

Schmieröl aus Kogasin und Teerdestillationsprodukten

IX. Mitteilung

Über Katalysatoren

(Dr. Herbert Kölbl und Dr. Albert Meusel)

Inhalt:	Seite
Einleitung	1
1. Fortlaufende Kondensation auf Resten Doppelverbindung	2
2. Aktivierung des Aluminiums mit Doppel- verbindung oder Aluminiumchlorid	2 - 4
3. Einfluss der Katalysatormenge	4 - 6
4. Zusätze von Zink, Magnesium und Bleich- erde zur Kondensation	6 - 7
5. Aluminiumlegierungen als Katalysatoren für die Schmierölsynthese	7 - 11
Zusammenfassung	12

Einleitung

Die der vorliegenden Mitteilung zugrunde liegenden Versuchsarbeiten erstrecken sich über einen Zeitraum von etwa 1 1/2 Jahren. Sie sind nach katalytischen Gesichtspunkten zusammengestellt worden. Ein weiterer Abschnitt über die Nachbehandlung der Schmieröl-Doppelverbindung konnte aus zeitlichen Gründen nicht fertiggestellt werden. Er wird einer bald folgenden X. Mitteilung beigelegt werden.

1. Fortlaufende Kondensation auf Resten Doppelverbindung.

Bei der Entleerung des Kondensationsproduktes bleiben stets Reste der zähflüssigen Doppelverbindung an den Gefäßwänden haften. Im Laboratorium wurde bisher ausschliesslich in gesäuberten Gefässen gearbeitet, um unbestimmbare Nebeneinflüsse durch Rest der Doppelverbindung vorhergehender Versuche auszuschliessen. Im Hinblick auf die technische Durchführung des Verfahrens musste nun geprüft werden, ob eine fortlaufende Kondensation, ohne vorhergehende Reinigung der Behälter, auf den Resten der an den Wänden haftenden Doppelverbindung ohne nachteiligen Einfluss auf die Qualität der gewonnenen Schmieröle möglich sei.

Abweichend von der späterhin üblichen Arbeitsweise wurde bei der hier zu besprechenden Versuchsreihe 1 1/2 Stunden nach Reaktionsbeginn noch mit 33 % (0,6 g) der zur Hauptkondensation verwandten Katalysatormenge (1,8 g aktiv. Al) nachkondensiert. Nach Beendigung der Kondensation - 2 Stunden nach Reaktionsbeginn - wurde das Produkt heiss ausgeleert und sofort neues Ausgangsprodukt eingefüllt. Nach Zugabe des Katalysators (aktiv. Aluminium) wurde in üblicher Weise HCl eingeleitet.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tafel 1 wiedergegeben.

Tafel 1: Fortlaufende Kondensation auf Resten Doppelverbindung

Normalansätze: 144 g Cl-Kogasin (20 % Cl bez. auf Kogasin)
125 g C₁₀H₈, 203 g Schwerbenzin, 1,8 g aktiv. Al, 0,6 g
aktiv. Al zum Nachkondensieren.

Vers. Nr.	Anlaufzeit in min.	Dianaubeute in g	E/20°	E/50°	VP.	Cl-Nachweis	Conradsontest frisch	Conradsontest gealtert	Stoekpunkt
237 a	6	140	69,1	10,94	2,05	-	0,51	0,58	-12,5
b	3	141	73,4	11,44	2,06	-	0,48	0,53	-12,5
c	0	138	74,7	11,57	2,07	-	0,56	0,60	-14

Die erhaltenen Schmieröle zeigen in ihren sämtlichen analytischen Daten eine hervorragende Übereinstimmung. Unterschiede in der Qualität ergeben sich somit nicht. Bemerkenswert ist die Herabsetzung der Anlaufzeit bei Verwendung von geringen Mengen Doppelverbindung. Unter Anlaufzeit ist die Zeit zu verstehen, die zwischen Einfüllen des Katalysators und Beginn der Kondensationsreaktion vergeht. Sie beträgt normalerweise, ohne Anwendung von Doppelverbindung, etwa 6 - 10 Minuten, bisweilen auch 15 Minuten. Interessant ist nun das schnellere Ingangkommen der Reaktion bei Anwesenheit der geringen Menge Doppelverbindung, die beim Ausleeren des Gefäßes an den Wandungen haften bleibt.

Der Doppelverbindung kommt somit, selbst in geringer Menge, eine deutliche aktivierende Wirkung zu. Diese Beobachtung gab Veranlassung zu einer Untersuchung, ob die Aktivierung durch Doppelverbindung schliesslich die etwas umständliche und technisch durchaus nicht einfach durchführbare Aktivierung des Aluminiums mit Quecksilber ersetzen könnte.

2. Aktivierung des Aluminiums mit Doppelverbindung oder Aluminiumchlorid.

In Anlehnung an die bei der Aktivierung mit Quecksilber übliche Arbeitsweise wurde zunächst das gepante Reinaluminium durch eine Behandlung mit 2 n NaOH angeätzt, um durch diese Behandlung eine Aufräumung der Oberfläche und damit eine grössere Reaktionsfähigkeit zu erzielen. Das angeätzte Material wurde sodann gewaschen und getrocknet. Als Aktivierungsmittel diente die beim Ausleeren an den Wandungen des Gefäßes haften gebliebene Doppel-

Verbindung eines vorhergehenden Versuchs, etwa 4,5 bis 5 g. Nach Einfüllen des Al-Katalysators wurde HCl eingeleitet. Die Kondensationsreaktion kam nach einer Anlaufzeit von 8 Minuten bereits in Gang. Ein Unterschied gegenüber amalgamiertem Aluminium trat also in dieser Hinsicht nicht zu Tage.

Tafel 2: Aktivierung mit Doppelverbindung und Aluminiumchlorid
Normalansatz mit 1,8 g Aluminium

Vers.Nr.	akti- viert mit	Anlauf- zeit in Min.	Olaus- beute in g	E/20°	E/50°	Vp.	Cl- Nach- weis	Conradsonstest	
								frisch	gealtert
241 ⁺)	DV	8	153	106,3	15,01	2,11	-	0,89	0,98
243	DV	4	142	66,2	10,45	2,10	-	0,42	0,50
246	DV	2	146	64,0	10,26	2,08	-	0,48	0,57
259	AlCl ₃	2	140	91,1	13,50	2,07	-	0,54	0,63

⁺) Aluminium mit NaOH angeätzt.

Wie die Analysendaten des erhaltenen Schmieröls (Vers. 241, in Tafel 2) im Vergleich mit den Versuchen 243 und 246 (aus demselben Chlorkogasin gewonnen) erkennen lassen, ist ein verhältnismässig zähes Schmieröl in hoher Ausbeute entstanden. Die hohe Verkokungsneigung lässt vielleicht darauf schliessen, dass das Kontaktmaterial trotz des Waschens nicht völlig-alkalifrei war.

Nach dem günstigsten Verlauf dieses Versuchs wurde in den beiden nächsten Versuchen 243 und 246 (Tafel 2), die zwecks Prüfung der Reproduzierbarkeit beide in gleicher Weise durchgeführt wurden, auf die Ätzung verzichtet und das Aluminium in ungereinigter Form, im Anlieferungszustand, verwandt. Die Anlaufzeit war geringer als im Vorversuch, sie betrug in Versuch 246 sogar nur 2 Minuten. Die beiden Öle zeigen gute Übereinstimmung untereinander und unterscheiden sich in nichts von den Ölen, die mit quecksilberaktiviertem Aluminium erhalten werden.

Man kann somit auf die Amalgamierung der Aluminiumspäne verzichten, wenn dem Katalysator etwa die 2,5-fache Menge seines Gewichtes an Doppelverbindung zum Zwecke der Aktivierung zugegeben wird. Dies ist, wirtschaftlich gesehen, für die Durchführung der Schmier-

Ölsynthese von grossem Vorteil. Die Katalysatorkosten werden durch diese Massnahme nicht unerheblich gesenkt.

Sollte beim Anfahren der Schmierölsynthese Doppelverbindung einmal nicht zur Verfügung stehen, so kann man sich, wie Versuch 259 in Tafel 2 erkennen lässt, in einfacher Weise durch Zusatz von Aluminiumchlorid (etwa 15 % bezogen auf Al-Katalysator) helfen, Aluminiumchlorid zeigt die gleiche Wirkung.

Zusammenfassung 1 und 2: Es bestehen keine Bedenken, die Kondensation in mit Doppelverbindung verunreinigten Gefässen durchzuführen. Man kann im Gegenteil unter diesen Bedingungen sogar auf eine Aktivierung des Aluminiumkatalysators mit Quecksilber verzichten. Für die Aktivierung benötigt man etwa die 2,5-fache Menge Doppelverbindung (4,5 g DV für 1,8 g Al). $AlCl_3$ (etwa 15 % bezogen auf Al) hat die gleiche Wirkung wie Doppelverbindung.

3. Einfluss der Katalysatormenge.

In einigen orientierenden Versuchen ist untersucht worden, welchen Einfluss eine Erniedrigung der Katalysatormenge auf Ausbeute und Eigenschaften der synthetischen Schmieröle ausübt. Es war zu erwarten, dass mit der Verringerung der Katalysatormenge auch eine geringere Menge Doppelverbindung anfallen würde und dass damit, - da die Bildung der Doppelverbindung auf Kosten der Schmierölausbeute erfolgt, - eine Erhöhung der Schmierölausbeute eintreten würde.

Es wurden, um gleichzeitig die Reproduzierbarkeit zu prüfen, jeweils 2 Versuche angesetzt, einmal mit 50 %, das andere Mal mit etwa 75 %, der normalen Katalysatormenge. Ein weiterer Versuch mit etwa 67 % der normalen Aluminiummenge, dem die restlichen 33 % in Form von Al-Bronze zugesetzt wurden, ist mit der vorgenannten in Tafel 3 zusammengestellt.

Tafel 3: Einfluss der Katalysatormenge

Normalansätze

Vers.Nr.	Al-Katalysator		Ölaus- beute in g	E/20°	E/50°	Vp.	Öl- Nach- weis	Conradsonwert	
	g	% d. Normal- menge						frisch	gealtert
217	0,9	50	164	150	19,17	2,18	+	0,75	0,81
222	0,9	50	163	129,6	17,67	2,09	+	0,77	1,11
224	1,4	75	145	94,7	13,43	2,18	-	0,73	0,87
226	1,4	75	150	84,9	12,58	2,12	+	0,66	0,84
230	1,2 + 0,6 Al- Bronze	67 + 33	146	114,4	15,53	2,19	-	0,60	0,71

Die Ergebnisse in Tafel 3 zeigen, dass mit der Herabsetzung der Katalysatormenge auf 50 % eine beträchtliche Steigerung der Schmierölausbeute verbunden ist, (Versuche 217 und 222). Gleichzeitig steigt auch die Viskosität an. Nachteilig ist jedoch, dass die Öle nicht genügend entchlorigt sind, worauf auch erfahrungsgemäss die erhöhte Verkokungsneigung dieser Öle zurückzuführen ist. Öl 222 zeigt zudem eine wenig gute Alterungsbeständigkeit.

Bei Verwendung von 75 % der Normalkontaktmenge sind die Unterschiede nicht mehr so ausgeprägt; die Ölausbeute gleicht etwa den Normalbedingungen, desgleichen die Viskosität. Die Entchlorigung ist nur im Versuch 224 ausreichend, dagegen liegen die Koksteste noch verhältnismässig hoch.

Normalverhältnisse ergeben sich schliesslich, wenn bei Anwendung von 67 % der Normal-Aluminium-Menge die restlichen 33 % in Form von Al-Pulver (Bronze) zugefügt werden, ohne dass jedoch das feinverteilte Metallpulver irgendwelche Vorteile bieten würde.

Wie in früheren Mitteilungen gezeigt wurde, wird während der Kondensationsreaktion bei der Umsetzung von metallischem Aluminium mit Chlorwasserstoff Wasserstoff frei, der im atomaren Zustand sicherlich zu Hydrierungsreaktionen Anlass gibt. Hiermit glauben wir die verhältnismässig niedrige Verkokungsneigung und die hervorragende Alterungsbeständigkeit der an metallischem Aluminium synthetisierten Öle gegenüber den $AlCl_3$ -Schmierölen erklären zu können. Es ist verständlich, dass bei Anwendung einer geringeren

Aluminiummenge die Hydrierung der gebildeten Schmierölmoleküle infolge einer geringeren Wasserstoffentwicklung nicht so vollkommen ist. Der höhere Conradsontest und die geringere Alterungsbeständigkeit fanden damit ihre Erklärung.

Das Ziel unserer weiteren Arbeiten war nun, die mit der Höheren Ölausbeute leider zwangsläufig verbundenen qualitativen Nachteile zu beseitigen. Es tauchte hier der Gedanke auf, den für die Absättigung der reaktionsfähigen ungesättigten Ölbestandteile erforderlichen Wasserstoff an solchen Metallen entwickeln zu lassen, deren Chloride in weniger starkem Masse als $AlCl_3$ die Neigung zeigen, mit Ölbestandteilen eine Doppelverbindung zu bilden.

4. Zusätze von Zink, Magnesium und Bleicherde zur Kondensation.

Es ist bekannt, dass in der organisch-chemischen Praxis Zink in feinverteilter Form als Zinkstaub wegen seiner leichten Reaktionsfähigkeit häufig als Hydrierungsmittel Verwendung findet. Wir versuchten deshalb, den bei Anwendung einer geringeren Aluminiummenge fehlenden Wasserstoff durch Umsetzung von Zinkstaub mit dem bei der Kondensation freiwerdenden Chlorwasserstoff zu gewinnen.

Zu dem Zweck wurde dem Kondensationsgemisch neben der halben Al-Menge noch 1,8 g Zinkstaub zugesetzt (Versuch 225 in Tafel 4). Die Erwartungen wurden nicht erfüllt. Vergleicht man die

Tafel 4: Zusätze von Zink, Magnesium und Bleicherde zur Kondensation

Vers. Nr.	aktiv. Al g	Zusatz	Schmieröl g	E/50°	Vp.	Cl-Nachweis	Conradsontest	
							frisch	gealtert
225	0,9	1,8 g Zn	158	17,58	2,07	+	1,00	1,8
207	1,8	1,8 g Zn	148	11,07	2,19	-	0,42	0,53
216	1,8	4 g Zn	144	13,04	2,14	-	0,64	0,70
223	1,8	1,8 g Mg	155	8,34	2,10	-	0,59	0,70
190	1,8	8,5 g Ton-sil	149	14,08	2,23	-	0,62	0,71

Versuche 222 (Tafel 3) und 225 (Tafel 4) so ist festzustellen: Die Schmierölausbeute ist bei Zusatz von Zinkstaub von 163 g auf 158 g zurückgegangen, liegt jedoch auch so noch höher als bei Anwendung der normalen Al-Menge. Bezüglich Viskosität

und Polhöhe wurden übereinstimmende Ergebnisse erzielt, bedingt durch die in beiden Fällen gleich niedrige Aluminiummenge. Beide Öle enthalten noch Chlor. Das, was der Zusatz von Zinkstaub bewirken sollte, eine Senkung des Conradsontestes und Verbesserung der Alterungsbeständigkeit, ist nicht eingetreten, im Gegenteil, bezüglich dieser Kenndaten ist das Öl 225 noch schlechter ausgefallen.

Weitere Versuche in Tafel 4, die mit der normalen Aluminiummenge angesetzt wurden und Zusätze von Zinkstaub (1,8 g in 207, 4 g in 216) bzw. Magnesiumspäne (Versuch 223) enthielten, lassen gleichfalls keine Verbesserung des Conradsontestes erkennen.

Schliesslich ist noch ein Versuch vermerkt, bei dem die Kondensation bei gleichzeitiger Anwesenheit von 2 % Bleicherde (bezogen auf Kondensationsgemisch) vorgenommen wurde. Ein Einfluss ist weder in positiver noch negativer Hinsicht festzustellen.

Zusammenfassung 3 und 4: Herabsetzung der Katalysatormenge bewirkt bemerkenswerten Anstieg der Schmierölausbeute und der Viskosität; nachteilig ist jedoch die unvollkommene Entchlorierung und die höhere Verkokungsneigung. Versuche, die Verkokungsneigung unserer Schmieröle durch Zusatz von Zink oder Magnesium zur Kondensation zu senken, waren ohne Erfolg.

5. Aluminiumlegierungen als Katalysatoren für die Schmierölsynthese.

Bisher ist in der Literatur als Katalysator für die Schmierölsynthese durch Kondensation von chlorierten aliphatischen Kohlenwasserstoffen mit Aromaten neben den Halogenverbindungen des Aluminiums oder Bors lediglich aktiviertes Reinaluminium vorgeschlagen worden. Eine Anwendung von technischem Aluminium - legiert mit Cu-Fe-Si-Zn-Mg-Mn-Pb-Sn-Ti-Ni-Cr. ist dagegen bisher nicht bekannt geworden, obwohl der geringere Preis wirtschaftlich einen Anreiz bietet.

Wir haben verschiedene technische Aluminiumsorten auf ihre katalytische Eignung für die Schmierölsynthese geprüft und dabei recht erfreuliche Ergebnisse erzielt. Untersucht wurden:

- 1) Hydronaluminium (Lautawerk) mit 1,15 % Cu, 0,5 % Fe, 0,91 % Si, 0,39 % Mn, 1,28 % Zn, 2,79 % Mg, 0,05 % Pb, 0,2 % Sn.

- 2) Duraluminium (Lautawerk) mit 4,25 % Cu, 0,86 % Fe, 0,52 % Si, 0,63 % Mn, 0,11 % Zn, 0,02 % Mg, 0,01 % Pb
- 3) Duraluminium (Olsberg) unbekannter Zusammensetzung
- 4) Aluminium-Mangan-Legierung unbekannter Zusammensetzung
- 5) Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierung unbekannter Zusammensetzung.

Aktivierung der Katalysatoren.

Im Gegensatz zu Reinaluminium macht die Quecksilberaktivierung der technischen Aluminiumlegierungen, d.h. die oberflächliche Amalgamierung der Katalysatoroberfläche, Schwierigkeiten, ist in einigen Fällen gänzlich unmöglich. Es ist dies vermutlich auf die stärkere Reduktionswirkung der Beimetalle z.B. Silizium, Magnesium, bzw. auf die Verstärkung der Reduktionswirkung des Aluminiums durch Mangan und die anderen Metalle zurückzuführen. Man beobachtete nämlich bei der Behandlung der Al-Mg-Si-Legierung mit wässriger $HgCl_2$ -Lösung nur eine schwache Amalgambildung, während bei der Al-Mn-Legierung das gesamte Quecksilber in Tropfenform ausgeschieden wird.

Bessere Ergebnisse erzielt man, wenn die Aktivierung mit Aluminiumchloriddoppelverbindung vorgenommen wird, wie sie in Abschnitt 2 der vorliegenden Mitteilung beschrieben ist.

Versuchsergebnisse:

In Tafel 5 sind die Ergebnisse verschiedener Versuchsreihen zusammengestellt. Da die einzelnen Versuchsreihen zeitlich auseinander liegen und nicht zu allen Versuchen das gleiche Chlorokogasin verwendet wurde, sind die zueinander gehörenden Vergleichsversuche zusammengefasst und durch Zwischenräume von den anderen Versuchsreihen getrennt.

Die erste Versuchsreihe (Versuche 427, 427a und b) ist mit hochprozentig legierten Aluminiumsorten, (Zusätze von Mn, Mg und Si) durchgeführt worden. Die eingangs geschilderte mangelhafte Amalgamierung der Al-Legierungen wirkt sich verständlicherweise auf den Verlauf der Kondensation aus. (Versuch 427). Die geringere Aktivität des Katalysators führt erfahrungsgemäss zu einem sähen Schmieröl mit höherer Verkokungsneigung. Im Gegensatz hierzu verläuft die Kondensation bei Aktivierung mit Doppelverbindung normal, sowohl bei

07392

Tafel 5: Technisches Aluminium als Katalysator

Angewandt je 1,8 g, aktiviert mit 300 % DV = 5,4 g

Normalensätze mit 120 g Schwerkogasol = 144 g Cl-Kogasol

125 g Naphthalin und 203 g Schwerbenzol

Vers. Nr.	Katalysator	aktiviert mit	Ölausbeute in g	Cl-Nachweis	E/50°	Vp.	Conradsontest frisch	gealtert
427	Al-Mg-Si	Hg	144	-	19,08	2,05	0,66	0,78
427a	Al-Mg-Si	DV	154	-	12,7	2,21	0,43	0,50
427b	Al-Mn	DV	145		13,17	2,17	0,34	0,68
475	Rein-Al	DV	153	-	7,41	2,13	0,45	0,57
473	Hydronaluminium	DV	155	-	11,27	2,12	0,51	0,59
470	Dur-Al (Lauta)	DV	157	-	9,40	2,14	0,56	0,67
471	Reprod. 470	DV	156	-	9,82	2,22	0,54	0,64
478	Rein-Al	DV	148	-	8,78	2,22	0,48	0,58
481	Hydronaluminium	DV	145	-	9,63	2,23	0,45	0,54
480	Dur-Al (Lauta)	DV	146	-	10,74	2,30	0,54	0,70
482	Al-Mn	DV	143	-	8,71	2,20	0,37	0,50
483	Al-Mg-Si	DV	152	+	11,53	2,26	0,45	0,52
492	Rein-Al	DV	145	-	14,17	2,26	0,54	0,63
493	Reprod. 492	DV	151	-	13,94	2,25	0,56	0,64
489	Dur-Al (Olsberg)	DV	149	+	14,82	2,28	0,48	0,66
490	Reprod. 489	DV	153	-	11,23	2,23	0,44	0,62
494	Reprod. 489	DV	149	< +	11,92	2,23	0,47	0,59
495	Reprod. 489	DV	151	< +	14,48	2,30	0,54	0,61

Anwendung einer Al-Mg-Si-Legierung als auch bei Verwendung einer Legierung aus Aluminium und Mangan. Diese letztere liess im Gegensatz zur ersteren, die immerhin nach der Quecksilberbehandlung einen leichten Amalgamüberzug aufwies, eine Aktivierung mit Quecksilber nicht zu. Das gesamte in Form von $HgCl_2$ angewandte Quecksilber wurde in Tropfenform abgetrennt.

Es wurde deshalb in den weiteren Versuchen eine Aktivierung mit Quecksilber garnicht mehr versucht.

Die nächste Versuchsreihe (Versuche 470, 471, 473 und 475) hatte zum Ziel, die Eignung von technischem Abfallaluminium zu prüfen. Die Materialien, Duraluminium und Hydronaluminium waren vom Lautwerk als Abfallspäne geliefert worden. Sie wiesen nur teilweise die für uns erforderliche Spanfeinheit auf. Zum Vergleich ist ein Versuch mit Reinaluminium (475) aufgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe lassen erkennen, dass auch diese mit mehreren Fremdmetallen legierten Späne - die Analyse der Proben ist eingangs angegeben - durchaus verwendbar sind.

Die gleichen Metallproben wurden in der nächsten Versuchsreihe (Versuche 478, 480-483) abermals untersucht und auch noch die bereits in der ersten Versuchsreihe geprüften Legierungen mit hinzugezogen. In Übereinstimmung mit der vorerwähnten Reihe liegt der Conradsontest der an Duraluminium erhaltenen Schmieröle etwas höher, namentlich nach einer künstlichen Alterung. Da grossen und ganzen zeigen jedoch sämtliche Al-Legierungen gegenüber Reinaluminium keine nennenswerten Unterschiede in ihrem Verhalten.

Die letzte Versuchsreihe in Tafel 5 bringt schliesslich eine Vergleichsuntersuchung zwischen Reinaluminium und Duraluminium-Spanabfällen der Firma Olsberg, Essen. Die Analysendaten der erhaltenen Schmieröle sind so gut übereinstimmend, dass es unbedenklich erscheint, das preislich wesentlich günstigere Duraluminium als Katalysator für unsere Schmierölsynthese zu verwenden. Neben der Gleichartigkeit des Reaktionsproduktes sind auch die für die praktische Durchführung des Verfahrens wichtigen Daten wie Anlaufzeit (Zeit bis zum Einsetzen der Chlorwasserstoff-

07391

spaltung), Reaktionstemperatur, Katalysatormenge usw. in jeder Hinsicht übereinstimmend.

Zusammenfassung 5: Es wurde gezeigt, dass neben dem in der Literatur vorgeschlagenen Reinaluminium auch technische Aluminiumsorten, verunreinigt bzw. legiert, als Katalysatoren für die Schmierölsynthese Verwendung finden können. Es ist jedoch erforderlich, von der Aktivierung mit Quecksilber abzugehen und eine andere Art der Aktivierung zu wählen. Als sehr geeignet hat sich die Aktivierung durch Aluminiumchloriddoppelverbindung herausgestellt, die bei der Schmierölsynthese als Nebenprodukt erhalten wird.

Zusammenfassung:

1. und 2. Die nach dem Ablassen des Kondensationsproduktes in Reaktionsgefäß verbliebenen Reste der Doppelverbindung stören die Kondensationsreaktion nicht. Es kommt diesen verhältnismäßig geringen Mengen Doppelverbindung im Gegenteil eine aktivierende Wirkung zu, so dass die bisher übliche Aktivierung des Katalysators mit Quecksilber fortfallen und unvorbehandeltes Aluminium als Katalysator eingesetzt werden kann.
3. und 4. Eine Verringerung der Katalysatormenge bewirkt eine bemerkenswerte Erhöhung der Schmierölausbeute und der Viskosität. Nachteilig ist jedoch die unvollkommene Entchlorierung, die höhere Verkokungsneigung und geringere Alterungsbeständigkeit dieser Öle, was vermutlich wegen der geringen Al-Menge, auf eine schwächere Hydrierung zurückzuführen ist. Versuche, den fehlenden Wasserstoff an Zusätzen von Zink oder Magnesium zu erzeugen, waren ohne Erfolg. Ein Zusatz von Bleicherde hatte^{den} den Verlauf der Kondensationsreaktion keinen Einfluss.
5. Anstelle von Reinaluminium können auch legierte bzw. verunreinigte Aluminiumsorten Verwendung finden, was wirtschaftlich für die Durchführung der Schmierölsynthese von Bedeutung ist.

T a f e l 1 Einfluss der Nachkondensation

Vers.Nr.	Katalysator	Ausgangsmaterial 1,3 Cl-Kogasin- Schwerbenzin	Nachkonden- sation	Spez.Gew. bei 20°	% Cl	Viskosität 20°	Viskosität 50°	Vp.	Conradsonrest frisch gealtert	Säurezahl frisch gealtert	Jodsahl frisch gealtert
M 117 a	aktive Al	Reinnaphthalin	keine Rückfluss	0,9286	0,07	74,1	11,45	2,1	0,58	1,46	1,76
M 117 b	"	"	"	0,9301	0,07	80,6	12,03	2,1	0,59	0,44	0,09
M 123 b	"	Reinnaphthalin	Kolben 100°	0,9307	0,21	85,1	12,21	2,25	0,510	1,24	0,74
M 123 a	"	tonnilliert	Rückfluss	0,9336	0,28	83,6	12,18	2,2	0,477	0,650	0,27
M 139 a	"	Reinnaphthalin	Kolben 126°	0,9252	0,03	60,8	9,65	2,15	0,640	1,503	0,68
M 139 b	"	phenolfrei	Rückfluss	0,9251	0,19	70,7	10,87	2,12	0,508	0,771	0,26
M 135 a	"	"	2 % tonsil	0,9280	0,28	74,8	11,34	2,22	0,612	0,683	0,22
M 135 b	"	"	Rückfluss	0,9214	0,23	65,4	10,41	2,07	0,630	0,705	0,18

T a f e l 2 Einfluss des Katalysators

Vers.Nr.	Katalysator	Ausgangsmaterial	Nachkonden- sation	Spez.Gew. bei 20°	% Cl	Viskosität 20°	Viskosität 50°	Vp.	Conradsonrest frisch gealtert	Säurezahl frisch gealtert	Jodsahl frisch gealtert
M 132	Al Cl ₃	1,3 Cl-Kogasin	Rückfluss	0,931	1,18	122,4	16,52	2,16	0,578	0,852	20,52
M 138	"	Reinnaphthalin Schwerbenzin	"	0,937	0,09	107,5	15,15	2,08	0,63	1,02	0,56
R 30	Al Cl ₃ +	"	keine		0,02	73,9	10,94	2,28	0,573	0,591	20,61
M 116 a	Al-Gries	"	"	0,928	0,07	76,3	11,36	2,18	0,396	0,638	0,38
M 117 b	aktiv Al	"	Rückfluss	0,9301	0,07	80,6	12,03	2,1	0,395	0,44	0,09
M 122	"	"	"	0,9340	1,0	73,4	11,13	2,18	0,49	0,63	0,21

T a f e l 3 Einfluss des Naphthalin-Reinheitsgrades

Verkokungsmaßung und Alterungsbeständigkeit synthetischer Öle im Vergleich mit Ölen natürlicher Herkunft

Vers.Nr.	Katalysator	Ausgangsmaterial	Spez. Gew. bei 20°	Viskosität		Vp.	%O1	Conradson		Säurezahl		Jodzahl	
				20°	50°			frisch	gealtert	frisch	gealtert	frisch	gealtert
M 117 b	aktiv. Al	Reinnaphthalin	0,9301	80,6	12,03	2,1	0,07	0,395	0,44	0,03	0,09		
M 122	"	"	0,9340	73,4	11,13	2,16	1	0,49	0,63	0,08	0,21		
M 125	"	Reinnaphthalin	0,9293	78,4	11,69	2,16	0,16	0,496	0,603	0,12	0,15		
M 126	"	tonsilliert	0,9310	66,8	10,43	2,14	0,14	0,486	0,598	0,11	0,17		
M 123 a	"	"	0,9336	83,6	12,18	2,28	0,28	0,477	0,650	0,04	0,27		
M 131	"	Reinnaphthalin	0,9260	86,5	12,51	2,19	0,17	0,442	0,750	0,00	0,07		
M 135 b	"	Phenolfrei	0,9214	65,4	10,41	2,07	0,23	0,630	0,705	0,18	0,18	22,41	
M 136 b	"	"	0,9248	92,0	13,10	2,20	0,17	0,538	0,700	0,03	0,07		
M 139 b	"	"	0,9250	70,7	10,87	2,12	0,19	0,508	0,771	0,09	0,26	16,71	23,65
M 127	"	Reinnaphthalin	0,9272	67,2	10,47	2,13	0,11	0,556	0,688	0,16	0,36		
M 128	"	"	0,9241	65,5	10,30	2,13	0,39	0,450	1,536	0,27	1,20		
RCH Nr. 8	synthetisches Kogasin		0,8604	71,1	11,78	1,89		0,09	0,372	0,02	1,64	70,65	
RCH Nr. 257	Olefinen		0,8585	92,5	14,62	1,88		0,06	0,243	0,06	1,02		
Rhpr. Gold 12°E	natürlicher Herkunft		0,8970	78,9	11,7	2,17		0,312	0,413	0,00	0,07	19,89	
Rhpr. Silber 12°E	"		0,9122	90,8	12,26	2,42		0,453	0,761	0,00	0,19		
Rhpr. Blau 12°E	"		0,9092	87,0	12,28	2,39		0,670	0,972	0,02	0,28		

Vers.Nr. Katalysator Ausgangsmaterial

Schmieröl aus Kogasin und Feerdestillationsprodukten

VIII. Mitteilung

(Dr. Herbert Kölbel u. Dr. Albert Meusel)

Auf dem Motorenprüfstand wurden unter der Leitung von Herrn Dr. Dannefelser zwei ausgedehnte Versuchsreihen mit synthetischem Autoöl und einem handelsüblichen Motorenöl durchgeführt. Zweck dieser Versuche war festzustellen, wie sich das synthetische Motorenschmieröl unter schärfsten Versuchsbedingungen im Vergleich zu einem guten Markenöl verhält.

Der nachfolgende Bericht beschäftigt sich mit der chemischen Untersuchung der anfallenden Altöle und stellt eine Ergänzung dar des von Herrn Dr. Dannefelser verfassten Motorberichtes.

Prüfstandversuche mit Gr. 9/15, Gr. 25 und Vergleichsöl Rpr. MS.Schmieröluntersuchung.

In Ergänzung des motorisch-technischen Befundes wird nachfolgend über das Ergebnis der Schmieröl-Untersuchungen berichtet.

1. F r i s c h ö l e .

Zunächst sind die auf dem Prüfstand gefahrenen Schmieröle bezüglich ihrer analytischen Kenndaten in Tafel 1 einander gegenübergestellt. Es gelangten zur Erprobung zwei qualitativ etwas verschiedene synthetische Schmieröle und als Vergleichsöl ein Rheinpreussen-Spezial-Autoöl, entsprechend der früheren Goldqualität. Nach seiner niedrigen Dichte und überaus guten Polhöhe von 1,8 gehört es in die Klasse guter pennsylvanischer Öle. Hiermit steht ganz im Einklang die verhältnismässig hohe Verkokungsneigung von 1,05, die bei pennsylvanischen Ölen durchaus normal ist. Das Öl wird aus deutschem Erdöl gewonnen und von der I.G. Farbenindustrie in den Handel gebracht.

Ein Vergleich der beiden Syntheseöle mit dem Handelsöl lässt zunächst einen grossen Unterschied in der Dichte erkennen. Die höhere Dichte der synthetischen Öle ist bekanntlich bedingt durch Mitverwendung aromatischer Bestandteile zur Synthese.

Die Viskosität bei 50° ist bei allen drei Ölen praktisch gleich. Die bessere Polhöhe des Naturöls wirkt sich vornehmlich aus in der gegenüber den Syntheseölen höheren Viskosität bei 100°. Hinsichtlich des Viskositäts-Temperaturverhaltens fällt das zu den ersten beiden Prüfstands-läufen verwendete Syntheseöl Gr. 9/15 etwas aus dem Rahmen. Es liegt dies daran, dass bei den ersten halbtechnischen Versuchen als aliphatische Komponente nur Kogasin verwendet wurde. Späterhin gelang es dann durch die Mitverwendung gatschartiger Bestandteile die Polhöhe der synthetischen Öle wesentlich zu verbessern (Gr. 25 Vp. 2,04).

Der Abdampftest liegt für das zu den ersten beiden Läufen verwendete Öl Gr. 9/15 etwas zu hoch. Das andere Syntheseöl Gr. 25 zeigt gegenüber dem Handelsöl keine Unterschiede in der Verdampfbarkeit.

Die Unterschiede im Flammpunkt sind praktisch belanglos, da der Abdampftest für die Bestimmung der Verdampfbarkeit einen weit besseren Anhaltspunkt bietet als der Flammpunkt, und dieser deshalb für die Praxis an Bedeutung wesentlich verloren hat. Die Stockpunkte sind der Vollständigkeit halber mitaufgeführt, sie genügen den an Sommeröle gestellten Anforderungen.

Reichlich unterschiedlich verhalten sich die Öle hinsichtlich der Verkokungsneigung und Alterungsbeständigkeit. Am günstigsten schneidet hier das Syntheseöl Gr. 25 ab, das bei niedrigster Verkokungsneigung einen Anstieg des Kokstestes nach der Alterung von nur 24 % aufweist gegenüber 31 % beim Vergleichsmarkenöl. Die Alterungsbeständigkeit des synth. Öles Gr. 9/15 ist bei einem Anstieg der Verkokungsneigung um 44 % als mässig zu bewerten. Die geringe Alterungsbeständigkeit dieses Öles ist auf die in der ersten Zeit noch verhältnismässig unvollkommene Aufarbeitung der halbtechnisch gewonnenen Schmieröle zurückzuführen.

2. A l t ö l e .

Durch regelmässige Probenahme und Untersuchung wurde die Veränderung der Öle während der einzelnen Versuche laufend verfolgt. Als Masszahl für den Verschleiss dienten der Aschegehalt und der Gehalt an groben Verunreinigungen. Die chemische Veränderung des alternden Öles wurde durch Bestimmung der Verkokungsneigung, des Gehaltes an Harz + Asphaltstoffen und schliesslich durch Zähigkeitsmessungen kontrolliert.

Tafel 2 bringt das Ergebnis der Altöluntersuchung nach jeweils 50 Stunden Laufzeit für die einzelnen Läufe mit synthetischem Öl, Tafel 3 die entsprechenden Daten für das Vergleichsmarkenöl. Daneben sind die wichtigeren Kenndaten wie Zähigkeitsverhalten, Harz- und Asphaltgehalt, Verkokungsneigung und Aschegehalt der besseren Übersicht wegen gra-

phisch bzw. bildlich dargestellt worden.

Für das frühzeitige Erkennen ernstlicher motorischer Störungen (übermäßiger Verschleiss) ist die Bestimmung der festen Fremdstoffe (grobe, beispielsweise metallische Verunreinigungen) von Bedeutung. In den vorliegenden Versuchen war der Gehalt an groben, filtrierbaren Verunreinigungen in allen Fällen ausserst gering (0,0001 - 0,001 %), so dass es sich erübrigt, auf die geringen, vornehmlich durch Aufzrundung entstandenen Unterschiede in der Dezimale einzugehen.

Die Schmierölverdünnung, die wegen der Verklingerung der Zähigkeit u.U. eine wichtige Rolle spielt, ist grundsätzlich unabhängig von der Schmierölbeschaffenheit und allein abhängig von den motorischen Bedingungen. Die ständig sehr hohen Versuchstemperaturen liessen in keinem Falle eine nennenswerte Schmierölverdünnung aufkommen. Die ermittelten Werte liegen zwischen 1,0 und 1,7 %. Die Schmierölverdünnung wurde ermittelt durch Abdestillieren der leichtflüchtigen Bestandteile bis 200°/15 mm.

Die übrigen wichtigeren Kenndaten sollen an Hand der vorliegenden Tafeln und Abbildungen eingehend besprochen werden.

a) Viskositätsverhalten.

Die Abb. 1 und 2 bringen die in Tafel 2 und 3 genannten Viskositäten in bildlicher Darstellung. Die gestrichelten Rechtecke beziehen sich auf das Vergleichsmarkenöl. Die mit Fr. gekennzeichneten Säulen stellen die Viskosität der Frischöle dar, die übrigen die Zähigkeit des Altöls nach jeweils 50 Stdn. Laufzeit (Rpr.ES VII nach 33 Stunden). Abb. 1 zeigt die Viskosität der Altöls nach Verlassen des Motors, Abb. 2 nach Abdestillieren der Ölverdünnung.

Wie die Abb. 1 erkennen lässt, zeigt das Syntheseöl nach den Läufen II, V, VI und VII ebenso wie das Rpr.ES-Öl nach den Versuchen II, III, IV, V und VI nur geringe Abweichungen gegenüber der Viskosität des Frischöles. Eine ziemliche Ölverdickung macht sich beim Syntheseöl nach den Läufen I, II und IV bemerkbar.

Bei den Läufen I und II hängt diese Erscheinung offenbar mit der geringen Alterungsbeständigkeit der verwendeten Ölcharge Gr. 9/15 zusammen, während in Versuch IV vermutlich höhere Öltemperaturen geherrscht haben. Interessant ist die stärkere Ölverdickung des Rpr. MS-Handelsöls im Versuch VII, der infolge Ausbrechens eines Lagers bereits nach 33 Stunden beendet werden musste. Die höhere Ölverdickung ist hier vermutlich mit dem stärkeren Abrieb in Zusammenhang zu bringen, der, wie später noch gezeigt wird, die Ölalterung katalytisch beschleunigt hat.

Genauere Angaben über das Ausmass der eingetretenen Zähigkeitsänderung kann man jedoch erst machen, wenn man die geringe Ölverdünnung durch Abdestillieren beseitigt. Nach Abb. 2 zeigt das Vergleichsmarkenöl nach Lauf II - V wieder die Viskosität des Frischöls.

Nach Lauf I, VI und VII (letzterer nach 33 Stunden abgebrochen) ist dagegen eine spürbare Ölverdickung eingetreten. Lässt man beim Syntheseöl die ersten beiden Läufe mit dem vorhanwenig alterungsbeständigen Öl Gr. 9/15 (s.o.) ausser Betracht, so zeigt das Öl Gr. 25 mit Ausnahme von Vers. IV, ein dem Handelsöl etwa vergleichbares Verhalten. Die abweichende hohe Verdickung in Lauf IV hängt vermutlich mit der Fahrweise in diesem Versuch (hohe Temperaturen?) zusammen.

b) Aschgehalt.

Aschbestimmungen lassen in gewisser Hinsicht Rückschlüsse zu auf die Höhe des Verschleisses. In Abb. 3 ist der Anstieg der Aschewerte in einigen charakteristischen Läufen in Abhängigkeit von der Laufzeit graphisch aufgetragen worden. Die ausgesogenen Kurven beziehen sich auf das Syntheseöl, die gestrichelten auf das Vergleichsmarkenöl. Mit Ausnahme des Versuchs VII mit dem Rpr. MS-Öl liegen die übrigen Aschewerte für Synthese- und Handelsöl alle in der gleichen Grössenordnung (vergl. auch die Angaben in den Tafeln 2 und 3). Der nicht immer geradlinige Verlauf der Kurven hängt damit zusammen, dass bisweilen kurz vor der Probenahme Frischöl in die Ölwanne nachgefüllt werden war, wodurch etwas zu niedrige Werte gefunden wurden (z.B. Syntheseöl, Lauf IV nach 33 Stdn.).

Der letzte Lauf mit dem Rpr. MS-Öl (VII) setzt bereits nach 10 Stunden mit Aschenwerterein, die sonst erst nach 50 Stunden auftraten. Es gibt sich also schon frühzeitig der späterhin nach 33 Stunden aufgetretene Lagerbruch durch höhere Aschengehalte zu erkennen. Die Kurve nimmt weiterhin einen verhältnismässig steilen Verlauf und erreicht bei Beendigung des Versuchs nach 33 Stunden einen Wert von 0,07 %, d.h. 250 % mehr als im Versuch VI nach gleicher Laufzeit. Die Aschenanalysen zeigen also, dass der Lagerbruch nicht unvermittelt eingetreten ist, sondern auf zunehmenden Verschleiss zurückzuführen ist.

a) Harz- + Asphalt-Gehalt.

Harz und Asphaltstoffe sind solche Ölbestandteile, die in Normalbenzinlösung von Bleicherde adsorbiert werden. Harz- und Asphaltstoffe stellen die Vorstufe dar zur Koksbildung. Man stellt sich den Alterungsprozess von Mineralölen so vor, dass aus reaktionsfähigen, vornehmlich ungesättigten Ölbestandteilen durch Oxydation zunächst die Harze entstehen, die dann weiter unter Ausbildung grösserer Molekülkomplexe im weiteren Alterungsstadium zu Asphaltkörpern werden, die ihrerseits den Übergang zum Koks darstellen. Die Neubildung an Harz und Asphaltstoffen ist also ein wichtiges Merkmal der Ölalterung. In geringer Menge enthält jedes normale, nicht überraffinierte Autoöl solche Harze und Asphaltstoffe, die für die Schmierfähigkeit des Öles nicht ohne Bedeutung sind. Bekanntlich zeigen überraffinierte, von Harzstoffen völlig freie Öle, schlechte Schmiereigenschaften.

Die beiden untersuchten Syntheseöle weisen einen Gehalt von 2,0 % Harz + Asphalt auf, das Vergleichsöl einen höheren von 3,2 % (Tafel 1). In Tafel 2 und 3 ist der Harz + Asphaltgehalt des Altöles nach jeweils 50 Stunden Laufzeit für die einzelnen Läufe wiedergegeben; die Tafel gibt ferner Auskunft über den Umfang der Neubildung an diesen Alterungsstoffen (Differenz gegen Frischöl in Tafel 1). Der besseren Übersicht wegen sind die Harz- + Asphaltwerte in Abbildung 4 bildlich aufgetragen worden, Abb. 5 stellt die Neubildung nach jeweils 50 stündiger Laufzeit dar. Nach Abb. 4 liegt

der Harz + Asphaltgehalt für das Syntheseöl und Vergleichsmarkenöl etwa in gleicher Grössenordnung, mit Ausnahme des Rpr. MS-Öls in Lauf VI.

Auch die Neubildung an Harz- und Asphalt (Abb. 5) ist bei beiden Ölen in etwa vergleichbarer Grösse eingetreten.

In Abb. 6 ist der Anstieg des Harz + Asphaltgehaltes während einiger charakteristischer Versuche graphisch aufgezeichnet. Man sieht, dass die Harz- + Asphalt-bildung im Lauf IV des Rpr. MS-Öls in gleicher Grössenordnung erfolgt, wie beim Syntheseöl in den Läufen III und VII. Dann setzt beim Markenvergleichsöl, beginnend in Lauf V, sprunghaft eine erhöhte Bildung an diesen Alterungsstoffen ein, die sich während der nächsten Versuche von Lauf zu Lauf steigert und im Lauf VII zur Zeit des Lagerbruchs nach 33 Stunden den höchsten Wert erreicht. Diese wesentlich stärkere Alterung des Markenvergleichsöls steht ohne Zweifel im Zusammenhang mit einem zunehmenden Verschleiss eines Hauptlagers, wobei das abgeriebene Lagermetall die Ölalterung katalytisch beschleunigte. Dieser Befund unterstützt einwandfrei die bei der Besprechung der Aschenwerte geäusserte Ansicht, dass der Bruch des Lagers auf einen zunehmenden Verschleiss zurückzuführen ist, der sich bei der analytischen Untersuchung der Altöle schon sehr frühzeitig zu erkennen gab. Der nicht gleichmässige Verlauf der Kurven in Abb. 6 ist durch die nicht immer unter vergleichbaren Bedingungen erfolgte Probenahme zu erklären (verschiedenes Ölvolumen in der Wanne, Nachfüllung von Frischöl teilweise vor Probenahme).

d) Verkokungsneigung.

Die Koksteste nach Conradson liegen beim Vergleichsmarkenöl durchweg höher als beim Syntheseöl (Abb. 7). Das in den beiden ersten Versuchen verwendete Syntheseöl zeigte, wie eingangs betont, eine merklich geringere Alterungsbeständigkeit als das für die weiteren Versuche benutzte Öl Gr. 25. Damit erklären sich die hohen Koksteste nach den beiden ersten Läufen. Berücksichtigt man jedoch bei der Bewertung der Öle die Zunahme der Verkokungsneigung im Altöl gegenüber

dem Frischöl (Abb. 8), so schneidet das Vergleichsmarkenöl besser ab. Allerdings ist der Unterschied nicht erheblich, wenn man die beiden ersten Läufe mit Gr. 9/15 aus den erwähnten Gründen ausser acht lässt.

Z u s a m m e n f a s s u n g .

Bezüglich der Viskositätsänderung nach 50 Std. Laufzeit zeigt das synthetische Öl Gr. 25 ein dem Handelsöl etwa vergleichbares Verhalten. Die abnorm hohe Ölverdickung in Lauf IV erklärt sich vielleicht aus den Betriebsbedingungen (hohe Öltemperaturen?). Die starke Verdickung des Gr. 9/15 Öles ist auf die geringere Alterungsbeständigkeit dieses Öles zurückzuführen.

Die Aschenwerte als Maß für den Verschleiß und damit indirekt für die Schmierfähigkeit liegen für Synthese- und Vergleichsöl in gleicher Größenordnung. In Versuch VII des Rpr. MS-Öles kündigt sich der durch zunehmenden Abrieb an einem Hauptlager nach 33 Std. einstellende Lagerbruch schon nach einigen Stunden durch erhöhte Aschenwerte an.

Die Neubildung an Alterungsstoffen verläuft bei beiden Ölen in gleichem Umfang. Der Anstieg des Harz + Asphaltgehaltes des Rpr. MS-Öles in den Läufen V, VI und VII beruht auf einer katalytischen Beschleunigung des Alterungsvorganges, offenbar hervorgerufen durch die Anwesenheit von feinverteiltem Lagermetall aus dem durch Verschleiß im Lauf VII nach 33 Std. ausgebrochenen Hauptlager.

Während die Verkokungsrückstände beim Vergleichsmarkenöl höher liegen, ist die Zunahme der Kokswerte nach 50 Betriebsstunden gegenüber den entsprechenden Frischölen beim Syntheseöl etwas grösser.

Die Altöluntersuchungen haben ergeben:

Das synthetische Schmieröl zeigt bezüglich seiner Veränderung im motorischen Betrieb gegenüber einem Markenvergleichsöl ein durchaus vergleichbares Verhalten. Soweit der im letzten Lauf mit dem Handelsöl aufgetretene Lagerbruch und die hiermit im Zusammenhang stehende vorhergehende Erhöhung der Aschenwerte einen Schluß auf die Schmierfähigkeit zulassen, scheint das synthetische Öl in dieser Hinsicht dem Handelsöl überlegen zu sein.

07406

Tafel 1

Analysendaten der Frischöle

	synth. Öle		Rfr. MS-Öl
	Gr. 9/15	Gr. 25	
d ₂₀ ^o	0,930	0,928	0,885
E/20 ^o	90,8	83,6	78,6
E/50 ^o	12,78	12,75	13,23
E/100 ^o	2,24	2,30	2,46
Vp	2,25	2,04	1,80
Abdampftest.....% (nach Noack)	11,3	7,2	7,7
Flammpunkt	—	218	235
Stockpunkt	-21	-12	-6
Harz + Asphalt	2,0	2,05	3,2
Conradsontest	0,73	0,66	1,05
dto.n/Alterung	1,05	0,82	1,38

1948

Tafel 2

Prüfstandversuch mit Gr. 9/15 und Gr. 25
 Altöl nach jeweils 50 Stunden Lauf

Lauf	Gr. 9/15			Gr. 25			
	I	II	III	IV	V	VI	VII
E/50°	17,08	16,06	12,75	16,78	13,24	11,86	14,00
Ölverdünnung	0,60	1,5	1,75	1,0	1,20	1,20	1,50
E/50° oh. Ölverdünnung.	17,70	17,64	13,76	17,83	14,28	13,23	15,40
Grobe Verunreinigung.%	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001	
Asche	0,037	0,05	0,027	0,025	0,037	0,037	0,025
Harz + Asphalt	7,1	5,3	5,4	6,5	6,3	5,6	5,7
dto. Neubildung.....%	5,1	3,3	3,4	4,5	4,3	3,6	3,7
Comradstest	1,36	1,37	1,00	1,21	1,10	0,98	1,12

07403

T a f e l 3

Prüfstandversuch mit Rpr. MS-Öl
 Altöl nach jeweils 50 Stunden Lauf

Lauf	I	II	III	IV	V	VI	VII +)
E/50°.....	15,04	12,58	12,58	12,25	12,41	13,84	16,05
Ölverdünnung	1,2	1,5	1,2	1,0	0,5	1,0	0,5
E/50° oh. Ölverdünnung	15,86	13,50	13,17	12,98	12,97	14,76	16,85
Grobe Verunreinigung%	0,0003	0,0001	0,0003	—	0,0004	0,0023	0,001
Asche.....%	0,031	0,025	0,025	0,025	0,029	0,033	0,069
Harz + Asphalt	6,7	6,8	5,8	5,5	8,2	10,5	7,22
dto. Neubildung	3,5	3,6	2,6	2,3	5,0	7,3	
Conradsontest	1,54	1,34	1,32	1,33	1,38	1,31	

+) nach 33 Stunden infolge Hauptlagerbruchs vorzeitig beendet.