,1	9,1	65	58	-	-	"
"	0,5%	" " " 80°	"	6,1	4,6	65	65	-	-	"
"	3,5%	" " " 95°	"	44,9	9,6	69	10	1,58	86	2138
"	1,5%	" " " 95°	"	50,6	14,6	69	16	-	84	"
"	1,5%	" " " 95°	"	40,6	12,3	69	34	-	74	"
"	3,5%	" " " 95°	250	41,5	14,1	70	14	1,56	74	2165
"	1,5%	" " " 95°	"	54,1	13,5	70	15	1,56	65	"
"	2,0%	" " " 95°	"	43,3	18,8	70	20	1,54	66	"

Synthesen mit 5 % Al Cl<sub>3</sub> bei verschiedenen Temperaturen.  
Das bis 175°D destillierte, unraffinierte Krackbenzin wurde mit 5 % Al Cl<sub>3</sub> umgesetzt. Es hatte 88 Vol % Olefine.

	60°	70°	117°	150°	180°
Versuchsnummer	2203/1	2199/8	2199/5	2199/9	2199/6
Synthese	11Std-60°	5Std 70°	5Std 117°	5Std 150°	5Std 180°
Apparat	Rfl.Kühl.	Autoklav	Autoklav	Autoklav	Autoklav
<u>1) Produkte der Synthese</u>					
a) Schmieröl 200°D	56,0 %	53,1 %	56,5 %	46,5 %	41,5 %
b) Vakuumdestillate	9,0 %	11,9 %	16,6 %	22,0 %	20,2 %
Verhältnis a : b	6,2	4,5	3,4	2,1	2,05
c) neues Kontaktöl	13,6 %	18,5 %	10,6 %	7,0 %	12,4 %
Summe a+b+c	78,6 %	83,5 %	83,7 %	75,5 %	74,1 %
d) Restbenzin	19,0 %	11,0 %	12,3 %	19,7 %	20,2 %
<u>2) Olefine</u>					
Olefine je 100 Restbenzin	39 %	16,0 %	8,0 %	12,0 %	14,0 %
Restolef. je 100 Krack "	7,4	1,8	1,0	2,4	2,8
<u>3) Schmieröl = 1a</u>					
V <sub>50</sub>	18,3	16,8	14,0	11,7	11,3
Flammpkt.	237	256	255	245	248
V Polhöhe	1,79	1,80	1,84	1,80	1,81
V Index	105	104	101	104	104
thermisch Block 325°	51 %	84 %	91 %	97 %	90 %
aus min. Alterung +V <sub>50</sub>	-	+165%	+148%	+186%	+150%

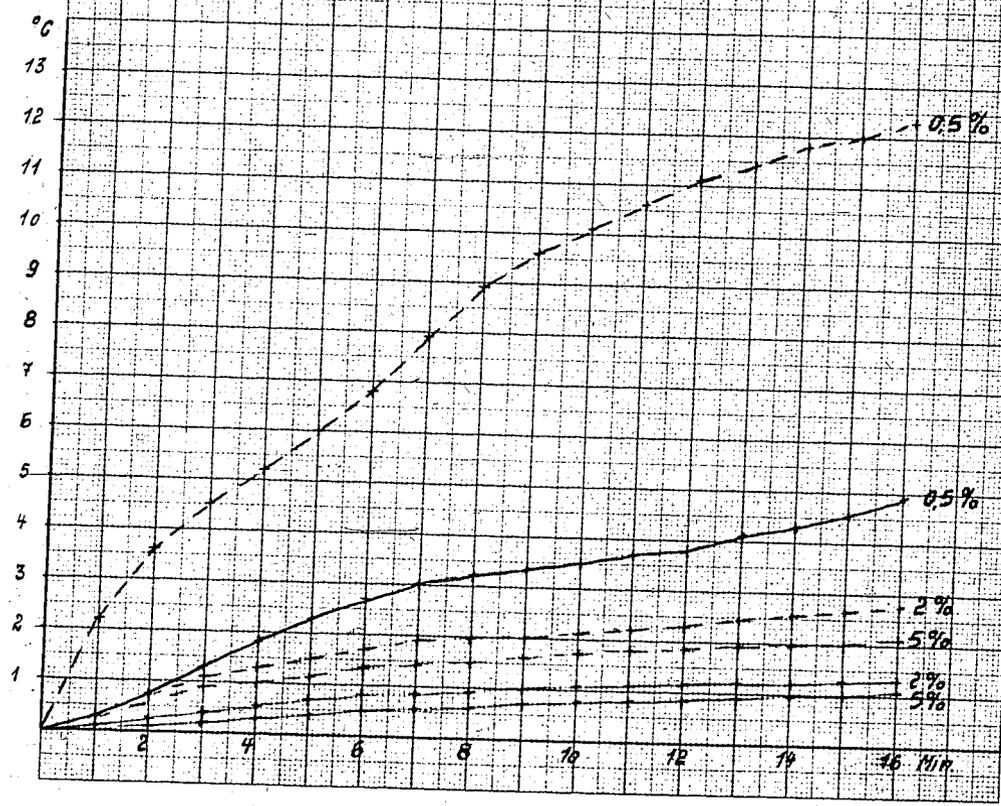
Synthesen aus unraffin Crackbenzin mit verschiedenen AlCl<sub>3</sub>-Mengen

Wärmetönung 2000<sup>3</sup> Benzin oder obere Schicht 1g AlCl<sub>3</sub>

obere Schicht aus Synthese mit 0,5% AlCl<sub>3</sub> Benzin

obere Schicht aus Synthese mit 2% AlCl<sub>3</sub> Benzin

obere Schicht aus Synthese mit 5% AlCl<sub>3</sub> Benzin



Synthesen aus unraffin. Crackbenzin mit  
verschiedenen  $AlCl_3$ -Mengen

Wärmetönung 2cm<sup>3</sup> Benzin oder obere Schicht + 2cm<sup>3</sup>  $FeO_3$ -Schwefelsäure

- obere Schicht aus Synthese mit 0,5%  $AlCl_3$   
Benzin " " " " " "
- obere Schicht aus Synthese mit 2%  $AlCl_3$   
Benzin " " " " " "
- obere Schicht aus Synthese mit 5%  $AlCl_3$   
Benzin " " " " " "

