

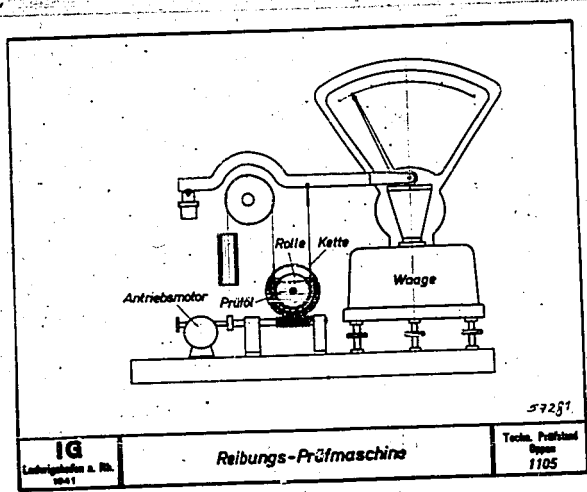
Wärmerückgang durch die Luftbewegung festgestellt worden.

Die nachfolgenden

Bild 12 (K. 27 024)

Die nachfolgenden Versuche wurden mit einer Vorrichtung durchgeführt, die in Bild 12 dargestellt ist. Diese Vorrichtung besteht aus einem Motor, der über eine Kette mit einer Rolle verbunden ist, die wiederum mit einem Prüfling verbunden ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die Reibkraft zwischen dem Prüfling und der Rolle messen kann. Die Messung erfolgt durch eine Waage, die an der Rolle befestigt ist. Die Vorrichtung ist in der Lage, die Reibkraft bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenen Belastungen zu messen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Die nachfolgenden Versuche wurden mit einer Vorrichtung durchgeführt, die in Bild 12 dargestellt ist. Diese Vorrichtung besteht aus einem Motor, der über eine Kette mit einer Rolle verbunden ist, die wiederum mit einem Prüfling verbunden ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die Reibkraft zwischen dem Prüfling und der Rolle messen kann. Die Messung erfolgt durch eine Waage, die an der Rolle befestigt ist. Die Vorrichtung ist in der Lage, die Reibkraft bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenen Belastungen zu messen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.



Die nachfolgenden Versuche wurden mit einer Vorrichtung durchgeführt, die in Bild 12 dargestellt ist. Diese Vorrichtung besteht aus einem Motor, der über eine Kette mit einer Rolle verbunden ist, die wiederum mit einem Prüfling verbunden ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die Reibkraft zwischen dem Prüfling und der Rolle messen kann. Die Messung erfolgt durch eine Waage, die an der Rolle befestigt ist. Die Vorrichtung ist in der Lage, die Reibkraft bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenen Belastungen zu messen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Die nachfolgenden Versuche wurden mit einer Vorrichtung durchgeführt, die in Bild 12 dargestellt ist. Diese Vorrichtung besteht aus einem Motor, der über eine Kette mit einer Rolle verbunden ist, die wiederum mit einem Prüfling verbunden ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die Reibkraft zwischen dem Prüfling und der Rolle messen kann. Die Messung erfolgt durch eine Waage, die an der Rolle befestigt ist. Die Vorrichtung ist in der Lage, die Reibkraft bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenen Belastungen zu messen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Die nachfolgenden Versuche wurden mit einer Vorrichtung durchgeführt, die in Bild 12 dargestellt ist. Diese Vorrichtung besteht aus einem Motor, der über eine Kette mit einer Rolle verbunden ist, die wiederum mit einem Prüfling verbunden ist. Die Vorrichtung ist so konstruiert, dass sie die Reibkraft zwischen dem Prüfling und der Rolle messen kann. Die Messung erfolgt durch eine Waage, die an der Rolle befestigt ist. Die Vorrichtung ist in der Lage, die Reibkraft bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenen Belastungen zu messen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

angelagert wird. Sehr interessant ist der Vergleich mit 2 Mol-Äthylendioxyd behandelten Leuna-Alkoholester aus Adipin-, Methyladipin- und Sebacinsäure. Das Kälteverhalten dieser drei Ester ist vollkommen gleich, die Viskosität nimmt zu und das Viskositäts-Temperatur-Verhalten wird verbessert in der Reihenfolge Adipin-, Methyladipin- und Sebacinsäure. Auch hier ist der Sebacinsäure-Ester der günstigere. Leider haben diese Ester den Nachteil, daß besonders Kohlenwasserstofföle un- oder schlechter wasserlöslicher mischbar sind, bzw. gar nicht mehr mischbar sind, wenn sie viel Äthylendioxyd enthalten. Mehr als ein Mol Äthylendioxyd darf man nicht anlagern, bei 2 Mol Oxyd geht die Mischbarkeit mit Kerosin bei Raumtemperatur bereits verloren. Bei höherer Temperatur, z.B. 80°, wird dieser Ester jedoch vollkommen mischbar. Mit noch mehr Molen Oxyd geht die Mischbarkeit bei höherer Temperatur auch verloren.

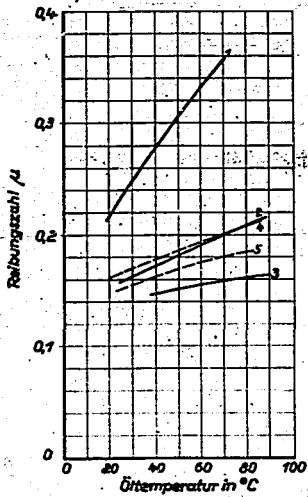
Nachdem wir nun die Beziehungen zwischen der Konstitution der Ester und ihrem Viskositäts-Verhalten einigermaßen kennengelernt haben, gingen wir daran, auch den Zusammenhang zwischen ihrer Konstitution und der Schmierfähigkeit zu untersuchen. Hier bedienten wir uns eines vom technischen Prüfstand in Oppau entwickelten Gerätes, der sogenannten Ketten-Apparatur. Sie besteht wie das

Bild 17 (Nr. 1 105)

zeigt, aus einer durch Gewicht belasteten Kette, die auf halben Umfang von unten gegen die Rolle gepresst wird. Kette und Rolle sind in das Öl getaucht, das durch eine elektrische Heizung erwärmt werden kann. Durch die Drehung der Rolle wird die Kette je nach der Schmierwirkung des Öles mehr oder weniger stark in der Drehrichtung mitgenommen und dadurch ein entsprechender Ausschlag an der Waage verursacht. Da zwischen Kette und Rolle nur eine punktförmige Berührung der einzelnen Kettenglieder stattfindet und die Umfangsgeschwindigkeit sehr gering gehalten wird, arbeitet das Gerät in Gebiet der Grenzreibung.

Versuche in der Kettenmaschine.

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1 = Adipinsäure | + n-Butanol 1,23 |
| 2 = " " | + n-Octanol 1,37 |
| 3 = " " | + n-Dodecanol 2,06 |
| 4 = β-Methyladipinsäure | + n-Octanol 1,55 |
| 5 = β- " " | + n-Dodecanol 2,07 |

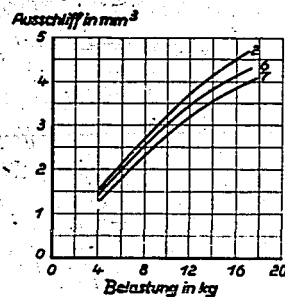
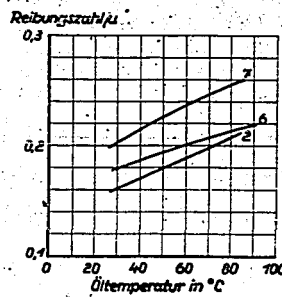


Versuche in der Kettenmaschine.

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 2 = Adipinsäure | + n-C ₈ -Alkohol (150) |
| 6 = " " | + i-C ₈ -Alkohol (150) |
| 7 = Methyladipinsäure | + i-C ₈ -Alkohol (150) |

Verschleißversuche.

Scheibe aus Hartmetall gegen Stahl
Versuchsdauer 10 Min.
Öltemperatur 20°C

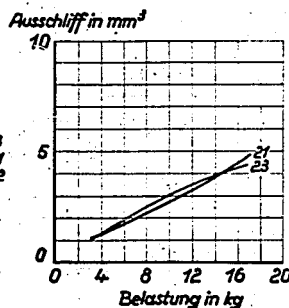
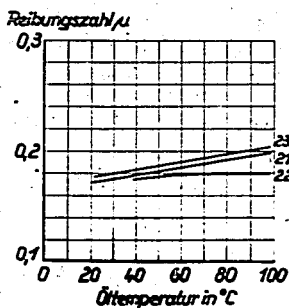


Versuche in der Kettenmaschine.

- | |
|--|
| 23 = Dimethylpropan + 2 Mol HOOC-(CH ₂) ₆ -COOC ₂ H ₅ |
| 21 = 1,4-Butylenglykol + 2 Mol " " " |
| 22 = 1,6-Hexylenglykol + 2 Mol " " " |

Verschleißversuche.

Scheibe aus Hartmetall gegen Stahl
Versuchsdauer 10 Min.
Öltemperatur 20°C

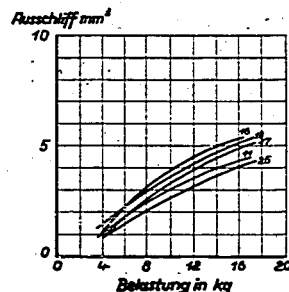
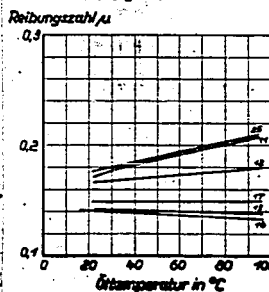


Versuche in der Kettenmaschine.

- | | |
|---------------------|--|
| 25 = Trimethyläthan | + Leuca-Carbonsäure zueleso |
| 11 = " " | + i-C ₈ -Säure |
| 12 = " " | + Vorlauf-Fettsäure C ₇ -C ₉ |
| 13 = " " | + 3 Mol i-C ₈ -Säure |
| 17 = " " | + 2 " " |
| 16 = Pentaerythrit | + 4 " " |

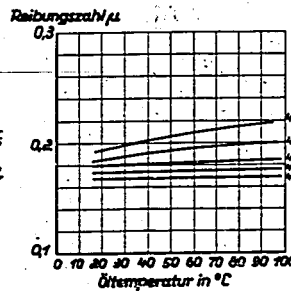
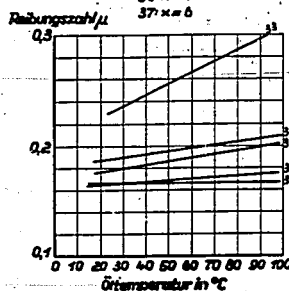
Verschleißversuche.

Scheibe aus Hartmetall gegen Stahl
Versuchsdauer 10 Min.
Öltemperatur 20°C



Versuche in der Kettenmaschine.

- | | |
|--|--|
| iC ₈ -(OCH ₂ -CH ₂) _x + Methyladipinsäure | 42 = iC ₈ Alkohol + 0 Mol C ₁₂ H ₂₂ O + Adipinsäure |
| 33: x = 0 | 43 " " + 1 " " " |
| 34: x = 1 | 44 " " + 2 " " " |
| 35: x = 2 | 45 " " + 3 " " " |
| 36: x = 4 | 46 " " + 6 " " " |
| 37: x = 6 | |



auf dem nächsten

Bild 18 (Nr. 57 134)

sehen Sie einige Ergebnisse der mit dieser Apparatur gewonnenen Messungsergebnisse. Die Kurven 1, 2 und 3 sind Messwerte von Estern der Adipinsäure und den geradkettigen Alkoholen Butanol, Octanol und Dodecanol. Man sieht, daß mit steigendem Molekulargewicht die Reibungszahlen absinken und die Abhängigkeit der Reibungszahlen von der Temperatur immer günstiger werden. Ersetzt man in diesen Estern die Adipinsäure durch die Methyl-adipin-säure, das sind die Ester 4 und 5, so sieht man, daß die Reibungszahl der Methyl-adipin-säure-Ester stets höher liegt, als die der entsprechenden Adipinsäure-Ester. Diesen Einfluß der Methylgruppe finden wir auf dem nächsten

Bild 19 (Nr. 57 133)

wieder bestätigt beim Vergleich der Ester 2 und 6, sowie 6 und 7. Interessant ist hier nun die rechte Seite des Bildes, wo der Verschleiß der Ester gemessen wurde an einer Hartmetallscheibe die gegen eine Stahlplatte gedrückt wurde. Man sieht hier, daß derjenige Ester, dessen Reibungszahl am größten ist, den niedrigsten Verschleißwert aufweist.

Das gleiche Ergebnis zeigt das nun folgende

Bild 20 (Nr. 57 131)

Hier sind die Ester zweiwertiger Glykole miteinander verglichen. Die niedrigste Reibungszahl hat der Ester mit der längsten C-Atom-Kette. Dieser hat wiederum den größten Verschleiß.

Das folgende

Bild 21 (Nr. 57 132)

zeigt noch einmal das starke Absinken der Reibungszahl mit steigendem Molekulargewicht des Esters. Man vergleiche Nr. 25 mit 11, 12, 13 und 16. Desgleichen wird die Temperatur-Abhängigkeit immer günstiger. Beim Ester 16 ist sogar mit steigender Temperatur eine geringe Abnahme der Reibungszahl festzustellen. Bemerkenswert ist ferner der Vergleich von 11 und 12: die verzweigte Säure hat wieder die höhere Reibungszahl und die stärkere Temperaturabhängigkeit der Reibungszahl. Weiter ist interessant, daß durch die unvollständige Veresterung die Reibungszahl nur wenig verschlechtert, die Temperaturabhängigkeit aber gar nicht beeinflusst wird; man vergleiche 17 mit 15. Bei den Verschleißversuchen ist wieder die Reihenfolge der Ester genau umgekehrt wie bei den Reibungszahlen. Auch bei den noch höher molekularen Estern des nächsten Bildes

Bild 22 (Nr. 57 130)

und der nächsten

(Abb 25. 48) . 87 21 21

... die einzige ... der ...

No.	Formel	Mol-Gew.	Chem. Formel	Viskosität in abs bei °C					ρ	γ ₂	η _{sp} /c	
				20	30	50	75	100				
1	C ₁₂ H ₂₂	154	CH ₃ - (CH ₂) ₁₀ - CH ₃	0,774/17	(17)	(20,3)	(24,4)	5,70	2,94	0,86	187	0,70
2	C ₁₁ H ₂₀	142	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \text{= C}_{11}\text{H}_{20} \end{array} $	0,8180	35,77	37,55	39,2	3,89	3,54	1,05	169	0,80
3	C ₁₀ H ₁₈	126	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \text{= C}_{10}\text{H}_{18} \end{array} $	0,8333	34,12	37,05	39,8	3,74	3,64	1,37	134	0,80
4	C ₉ H ₁₈	114	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \text{= C}_{9}\text{H}_{18} \end{array} $	0,8115	34,54	36,50	37,1	3,74	3,71	1,42	118	0,80
5	C ₈ H ₁₆	98	(C ₈ H ₁₆) _n = C - C = (C ₈ H ₁₆) _n	0,8204	34,54	31,4	35,6	4,90	3,85	1,54	94	0,80

... die gleiche ...

(Abb 26. 48) . 88 21 21

... die ...

Unterschiede der Halbwertszeiten an verschiedenen und metallischen Grenzflächen nach Kottmann und J. K. Wolf, Halle

Substanz	Grenzflächenenergie (erg/cm ²) gegen		Halbwertszeit t _{1/2} (s) gegen	
	flüssig	fest	flüssig	fest
Bismut	53,25	380	45,0	120
Zinn	55,03	364	46,4	143
Ge	43,27	358	56,1	149
Si	37,43	350	44,5	163
As	48,36	341	55,8	170
Antimon	37,12	340	47,5	160
Wismut	48,52	347	50,0	140
Kupfer	44,56	335	54,6	173
Zinn	55,03	330	55,0	150

... die ...

... die ...

... die ...

(Abb 27. 48) . 89 21 21

wird wieder bestätigt das Abnehmen der Reibungszahl und die Verflachung der μ -Temperatur-Kurve mit steigendem Mol-Gewicht.

Dieses interessante gegensätzliche Verhalten zwischen Schmierfähigkeit, wie sie durch die Reibungszahl gekennzeichnet ist, und dem Verschleiß, findet seine Ursache in der Kraft mit der die Moleküle an der Oberfläche festgehalten werden. Die Arbeit die aufgewandt werden muß um eine Flüssigkeit von 1 cm^2 Querschnitt von der Grenzfläche loszureißen, heißt Haftarbeit. Sie kann bestimmt werden durch Messung der Grenzflächenspannung und der Oberflächenspannung der beiden Grenzflächenpartner. Es gilt hier die von Dupré angegebene Berechnung: $H = \sigma_1 + \sigma_2 - \gamma_{12}$.

Von Herrn Prof. Dr. Wolff in Halle sind auf meine Anregung hin zahlreiche Stoffe in bezug auf ihre Haftarbeiten untersucht worden. Einige Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigt das nächste

Bild 23 (Nr. 57 101)

Interessant ist bei den Kohlenwasserstoffen das Verhalten des Benzols, welches wesentlich fester gehalten wird an Quecksilber als sein Hydrierungspunkt das Cyclohexan. In der Reihe der Alkohole erkennt man eine Zunahme der Haftarbeit mit zunehmender Verlängerung der C-Kette. Bemerkenswert ist, daß eine Verzweigung der C-Kette eine Verminderung der Haftarbeit hervorruft. Bei den Säuren ist die Haftarbeit gänzlich unabhängig von der Molekülgröße. Das dürfte seine Ursache in der bei allen Säuren vorhandenen dimeren Molekülassociation haben. Eine größere als die zweifache Übermolekülbildung tritt nur bei der Ameisensäure auf. Bei den Estern beobachten wir genau wie bei den Alkoholen ein Ansteigen der Haftarbeit mit steigendem Mol-Gewicht des Alkohols. Bemerkenswert ist hier, daß eine Verzweigung der alkoholischen C-Atom-Kette eine Erhöhung der Haftarbeit nach sich zieht. Die Ursache in diesem unterschiedlichen Verhalten gegenüber den reinen Alkoholen liegt vermutlich in der Art wie die Moleküle an der Grenzfläche angeordnet sind. Es gibt hier zwei Möglichkeiten, entweder sie stehen senkrecht mit ihrer C-Atom-Kette auf der Grenzfläche, oder sie sind tangential angeordnet. Die Frage, welche Anordnung von den einzelnen Stoffarten bevorzugt wird, ist einmal abhängig von der sterischen Stellung der Dipolgruppe im Molekül und zum anderen abhängig von der Lage und Größe des permanenten Dipols innerhalb der Gruppe.

Die Haftarbeiten sind natürlich nicht nur abhängig von Schmierstoff, sondern auch von dem anderen Partner der Grenzfläche. Auf dem nächsten

Bild 24 (Nr. 57 087)

sind die Unterschiede verschiedener Haftarbeiten an einer wässrigen und einer metallischen Grenzfläche zusammengestellt. Man erkennt die großen Unterschiede

26. Mai 1943

die zwischen Wasser und Quecksilber bestehen. Am Quecksilber haften die Stoffe in Durchschnitt 2 - 3 mal so gut wie beim Wasser. Aus den Haftarbeiten lassen sich nun die Haftfestigkeiten berechnen.

Das nächste

Bild 25 (Nr. 57 085)

zeigt Ihnen die entsprechenden Werte für Kohlenwasserstoffe, Alkohol und Säuren. Man erkennt wieder eine Zunahme der Haftfestigkeit bei den Kohlenwasserstoffen mit Zunahme des ungesättigten Charakters, bei den Alkoholen mit Zunahme der C-Ketten-Länge und bei den Säuren eine Unabhängigkeit der Haftfestigkeit von der Molekülgröße. Diese Haftfestigkeiten, da ja ein Maß geben für die zum Abreißen der Grenzfläche von 1 cm² Querschnitt benötigten Kräfte, entsprechen im Innern der Flüssigkeit bzw. des Metalles deren Zerreißfestigkeiten. Die Letzteren rechnen sich aus den Grenzflächen-Spannungswerten. Es ist die Zerreißbarkeit R_{z-20} . Hier ist nun auffallend die Größe dieser Werte für Flüssigkeiten. Das Zerreißen einer flüssigen, organischen Säure erfordert die gleiche Kraft, ja evtl. eine größere Kraft als das Zerreißen eines Metalles wie Messing oder Eisen. Diese Tatsache erklärt uns ohne weiteres das umgekehrte Verhalten zwischen Reibungszahl einerseits und Verschleiß andererseits. Je größer die Haftfestigkeit eines Schmierstoffes ist, um so tragfester ist die Schmier-schicht, also um so kleiner ist die Reibungszahl einerseits, um so größer ist aber andererseits auch die Kraft, mit der das Flüssigkeits-Molekül ein Metall-Atom aus seiner Grenzfläche herausreißen kann. Wir dürfen also bei der Entwicklung von Schmierstoffen, wenn wir auf einen niedrigen Verschleiß hinarbeiten wollen, nicht Stoffe entwickeln, die ausserordentlich hohe Haftfestigkeiten aufweisen, sondern wir dürfen uns hier nur einem Optimum nähern. Um dieses anzustreben, dürfen wir nicht so sehr auf die Dipolkräfte des Moleküls achten, sondern müssen viel mehr auf die Dispersionskräfte des Moleküls, deren Ursache in der spezifischen Quantenbindung der C-Atom-Kette liegt, unseren Blick richten.

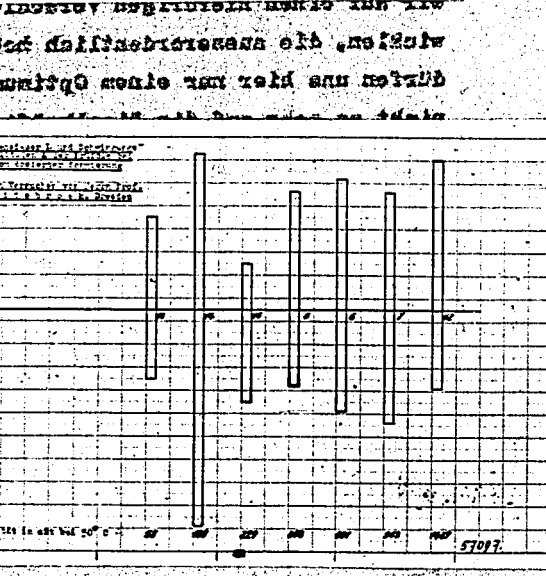
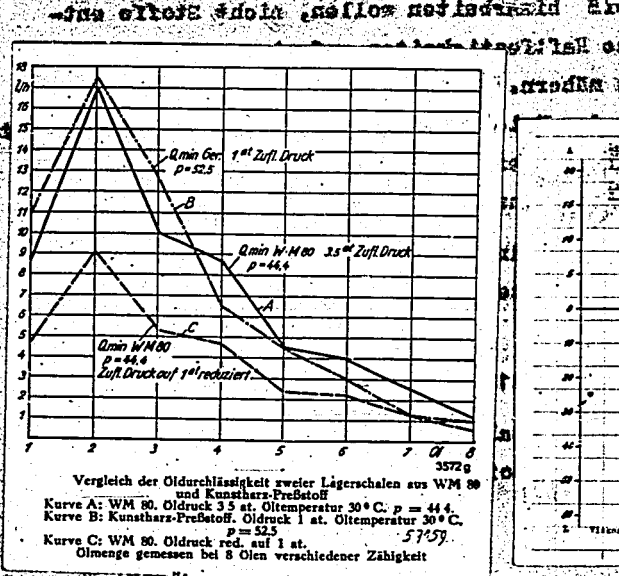
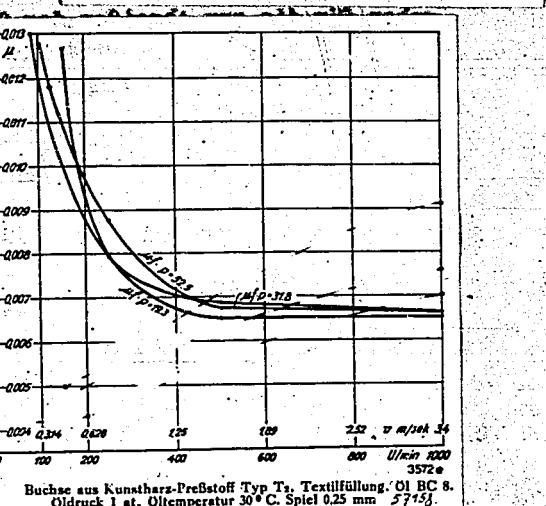
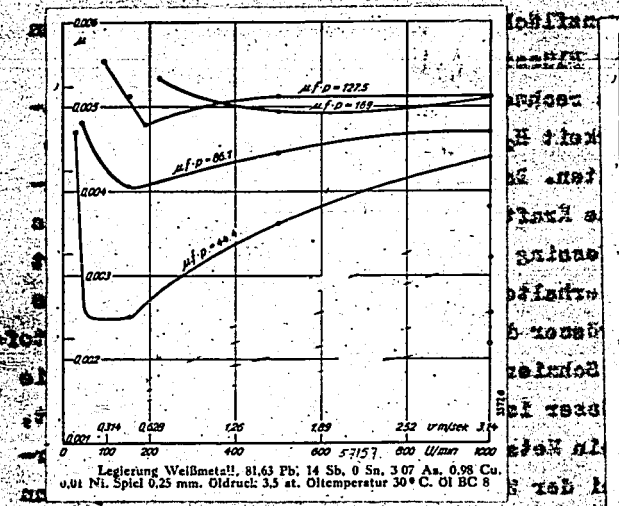
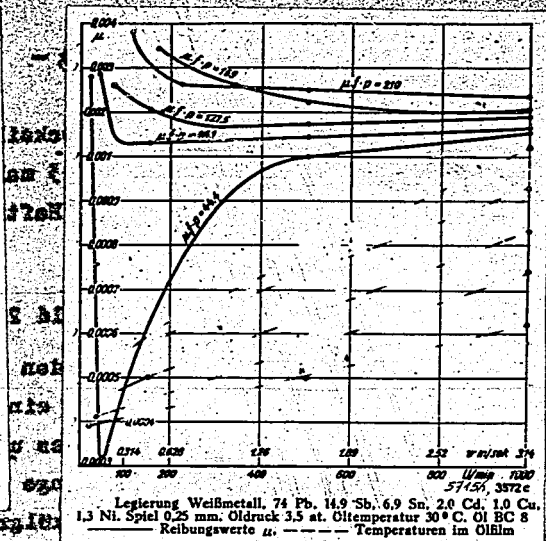
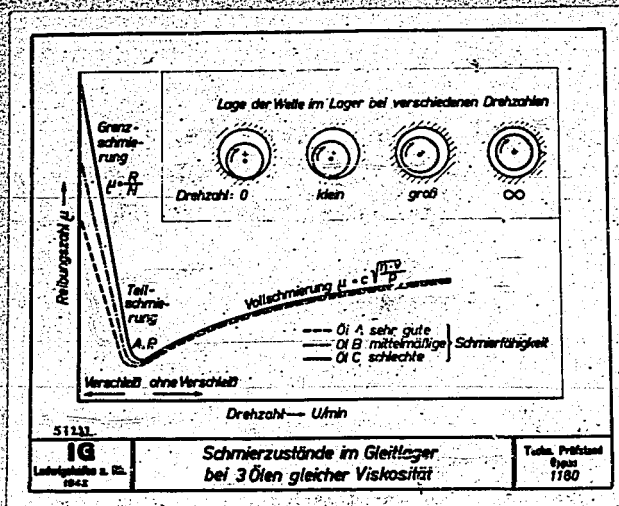
Es ist aber nicht nur der Schmierstoff für den Verschleiß verantwortlich, sondern auch der andere Grenzflächenpartner, das Metall, spricht hier mit.

Das nächste

Bild 26 (Nr. 1412)

zeigt das unterschiedliche Verschleißverhalten verschiedener Metalle gegenüber den gleichen Stoffen. Es kann ein Stoff, wie z.B. der Polyester-Alkohol LK 2206 gegenüber Rotguss ausserordentlich verschleißbeständig sein, während

26. Mai 1943



gegenüber Weichmetallen sanft verschleissend wirkt, daß man beinahe sagen kann, das Weichmetall wird von ihm aufgelöst. Auch ein reines Mineralöl, wie z.B. Öl K 7 verhält sich gegenüber den verschiedenen Metallen sehr stark unterschiedlich.

Dieses unterschiedliche Verhalten der Öle gegenüber den verschiedenen Metallen kommt natürlich auch bei der eigentlichen Schmierung zum Ausdruck.

Wenn man auf dem nächsten

Bild 27. (Nr. 1180)

die verschiedenen Schmierzustände des Gleitlagers betrachtet, so macht sich auch hier die chemische Konstitution des Schmierstoffes bemerkbar und zwar in dem Gebiete, wo die Drehzahl gering und die Belastung dementsprechend hoch wird. Das ist das Gebiet der Teilschmierung und der Grenschmierung.

Auf dem folgenden

Bildern 28 (Nr. 57 156) 29 (57 157) 30 (57 158)

ist das unterschiedliche Verhalten verschiedener Lagermetalle im Grenzreibungszustand bei dem gleichen Öl dargestellt. Die Versuche wurden von Herrn Prof. Dr. Heidebroeck in Dresden durchgeführt. Sie sehen, wie je nach der Natur des Lagerstoffes der Übergangspunkt von der Vollschmierung zur Grenschmierung bei gleicher Belastung je nach der Natur des Materials verschieden liegt. Es handelt sich hier um eine Auswirkung der Grenzflächenkräfte in dickere Schichten der Flüssigkeit hinein. Davon der Grenzfläche eine Orientierung in tiefere Flüssigkeitsschichten ausgehen muss, wird ferner wahrscheinlich gemacht durch den auf dem nächsten

Bild 31 (Nr. 57 159)

gestigten Vergleich der Wirkung zweier verschiedener Lagerschalen bei dem gleichen Öl. Man erkennt, wie bei einer gegebenen Lagerspalitweite für die Durchströmung einer bestimmten Ölmenge in der Zeiteinheit je nach der Natur des Lagerwerkstoffes verschiedene Öldrücke angewandt werden müssen.

Ausser diesen Kräften, die von der Grenzfläche aus gehen, wird nun der Schmierzustand noch von anderen durch die Flüssigkeits-Struktur verursachten Vorgänge beeinflusst.

Auf dem nächsten

Bild 32 (Nr. 57 097)

zeige ich Ihnen einige Messungsergebnisse die Herr Prof. Dr. Heidebroeck an

gegenüber Metallflächen derartig verunreinigt wird, dass man keine sauren
Lösung des Metalls durch die Lösung des Metalls erhalten kann. Auch ein
wie z.B. die K₂Cr₂O₇ verunreinigt sich gegenüber den verschiedenen Metallen sehr stark
unlöslich.

Dieses unvollständige Verhalten der die gegenüber den verschiedenen Metallen
den kann natürlich auch bei der allgemeinen Lösung zur Anwendung kommen.

Somit sind die folgenden

Bild 27 (Kr. 1980)

die verschiedenen Schmelztemperaturen der Elektrolyten betrachtet, so macht sich
erstes bemerkbar und zwar
Veränderung des Widerstandes bei
der Grenzschicht.

30 (Kr. 1980)

z. B. in der Grenzschicht
die Versuche wurden von Herrn
wie oben, wie je nach der Art
Vollschmelze zur Grenzschicht
es besteht verschiedene liegt.
Anfängliche in dieser
ausführliche eine Erklärung in
und ferner wünschenswert ist

dener Versuchen bei den
in der Grenzschicht für die

Bestimmung einer bestimmten Menge in der Zeit eintritt je nach der Art
des Elektrolyten verwendet werden können.

Innerhalb dieser Kräfte, die von der Grenzschicht ausgehen, wird nun der Widerstand
ausgedrückt noch von anderen durch die Widerstandskurve verursachten Ver-
änderungen bestimmt.

Auf den folgenden

Bild 28 (Kr. 1981)

zeige ich Ihnen einige Messergebnisse die Herr Prof. Dr. Heibrock an



auch die eben
in der Grenzschicht, wo
wird. Das ist ein

Bild 28

ist das unvollständige
Bestand bei der
Prof. Dr. Heibrock
zur des Elektrolyten
rung bei gleicher
Es handelt sich die
Schichten der Elektrolyten
tiefere Widerstand
macht durch den auf

Bestimmten Vergleich
gleichem Öl. Man er

Bestimmung einer bestimmten Menge in der Zeit eintritt je nach der Art
des Elektrolyten verwendet werden können.

Innerhalb dieser Kräfte, die von der Grenzschicht ausgehen, wird nun der Widerstand
ausgedrückt noch von anderen durch die Widerstandskurve verursachten Ver-
änderungen bestimmt.

Auf den folgenden

zeige ich Ihnen einige Messergebnisse die Herr Prof. Dr. Heibrock an

26. Mai 1943

einem Zahnradprüfgerät gefunden hat. Dieses Prüfgerät besteht aus zwei sorgfältig gelagerten Zahnrädern, in deren Lagern ein Drackquarz eingebaut ist, der die feinsten Schwingungen die von den Unebenheiten der Zahnflanken ausgehen, oscillographisch festzuhalten erlaubt. In diesem Gerät werden die Zahnflanken mit einer genau dosierten, auf 1 ccm bemessenen Schmierstoffmenge geschmiert und nun die Zeit bestimmt, die verstreicht, bis diese Schmierschicht versagt, was durch das Auftreten von Rostfleckchen auf den Zahnflanken, der sogenannten Reiboxydation, gekennzeichnet ist. Gleichzeitig wird oscillographisch der Schwingungszustand der Zahnräder aufgenommen und die Größe der Amplitude dieser Schwingungen ausgemessen. Es sind in diesem Bild sieben in ihrer Viskosität und ihrem chemischen Aufbau verschiedenartige Öle untersucht. Man erkennt, daß die Lebensdauer, d.h. die Zeit bis zum Eintreten der Reiboxydation, sehr verschieden ist und in keinem Zusammenhang mit der Viskositätshöhe steht. Das gleiche gilt für die Schwingungs-Amplituden, bei den Ölen 13, 14 und 15. Hier handelt es sich um drei Ester: Nr. 13 ist ein Polybutylen-Glykol, Nr. 14 ist ein Polyester aus 2 Mol Trimethyloläthan und 1 Mol Adipinsäure, verestert mit Leuca-Carbonsäure. Nr. 15 ist der gleiche Polyester, nur statt Leuca-Carbonsäure ist die Seifenfettsäure aus der Oppauer Paraffin-oxydation benutzt worden. Man erkennt, daß 1 ccm des Esters Nr. 14 eine ausserordentlich hohe Schmierdauer aufweist, während der Ester Nr. 15 durch eine sehr kleine Amplitude seines Schwingungs-Oscillogramms ausgezeichnet ist. Dieser Ester gewährleistet also einen sehr ruhigen Lauf des Zahnradgetriebes. Die Öle 5, 6 und 7 sind hochmolekulare Äthylenpolymerisate mit einer wesentlich höheren Viskosität als der Ester Nr. 15 und trotzdem sind die Schwingungs-Amplituden dieses hochviskosen Öles doppelt so hoch wie die des wesentlich dünnflüssigeren Esters Nr. 15. Die Viskositätshöhe, d.h. die Molekülgröße ist also für den ruhigen Lauf eines Getriebes von keiner Bedeutung. Entscheidend ist hier der Molekülbau. Das Öl Nr. 15 ist ein vollpolimerisiertes fettes Öl, dessen Schmiereigenschaften in Gleitlager viel gerühmt werden. Für die Wälzlagerschmierung bietet es keinen Vorteil.

Auf dem folgenden

Bild 33 (Nr. 57 094)

zeige ich Ihnen die Oscillogramme der oben bezeichneten Öle. Sie erkennen sehr deutlich den schönen ruhigen Lauf des Esters Nr. 15, verglichen mit dem unruhigen Lauf des siebenmal viskoserem vollpolimerisierten fetten Öles Nr. 13.

Es ist uns gelungen, die Äthylenpolymerisation so zu lenken, daß man Polymerisate erhält, die sich wie der Ester Nr. 15 verhalten, als schwingungsdämpfend

wirken und damit schalldämpfend sind. Auf dem folgenden

Bild 34 (Nr. 57 161)

zeigen wir Ihnen Schallmessungsergebnisse die von der Fa. Krupp mit einem derartigen Öl ermittelt wurden.

Sehr interessant ist nun auch die Auswirkung derartig dämpfend wirkender Öle auf den Reibungsverlauf eines Gleitlagers. Das gleiche Öl, welches hier bei der Fa. Krupp untersucht worden war, wurde auch von Herrn Prof. Dr. Haidebreck im Gleitlager studiert.

Das folgende

Bild 35 (Nr. 57 154)

zeigt Ihnen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Hier sind fünf verschiedene Öle geprüft worden. Unser Dämpfungsöl ist das Öl K I. Das Öl K II ist ebenfalls ein Äthylpolymerisat mit einer geringen Viskosität. Sie erkennen sehr schön das vollkommen andere Verhalten des Öles K I, welches noch bei den geringsten Geschwindigkeiten den Vollschmierungsstand aufrecht erhält. Auf dem unteren Teil des Bildes ist gezeigt, daß auch Mischungen der Öle K I mit K II sich herstellen lassen, die den Grenzschmierungsstand auch bei geringen Geschwindigkeiten vermeiden.

Das nächste

Bild 36 (Nr. 57 155)

zeigt Ihnen den Einfluss der Temperatur auf den Reibungsverlauf des Gleitlagers. Mit steigender Temperatur sinkt die Reibung, weil die Viskosität erniedrigt wird. Wichtig ist nun, wie das untere Bild zeigt, daß auch bei geringsten Geschwindigkeiten das Öl K I nicht zur Grenzreibung führt.

Der Einfluss der Temperatur auf den Reibungsverlauf bzw. auf die Schmierung überhaupt, hat uns in den letzten zwei Kriegsjahren eine Fülle von technischen Problemen gebracht. Das erste dieser Probleme war die Schmierung von Waffen bei sehr tiefen Temperaturen, wie sie bei der Luftwaffe in grossen Höhen auftraten.

Ich zeige Ihnen auf dem nächsten

Bild 37 (Nr. 51 026)

den Einfluss der Viskositätsabfälle auf das Schliessen eines Luftwaffen-Maschinengewehrs bei sehr tiefen Temperaturen. Die Aufgabe, die uns hier gestellt wurde, hies dünne Öle zu schaffen, die bei -60° ein einwandfreies Starten

Wirkung und Ausmaß der Viskositätsänderung bei den folgenden

Tab. 24 (Nr. 27 101)

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

Nr.	Substanz	Temp. in °C	Viskosität in cSt.				n	ρ	50 Sekunden in Sekunden	Densität bei 20°C	Zahlwert bei 20°C
			-55°	+20°	+30°	+40°					
376	Polystyrol - B + A 140-C	-76	2140	9,00	5,31	1,18	1,07	3,00	nach 175 Sekunden	gut	
379	Polystyrol - B + A 140-C	-77	8160	14,5	7,07	2,34	1,17	2,8	" 250 "	gut	
390	Polystyrol - B + A 145/250	-76	2220	21,0	10,5	2,42	1,15	3,0	" 3000 "	gut	
404	Polystyrol - B + A 145/250	-78	2963	14,0	6,60	2,20	1,14	2,77	" 2750 "	gut	
393	Polystyrol - B + A 145/250	-76	18300	19,5	7,00	2,51	1,19	3,70	" 3000 sekundäre Anzeiger "	gut	
390 C1	Polystyrol - B + A 145/250	-76	39180	17,7	7,20	2,51	1,22	3,00	" 250 Sekunden "	gut	
401	Polystyrol - B + A 145/250	-76	3510	9,11	5,31	1,18	1,06	3,00	" 175 "	gut	
402	Polystyrol - B + A 145/250	-76	2801	9,44	5,70	1,22	1,04	3,00	" 3000 "	gut	
403	Polystyrol - B + A 145/250	-76	4210	11,4	6,49	2,06	1,13	2,80	" "	gut	
404	Polystyrol - B + A 145/250	-76	6720	10,6	6,14	1,97	1,13	2,84	" "	gut	
405	Polystyrol - B + A 145/250	-76	7700	11,0	6,25	1,97	1,12	2,50	nach 3000 gut	gut	
411	Polystyrol - B + A 145/250	-78	2165	10,6	6,04	1,96	1,05	2,50	nach 3000 gut	gut	
412	Polystyrol - B + A 145/250	-76	1672	10,6	6,04	2,02	1,05	2,50	nach 3000 gut	gut	

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

Tab. 25 (Nr. 27 102)

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

Nr.	Substanz	Temp. in °C	Viskosität in cSt.				n	ρ	50 Sekunden in Sekunden	Densität bei 20°C	Zahlwert bei 20°C
			-55°	+20°	+30°	+40°					
40	Polystyrol - B + A 140/200	-55	-	35,2	16,4	3,47	1,400	1,743	2,50	2,31	nach 3000 gut
415	Polystyrol - B + A 140/200	-78	4020	15,7	7,54	2,13	1,074	1,124	" "	gut	
416	Polystyrol - B + A 140/200	-78	10700	14,5	7,30	2,29	1,211	1,280	2,50	2,52	nach 3000 gut
417	Polystyrol - B + A 140/200	-78	2763	12,0	6,96	2,17	1,129	1,143	2,50	2,50	nach 2500 gut
418	Polystyrol - B + A 140/200	-78	3185	12,0	7,07	2,16	1,119	1,204	2,50	2,50	nach 3000 gut
419	Polystyrol - B + A 140/200	-78	5290	12,0	7,42	2,22	1,146	1,233	2,50	2,52	nach 3000 gut

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

Die Viskosität wird durch die Temperaturänderung beeinflusst. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab. Die Viskosität nimmt mit steigender Molekulargewichtszahl zu.

des Maschinengewehres mit voller Schusszahl ermöglichen. Wie dieses Bild zeigt, ist uns dies gelungen mit den Ölen 494 und 495. Wir haben zu diesem Zweck nach Stoffen suchen müssen, die bei einer sehr niedrigen Viskosität die hohen Drücke der verschiedenen Lagerstellen aufzunehmen vermöchten. Auf dem nächstfolgenden dem

Bild 38 (Nr. 51 027)

zeige ich Ihnen den Zusammenhang zwischen der chemischen Konstitution verschiedener Stoffe und ihrer Viskosität sowie ihrer Schmierleistung im Maschinengewehr. Die Letztere ist gekennzeichnet einmal durch die Zeit die für 50 Schüsse benötigt wird und zweitens durch die Anzahl der Schüsse die mit einmaliger Schmierung des Gewehres geleistet werden kann. Sie erkennen, daß Schussgeschwindigkeit und Gesamtschusszahl sehr verschieden sind, je nach der Struktur der einzelnen Stoffe. Der letzte Stoff Nr. 442 brachte die Lösung des Problems. Es handelt sich hier um einen Stoff der erhalten wird in dem man das Xanthogenat des Amylalkohols mit Schwefel-Chlorür umsetzt. Dieser Stoff stellt ein goldgelbes Öl dar, das etwa 50% Schwefel enthält, er ist sozusagen ein verflüssigter Schwefel. Er hat nicht nur auf dem Schmierstoffgebiet wertvolle Dienste geleistet, sondern auch auf dem Lackgebiet Einsatz gefunden. Für Kantschuklacke, sogenannte Pervinanlacke bestand das Problem der Herstellung von vulkanisierbaren, streichbaren, flüssigen Lacken. Da dieser Stoff, Mesulfol genannt, in allen Lacklösungsmitteln löslich ist und beim Einbrennen der Lacke sich zersetzt unter Abscheidung von sehr reaktionsfähigem Schwefel ist, der sehr leicht das Pervinan nun zu vulkanisieren vermag. Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß es ein sehr glücklicher Gedanke von Herrn Dir. Dr. Gießen war, dem Schmierstofflaboratorium ein Lacklaboratorium anzugliedern. Beide Gebiete gehören in den Anwendungsbereich der Grenzflächenforschung und der Erforschung der Struktur und Verhaltens von Flüssigkeit.

Die Wirkung des Mesulfols bei der Maschinengewehr-Schmierung zeigt das nächste

Bild 39 (Nr. 51 025)

bemerkenswert ist hier die unterschiedliche Wirkungsweise des Mesulfols in Ester und in Kohlenwasserstoffölen. Man vergleiche 463 mit 469. Das Kohlenwasserstofföl erfordert, um gleich gute Schussleistung zu erzielen, einen höheren Schwefelzusatz, wie der Vergleich von 469 mit 495 zeigt. Wir haben uns daher in der technischen Ausführung auf eine Mischung von Ester und Kohlenwasserstofföl 50 zu 50 einstellen müssen. Dieses Produkt wird seit Januar 1941 in steigendem Maße bei der Luftwaffe eingesetzt. Wir fingen an mit monatlich

Das Hauptgewicht der Analyse liegt auf der Bestimmung der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalte.

Die Analyse wurde durchgeführt, indem eine genau abgemessene Menge des Substrats in Sauerstoff verbrannt wurde. Die entstehenden Kohlenstoffdioxid- und Wasserdampf wurden in Kaliumhydroxid- und Natriumperchlorat-Lösungen absorbiert und durch Messung des Gewichtszuwahses bestimmt.

Analyseergebnisse

Substanz	Kohlenstoff		Wasserstoff		Sauerstoff
	2/91 III	2/91 III	2/96 III	2/94 III	
Asphalt	0,04	0,7	3,0	0,08	0,3
Benzol	8,7	11,8	11,3	15,5	15,3
Carbon	3,4	3,0	1,8	1,6	1,6
H ₂ O - Methan 5 x 2 bis 3 mm	16,2	16,7	20,9	18,0	11,7
Aceton - Dinitrat	3,3	6,9	10,4	4,6	9,0
Paraffin	3,0	2,2	2,9	4,5	3,9
H ₂ - Gas	44,6	56,6	51,4	57,9	54,7

Die Kohlenstoffgehalte liegen zwischen 0,04% und 57,9%, die Wasserstoffgehalte zwischen 0,3% und 11,8%. Die Sauerstoffgehalte sind im Bereich von 0,08% bis 15,5%.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass die Kohlenstoffgehalte in den verschiedenen Substanzen stark variieren. Die höchsten Kohlenstoffgehalte wurden bei der Analyse von Kohlenstoff (11,8%) und Wasserstoff (11,3%) festgestellt.

Vergleichende Analyseergebnisse

Klasse	Stoichiometrie	Kohlenstoffgehalt (%)					Wasserstoffgehalt (%)
		- 30°	- 20°	+ 30°	+ 50°	+ 90°	
1) 2/16	- 40	1630	2583	10,37	6,00	1,713	73
2) 2/91	- 34	37100	1710	8,61	4,81	1,600	73
3) 2/1	- 43	7076	1311	8,24	4,78	1,638	98
4) 2/61	- 44	5359	1248	8,27	4,85	1,643	98
5) 2/194	- 38	nicht messbar	1482	8,21	4,83	1,650	104

6) 2/16 + 2/91	- 35	2430	2192	-	-	-	-
7) 2/1 + 2/61 + 2/194	- 35	4574	1155	-	-	-	-
8) 2/61 + 2/194	- 40	8300	1270	-	-	-	-
9) 2/1 + 2/194	- 34	7273	1223	-	-	-	-
10) 2/1 + 2/61	- 42	6093	1322	-	-	-	-
11) Mischung 1 - 5	- 35	9293	1223	3,41	3,30	1,457	81
12) Misch 156	- 34	34,0	20,3	1,73	1,53	1,17	109
13) M 1 - 5 + 125 Misch	- 40	5235	729	6,73	4,03	1,543	95
14) Mischung 1 + 65 Misch	- 41	1390	331	7,11	4,23	1,584	101
15) " " " " " "	- 44	2285	660	6,07	3,74	1,521	102

Die Kohlenstoffgehalte in den verschiedenen Klassen variieren zwischen 3,41% und 10,37%. Die Wasserstoffgehalte liegen im Bereich von 1,457% bis 4,85%.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass die Kohlenstoffgehalte in den verschiedenen Klassen stark variieren. Die höchsten Kohlenstoffgehalte wurden bei der Analyse von Klasse 1 (10,37%) festgestellt.

Eingetragene natürliche Kohlenstoffe

Klasse	bei + 30°			bei + 20°			bei + 10°		
	1. Probe	6. Probe	Gesamtmenge	1. Probe	6. Probe	Gesamtmenge	1. Probe	6. Probe	Gesamtmenge
1	379	245	1912	120	120	760	0	4,3	25
2	299	101	1050	20	0,4	26	0	0,5	0,9
3	399	325	2123	126	119	756	3,8	9	32
4	353	181	1517	90	81	349	0	1,3	4,5
5	409	349	2232	122	117	741	0,4	4,4	23

Gesamt 1 - 5	378	243	1807	81	22	243	0,8	2	12
Gesamt 1 - 5 + 125 Misch	511	329	2525	121	52	461	0,8	3,4	22
Gesamt 1 - 5 + 105 Misch	433	240	1980	152	141	901	11	18	114

Die Kohlenstoffgehalte in den verschiedenen Klassen variieren zwischen 0,4% und 10,37%. Die Wasserstoffgehalte liegen im Bereich von 0,5% bis 4,4%.

5 t und sind heute bei 50 t angekommen.

Ein zweites Einsatzgebiet für unsere Ester fanden wir bei der Reichsbahn. Hier galt es für den Osten Kältebeständige Achsenöle zu schaffen, die bei -40° ein gutes Saugvermögen im Schmierpolster der Güterwagen besitzen; denn von der guten Saugleistung des aus Kunstseidenfäden bestehenden Schmierpolsters der Güterwagen hängt die einwandfreie Schmierung der Achsenlager und damit die Ablaufgeschwindigkeit der Wagen vom Verschiebepfad der Güterbahnhöfe ab. Läuft der Güterwagen im Winter nicht die notwendige Schienenstrecke ab, so erfordert das Auseinandernehmen und Zusammensetzen von Güterwagen einen grossen Lokomotivpark, der für diesen Zweck nicht vorhanden ist. Die Achsenöle, welche bisher bei der Reichsbahn benutzt wurden, bestehen aus den Abfallprodukten der Erdöl-Raffinerien.

Das nächste

Bild 40 (Nr. 50 764)

zeigt die Zusammensetzung der mineralischen Achsenöle. Man sieht sie enthalten nur etwa 50-60% richtige Schmieröl-Kohlenwasserstoffe, das Übrige sind unerwünschte Fremdkörper verschiedener chemischer Zusammensetzung.

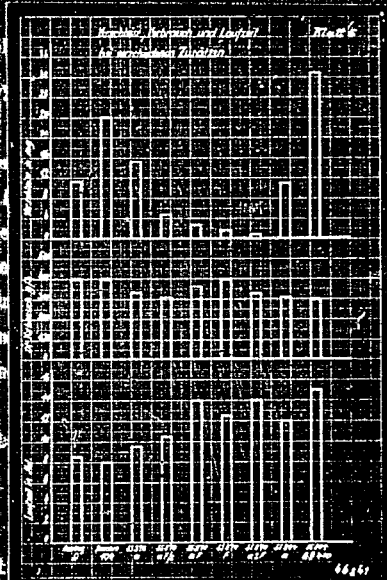
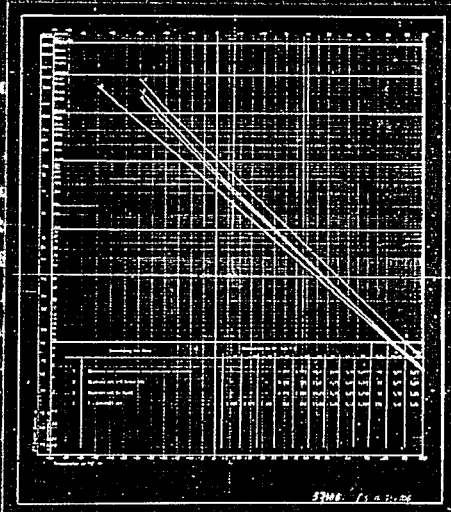
Das Bild

Bild 41 (Nr. 50 765)

zeigt das Viskositäts-Temperatur-Verhalten dieser Öle. Man sieht die starken Unterschiede in der Viskositätshöhe bei -25 und -30° . Man sieht ferner beim Vergleich der Mischungen der Öle untereinander, siehe 6 und 7, bzw. 8, 9 und 10, daß sich die Öle gegenseitig sehr stark beeinflussen. Wir versuchten zunächst durch Zugabe eines Esters die Öle zu verdünnen und damit ihre Kaltverhalten zu verbessern. Es gelang auch auf diese Art und Weise die Viskositäten bei tiefen Temperaturen stark herabzusetzen, jedoch das Saugverhalten im Schmierpolster konnte durch diese Massnahme, wie das folgende

Bild 42 (Nr. 54 694)

zeigt, nicht in dem gewünschten Ausmass verbessert werden. Ein Zusatz von Gasöl wirkt hier besser, wie besonders das Saugverhalten bei -40° zeigt. Die Wirkung des Gasöles beruht darauf, daß dieses in der Lage ist, Paraffin und die übrigen Fremdkörper wie Harze und Asphalte gut zu lösen, während der Ester dieses nicht vermag. In dem Temperaturgebiet aber, in dem der Ester mit den Kohlenwasserstoffen und diesen Stoffen mischbar ist, machen sich seine hohen



(107 02 10) 0A 111

...andung von ...

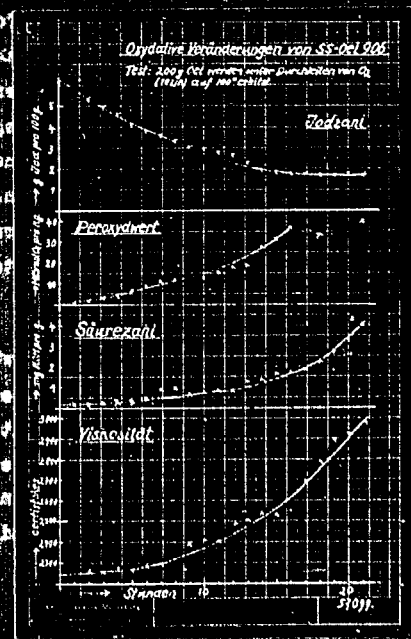
Vers.-Nr.	SS 970 - 68 200 + ...	Leuchtkraft	Veränderung des ...	Gewichtsum	Viskosität	T.zt.
464	SS 970 a	8,5	...	408	2,95	95
470	SS 970 a	11	...	360	3,50	115
472	SS 970 a + 10 S.F.	10,3	...	310	3,23	109
472	SS 970 a + 10 S.F.	11	...	275	3,09	109
480	SS 970 a + 20 S.F.	11	...	330	2,50	100
475	SS 970 a + 10 S.F.	12,3	...	408	3,09	110
470	SS 904 a	12	...	310	3,08	116
510	SS 904 a + 10 S.F.	12,5	...	400	2,48	118
531	SS 904 a + 10 S.F.	13,0	...	405	2,54	118

... bei 100°C ...

4575

... (107 02 10) ...

... bei 100°C ...



Kapillarkräfte bemerkbar, wie das erhöhte Saugvermögen bei $+50^{\circ}$ zeigt. Wir haben nun das Problem in der Weise gelöst, daß wir eine Mischung von etwa 40 Teilen eines Adipinsäure-Esters mit etwa 60 Teilen eines synthetischen Kohlenwasserstofföles zusammengaben. Diese Mischung war auch bei tiefen Temperaturen vollkommen homogen, wie der gesehene Verlauf der Viskositäts-Temperaturkurve unseres Y-Achsenöles auf dem nächsten

Bild 43 (Nr. 57 105)

in Vergleich mit den natürlichen Achsenölen lehrt. Die erforderlichen Kohlenwasserstoff-Komponente gewinnen wir durch eine Nachpolymerisation derjenigen Kohlenwasserstoffe, die beim Zersetzen des Aluminium-Chlorid-Schlammes der SS 906-Produktion anfallen. Durch einen Entschluß des Herrn Reichministers Dr. Dornmüller vom März vorigen Jahres soll bis zum Jahre 1945 der gesamte Wagenpark der deutschen Reichsbahn auf dieses Öl umgestellt werden. Diese Umstellung wird zur Folge haben, daß in der deutschen Erdölindustrie etwa 50 000 Tons Erdöl Produkte für andere Verwendungszwecke freigesetzt werden können.

Zum Schluss komme ich nun auf das wichtigste Anwendungsgebiet der Synthese, das Gebiet der Motorschmierung, das Ausgangspunkt für alle unsere Arbeiten gewesen ist.

Auf dem folgenden

Bild 44 (Nr. 46 841)

ist die Auswirkung eines 25%igen Esterzusatzes zu einem Kohlenwasserstoff-Flugmotorenöl geseigt. Man erkennt einmal die Verlängerung der Laufzeit durch den Esterzusatz, ferner die starke Verminderung des Verschleißes an den Kolbenringen. Auch bei dem synthetischen Öl Nr. SS 904 wird, wie das

Bild 45 (Nr. 45 115)

darstellt, eine wesentliche Verbesserung der Motorenlauftzeit durch den Esterzusatz erreicht. Wichtig ist aber, daß auch bei Esterzusatz ein Inhibitor zugegen ist, wie der Vergleich der Versuche 475 und 500 lehrt. Die Bedeutung des Inhibitorzusatzes fanden wir vor etwa 8 Jahren, was durch motorische Versuche. Erst in der letzten Zeit ist es uns gelungen, die Wirkung dieser Stoffe etwas näher kennen zu lernen.

Auf dem nun folgenden

Bild 46 (Nr. 57 099)

wird die Einwirkung von Sauerstoff auf unser Syntheseöl SS 906 geseigt.

Diese von Herrn Dr. Fiedler begonnenen und von Herrn Dr. Reichle jetzt fortgeführten Versuche lehren, daß das Öl SS 906 Sauerstoff aufnimmt unter der Bildung von Peroxyden. Gleichzeitig nimmt mit steigendem Peroxydgehalt die Viskosität ab, die Säureszahl zu und ganz stark die Viskosität zu. Besonders das Letztere ist eine sehr unangenehme Erscheinung, wenn man die Aufgabe hat, ein kältebeständiges Öl entwickeln zu müssen; denn von einem kältebeständigen Öl muss man verlangen, daß es auch beim Verbrauch seine Viskosität nicht ändert. Denn wenn durch den Verbrauch, also durch oxydative Einwirkung, eine derartige Viskositätssteigerung eintritt, dann geht damit die Kältebeständigkeit verloren. Wir suchten also nach Stoffen auch, die die Ursache der Eindickung, das ist die Peroxydbildung, vermindert bzw. vermindert. Im Silber fanden wir einen Stoff, der, wie das

Bild 47 (Nr. 57 093)

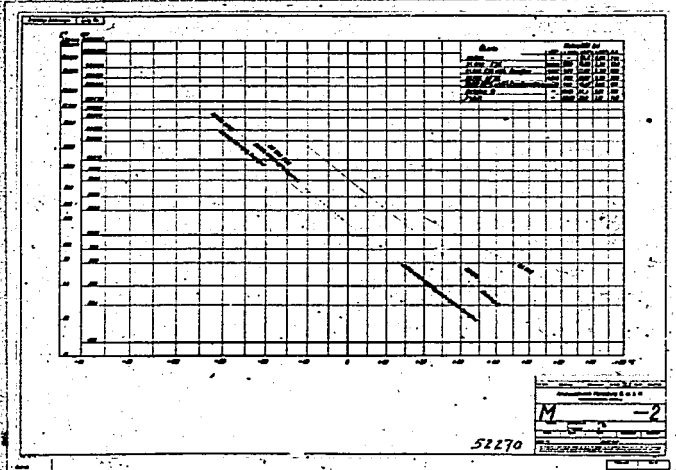
zeigt, die Sauerstoffaufnahme und damit die Peroxydbildung sehr stark vermindert, wenn auch nicht vollständig beseitigt. Wir verwenden dieses Silber in Form eines Salzes von Diisobutylphenolsulfide. Es hat sich bei diesen Untersuchungen gezeigt, daß nicht jede organische Silberverbindung gleich wirksam ist.

Auf dem

Bild 48 (Nr. 57 091)

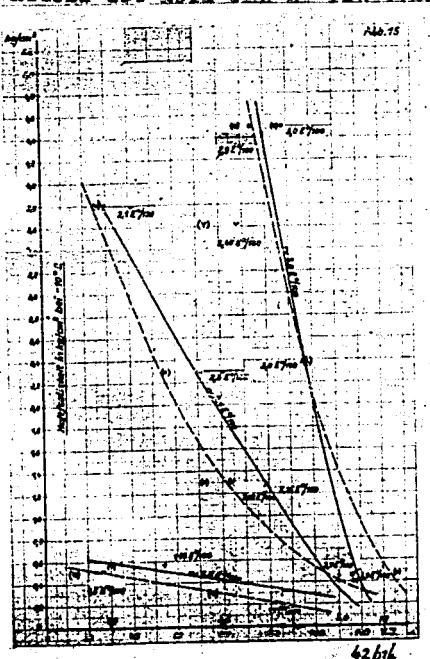
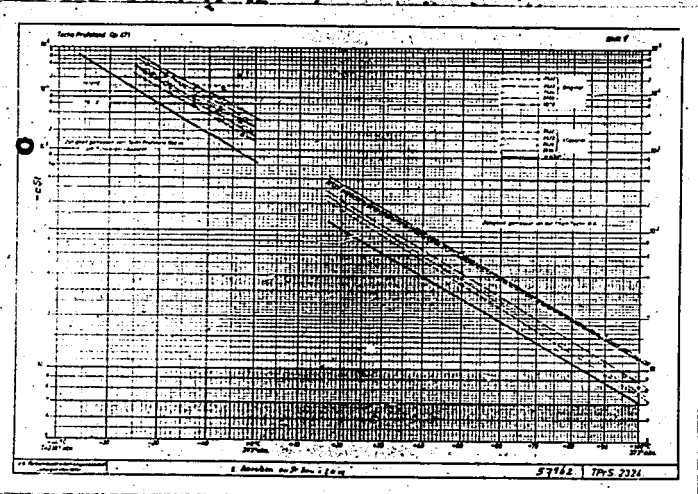
ist die Abhängigkeit der oxydativen Viskositäts-Erhöhung von Inhibitorgehalt dargestellt. Man erkennt, daß ein Zusatz von 0,2% den Viskositätsanstieg um etwa die Hälfte vermindert. Bei der motorischen Prüfung dieses Inhibitors konnte die Laufzeit um 100% verbessert werden und gleichzeitig die Lackbildung auf der Kolbenfläche erheblich herabgesetzt werden. Gleichzeitig wurde die Viskositätserhöhung des Öles im Gebrauch ebenfalls stark herabgesetzt. Besonders wichtig an diesen motorischen Versuchsergebnissen ist die Herabsetzung der Lackbildung, wir wissen, daß diese Lacke hoch sauerstoffhaltige Stoffe sind. Wir können jetzt vermuten, daß die primäre Ursache ihrer Bildung die Peroxydwirkung ist. Praktisch wirkt sich die Herabsetzung dieser Lackbildung dahin aus, daß die Überholungszeiten der Motore heraufgesetzt werden können, d.h. es kann an Bodenpersonal eingespart werden.

Ein Ziel der Schmierstoffforschung muss sein, Öle zu entwickeln, die überhaupt keine Verunreinigungen an irgend welchen Triebwerksteilen hervorufen und damit den Schmierstoff zu einem Bestandteil des Motors werden lassen. Hier kann die in das Gebiet der organischen Katalyse fallende Inhibitorforschung entscheidende kriegswichtige Beiträge liefern.

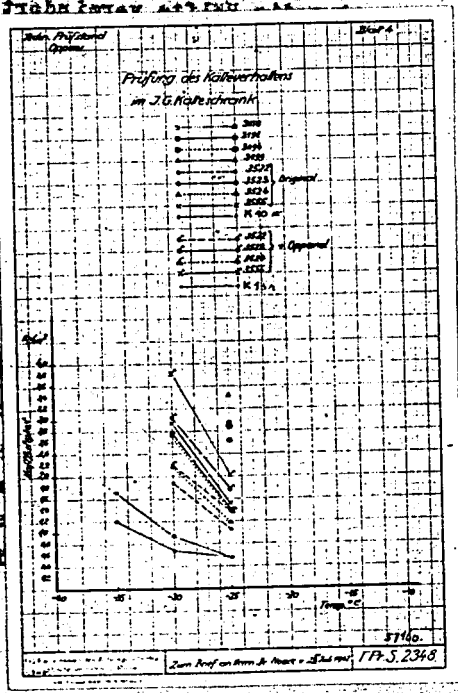


Mass von Herrn Dr. Viehler
 fortgeführten Versuches
 ter der Bildung von
 Gehalt die Lösung
 Reaktor der Reaktor
 Anlage hat ein
 Kalkulationswert
 Wirtschaft nicht
 tive Kalkulation
 damit die Kalkulations

die Kalkulation
 sehr stark
 dieser
 die Kalkulation
 sehr stark



die Kalkulation
 sehr stark
 dieser
 die Kalkulation
 sehr stark



die Kalkulation
 sehr stark
 dieser
 die Kalkulation
 sehr stark

Das nächste:

Bild 49 (Nr. 32 270)

zeigt den gegenwärtigen Stand der Entwicklung eines Kälte-Flugmotoröls. Das Ziel dieser Entwicklung muss sein, ein Öl zu schaffen, das bei -40° nicht mehr als 2000 E° aufweist. Auf dem Gebiet der Autoöle gibt das nächste Bild den gegenwärtigen Entwicklungszustand wieder:

Bild 50 (Nr. 57 162)

Mit dem hier dargestellten Öl konnte im vergangenen Winter eine SS-Division im Osten ohne Kälteschwierigkeiten fahren. Die Aufgabe, die uns hier die Autoindustrie stellt, deren Lösung wir anstreben sollen, ist ein Öl mit einer Maximal-Viskosität von etwa 1000 E° bei -40° .

Auf dem folgenden

Bild 51 (Nr. 42 614)

ist der Zusammenhang zwischen dem Viskositäts-Temperaturverhalten und der Haftfestigkeit dargestellt. Die Haftfestigkeit ist ein Maß für diejenige Kraft die aufgewandt werden muss, um eine im Öl gelagerte Welle in der Kälte in Bewegung zu setzen. Sie wird gemessen in einer von technischen Prüfstand Oppan entwickelten und von der Luftwaffe allgemein eingeführten Apparatur. Man erkennt auf dem Bilde, wie mit der Erhöhung der Viskosität die Haftfestigkeit stark zunimmt. Will man bei hochviskosen Ölen die geringen Haftfestigkeitswerte von niedrig viskoseren Ölen erreichen, so muss das Viskosität-Temperaturverhalten, gekennzeichnet durch den Richtungsfaktor n , sehr stark verbessert werden. Es müssen n -Werte von 3,0 und darunter erreicht werden. Zur Zeit liegen wir bei 3,2.

Auf dem folgenden

Bild 52 (Nr. 57 160)

zeige ich Ihnen die zugehörigen Haftfestigkeitswerte unseres gegenwärtigen Kälteautoöls. Man erkennt, daß dieses bei -35° die gleiche Haftfestigkeit hat, wie das bisher beste mineralische Wehrmacht-Winteröl bei -35° . Wir sind also dem gesteckten Ziel schon sehr nahe gerückt.

Erschwert werden jetzt in Kriege alle diese Entwicklungsprobleme noch dadurch, daß die Rohstoffe, die für die Rohstoffherstellung benötigt werden, mangelhaft immer knapper und knapper werden. Wir müssen daher unsere synthetischen Arbeiten auch zur Lösung von Rohstoffproblemen einsetzen. Das ist in der letzten Zeit geschehen durch die Wiederaufnahme der im Jahre 1950 begonnenen Mischpolymerisationsarbeiten. Wir haben damals zeigen können, daß man eine von Paraffin, Asphalt und Harzen befreite Schmelzfraktion eines Erdöls dadurch veredeln kann, indem man sie zusammenbringt mit dem entsprechenden

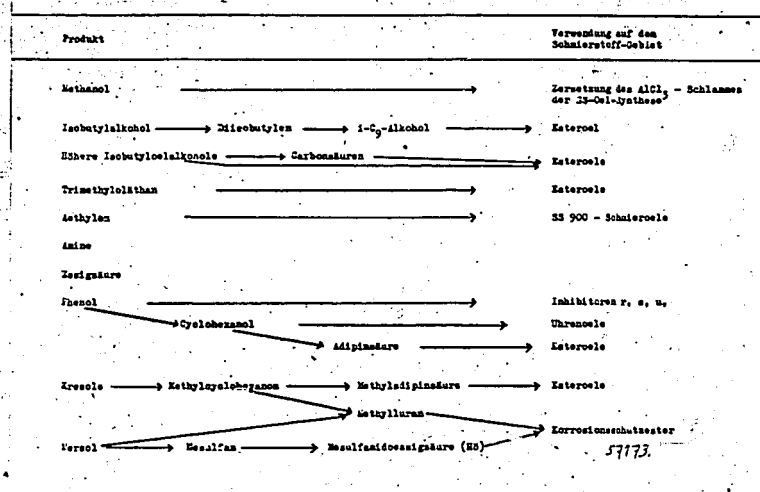
des Schmieröls

Nr.	Ölart	Lebenszeit - Verbesserung gegenüber Stamme.
1	Schmieröldestillat aus Niemhagener Öl mit $AlCl_3$ raffiniert + SS 1100 1 : 1	25 %
2	Mischpolymerisat aus dem obigen Niemhagener Öl und Paraffinrückprodukt 1 : 1	40 %
3	Niemhagener - Schmieröldestillat mit Propan behandelt dann mit $AlCl_3$ raffiniert und gemischt mit SS 1100 1 : 1	25 %
4	Niemhagener Schmieröldestillat mit Propan behandelt mischpolymerisiert mit Paraffinrückprodukt 1 : 1	100 %

4577

Bild 2 (Z. 45 674)

Bei der Erzeugung von Schmierölen aus Rohölen ist die Erreichung einer hohen Viskositätszahl ein Hauptziel. Die Viskositätszahl ist ein Maß für die Zähigkeit des Öls. Sie wird durch die Art und Menge der in das Öl enthaltenen Kohlenwasserstoffe bestimmt. In der vorliegenden Tabelle sind die Viskositätszahlen der verschiedenen Öle angegeben. Die Viskositätszahl ist ein Maß für die Zähigkeit des Öls. Sie wird durch die Art und Menge der in das Öl enthaltenen Kohlenwasserstoffe bestimmt.



Die Viskositätszahl ist ein Maß für die Zähigkeit des Öls. Sie wird durch die Art und Menge der in das Öl enthaltenen Kohlenwasserstoffe bestimmt. In der vorliegenden Tabelle sind die Viskositätszahlen der verschiedenen Öle angegeben. Die Viskositätszahl ist ein Maß für die Zähigkeit des Öls. Sie wird durch die Art und Menge der in das Öl enthaltenen Kohlenwasserstoffe bestimmt.

tigen Rohpolymerisaten von Paraffin-Krack-Produkt-Polymerisaten. Dabei treten die in Mineralöl vorhandenen reaktionsfähigen Kohlenwasserstoffe in Reaktion mit den Paraffin-Krackprodukt-Polymerisaten, wobei sie alkyliert, polymerisiert und isomerisiert werden und man erhält ein Mischpolymerisat das in seinen motorischen Eigenschaften, wie das folgende

Bild 53 (Nr. 45 174)

zeigt, der rein physikalischen Mischung aus Syntheseprodukt und Mineralölraffinat überlegen ist. Dieses Verfahren haben wir übertragen im letzten Jahr auf die Äthylen-Polymerisation mit dem gleichen Erfolg und planen nun den Bau einer Raffinerie in Kocobierhaus, in der die Vereinigung der Verarbeitung von Naturprodukten mit Synthese-Produkten technisch realisiert werden soll. Damit kommt das im Jahre 1930 aufgefundene und zum Patent angemeldete Verfahren endlich zum praktischen Einsatz. Wir wollen an den Bau dieser Donauraffinerie ferner den Wunsch knüpfen, daß dort nicht nur auf der Schmierstoffseite die Vereinigung von Natur und Synthese vollzogen wird, sondern daß dort auch auf der Treibstoffseite sich beide die Hände reichen mit dem Ziele, die Ausnutzung des Naturproduktes immer vollkommener zu gestalten.

In dem nun folgenden Schlussbild möchte ich kurz zusammenfassend zeigen, welchen Einfluss die Schmierstoffforschung bis jetzt auf die Ausgestaltung der Produktionen unserer organischen Abteilung gewonnen hat. Sie sehen auf diesem

Bild 54 (Er. 57 173)

daß bis auf zwei Stoffe alle Produktionen unserer Abteilung für das Schmierstoffgebiet dienstbar gemacht werden konnten.

Das "neckische Spiel" ist aus ~~derartigem Damm~~ ~~mit einer systematischen~~ zielbewusste Forschungsarbeit den Schmierstoffen abgewandt. Für die Zukunft wollen wir hoffen, daß die bisherige Forschungs- und Entwicklungsarbeit zum Wohle unseres Vaterlandes beibehalten werden kann, denn nur Dank dieser Arbeiten gelangen uns die Lösungen vieler Kriegsprobleme.

Attachment IX

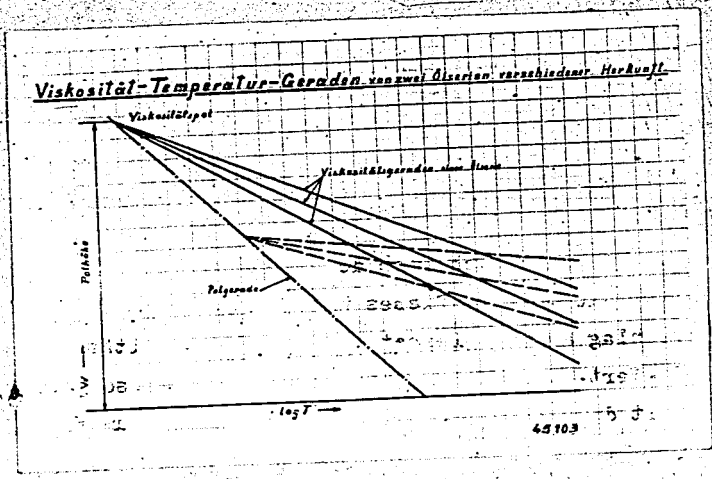
"Ester als Schmierole"

(I. G. Leuna - Dr. H. Zorn report of 11 November 1943)

Referat Dr. Zorn

am 11. 11. 43

Ester als Schmieröle



Unter den drei- und vierwertigen Alkoholen

Alkohol	spez. Gew. 20° C	Viskosität in cP bei ° C			Schmelzpunkt ° C
		20	30	50	
<chem>CC(C)O</chem> - m-Butylalkohol	0,944	36,20	31,75	21,96	3,50 - 8
<chem>CCC(C)O</chem> - t-Butylalkohol	0,948	37,00	33,00	22,20	3,57 - 69
<chem>CC(C)CO</chem> - i-Butylalkohol	0,940	29,34	23,97	18,96	3,57 - 24
<chem>CC(C)CO</chem> - i-Butylalkohol (andere Probe)	0,959	50,79	33,80	25,49	4,31 - 7
Triäthyläther	0,948	49,30	20,90	13,5	3,84 - 43
Triäthylpropyläther	0,948	64,82	26,28	16,09	4,17 - 58
Glycerin	0,952	40,27	17,39	11,10	3,71 - 66
Pentaoxyäther	0,966	143,7	52,01	29,96	4,31 - 45
Triäthyläther	0,949	123,0	43,50	24,75	5,57 - 48
Triäthylpropyläther	0,958	144,7	50,20	28,60	6,30 - 43
Glycerin	0,954	34,4	24,0	16,7	4,93 - 60
Pentaoxyäther	0,961	453,0	117,2	63,5	10,46 - 31

Über Ester als Schmierstoff-Verbesserungsmittel.

Referat gehalten auf der Weichmacher-Tagung in Frankfurt
am 11. 11. 1943.

Ich möchte Ihnen einen kurzen Einblick geben über die Bedeutung des Ester-Einsatzes auf dem Schmierstoffgebiet.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Schmierstoffes ist sein Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Dieses wird entweder gemäß einem amerikanischen Vorschlag gekennzeichnet durch den Viskositätsindex, den sogenannten V.I.-Wert. Je höher der V.I.-Wert ist, um so geringer ist die Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur, um so flacher ist der Verlauf der Viskositäts-Temperatur-Kurve. Eine andere Kennzeichnung erfolgt nach einem Vorschlag von Walther und Ubbelohde

Bild 1

in der Weise, daß in einem logarithmischen Diagramm die absolute Temperatur und die Viskosität aufgetragen werden. Dann wird aus der Viskositäts-Temperatur-Kurve eine gerade Linie. Der Steilheitsgrad dieser geraden Linie, ausgedrückt durch den m -Wert, ist dann ein Kennzeichen für das Viskositäts-Temperatur-Verhalten des Schmierstoffes. Walther und Ubbelohde machen dann weiter die Annahme, daß die Viskositäts-Geraden verschieden viskoser Öle gleicher Herkunft sich in einem Punkt, dem Viskositätspol schneiden. Je geringer der Abstand dieser Viskositätspols von der Abszisse ist, je geringer diese „Viskositätspolhöhe = VP“ ist, um so geringer ist die Viskositäts-Temperatur-Abhängigkeit. Für letztere werden kleine m - und VP-Werte gefordert.

Auf den nun folgenden Bildern zeige ich Ihnen die Abhängigkeit des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens der Ester von der chemischen Konstitution.

Das

Bild 2

zeigt Ester aus drei- und vierwertigen Alkoholen, verestert mit verschiedenen Säuren. Vergleichen wir zunächst die Ester mit der normalen Oktylsäure. Es zeigen sich zwischen Trimethyloläthan und Trimethylolpropan in der Viskositätshöhe und im Viskositäts-Temperatur-Verhalten keine Unterschiede, wohl aber im Kälteverhalten. Hier ist der Ester des Trimethylolpropanes dem des Trimethyloläthans um 61° überlegen. Das Glycerin ist im Viskositäts-Temperatur-Verhalten den beiden Alkoholen gleich-

... jedoch ist die Viskositätsnähe geringer und der Stockpunkt wesentlich höher als der des Trimethylolpropan, aber niedriger als der des Trimethyloläthans. Das Pentaerythrit gibt einen Ester mit wesentlich höherer Viskosität, noch höheren Stockpunkt und etwas besseres Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Sehr interessant ist nun der Vergleich der Ester der vier Alkohole mit einer verzweigten Säure: der 2-Äthylhexylsäure. Hier sind die Stockpunkte dieser vier Ester alle sehr tief. Zwischen Trimethyloläthan und Trimethylolpropan ist hier kein Unterschied. Der Ester des Glycerins hat die niedrigste Viskosität, das Pentaerythrit wiederum die höchste Viskosität und zugleich das beste Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Nimmt man statt der 2-Äthylhexylsäure das Carbonsäure-Gemisch, welches aus den von 200-250° siedenden Alkoholen des Isobutylöles erhalten wird, so erhält man Ester, die im Viskositäts-Verhalten den vorhergenannten gleichwertig sind, jedoch im Stockpunkt nicht ganz so günstig liegen. Bemerkenswert ist hier der Stockpunkt des Glycerinesters. Derartige Ester könnten in der Lackindustrie als Weichmacher und in der Elektroindustrie als Schaltöle zum Einsatz gebracht werden. Sehr interessant ist nun die Auswirkung einer unvollständigen Veresterung dieser Polyalkohole auf das Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Diese Zusammenhänge zeigt das nächste

Bild 3

Man erkennt sowohl beim Trimethyloläthan wie auch beim Pentaerythrit, daß die Viskosität umso höher und das Viskositäts-Temperatur-Verhalten umso schlechter wird, je mehr freie Hydroxylgruppen im Ester vorhanden sind. Das ist durchaus verständlich, denn freie Hydroxylgruppen bewirken eine starke Assoziation der Ester-Moleküle. Alle Alkohole sind ja bekanntlich stark assoziiert. Interessant ist, daß diese Assoziation, wie Versuche, die Herr Prof. Dr. Wolf in Halle mit seinen Mitarbeitern auf meine Veranlassung hin durchgeführt hat, zeigten, daß diese Übermolekülbildung vollkommen gleichmäßig erfolgt. Es sind in der ganzen Masse gleich viele einer, zweier, dreier, vierer bis zwölfer Moleküle vorhanden.

Auf dem nächsten

Bild 4

wird die Untersuchung von den Estern aus zweiwertigen Glykolen wieder gegeben. Als zweiwertige Glykole wurden Äthylen-Glykol, 1,4-Butylen-Glykol, 1,6-Hexylen-Glykol, 1,6-Methyl-hexylen-glykol und Dimethylolpropan untersucht. Man erkennt bei den Estern der geradkettigen Glykole mit n-Oktylsäure ein Ansteigen der Viskosität und eine Abnahme, d.h. Verbesserung

Tabelle 1

Liter von Hexachlorbenzol mit Verimpfung und
mit erhaltener Alkohole in Termiten mit
verschiedenen Alkoholen

	spez. Gew.	Viskosität in cP bei °C					Siedepunkt °C
		20	30	40	50	60	
Hexachlorbenzol	0,979	14,2	9,75	6,28	3,95	5,09	+ 10
• n-Okthanol	0,979	17,2	7,83	5,93	3,24	3,43	< - 72
• 1-Heptanol	—	—	—	13,90	4,42	(3,24)	+ 68
• Cyclohexanol	1,002	63,70	27,70	17,66	4,64	3,76	- 52
• n- und p-Cylohexylalkohol	0,942	6,76	3,35	4,06	1,77	1,65	< - 72
• 1-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 2-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 3-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 4-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 5-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 6-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 1-Okthanol	0,979	16,00	9,22	6,67	3,90	3,16	- 56
• 2-Okthanol	0,970	18,00	9,43	6,68	3,61	3,65	< - 77
• Cyclohexanol	1,023	71,0	27,27	16,88	4,68	3,95	- 50
• n- und p-Cylohexylalkohol	0,993	66,9	27,73	15,60	4,28	3,77	- 46
• 1-Heptanol	0,943	11,67	6,49	4,77	2,02	1,72	< - 72

Tabelle 2

Liter von Hexachlorbenzol

	spez. Gew.	Viskosität in cP bei °C					Siedepunkt °C
		20	30	40	50	60	
Hexachlorbenzol	0,979	14,2	9,75	6,28	3,95	5,09	+ 10
• n-Okthanol	—	—	—	12,80	4,53	(3,95)	+ 56
• 1-Heptanol	0,977	14,90	9,33	6,44	3,66	3,48	- 52
• 2-Heptanol	0,973	16,33	17,30	12,20	4,39	3,73	- 16
• 3-Heptanol	0,970	16,00	9,22	6,67	3,90	3,16	- 36
• 4-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 5-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 6-Heptanol	—	—	—	—	—	—	—
• 1-Okthanol	0,970	16,73	16,40	10,93	5,03	3,60	- 42
• 2-Okthanol	0,933	49,30	20,30	13,40	4,07	3,71	- 60
• 3-Okthanol	0,973	49,60	21,20	13,60	4,34	3,67	- 50
• 4-Okthanol	0,928	50,70	24,90	15,30	4,79	3,95	- 57
• 5-Okthanol	0,916	44,20	20,70	13,20	4,13	3,48	- 70
• 6-Okthanol	—	—	—	—	—	—	—
• 1-Nonanol	0,910	36,00	18,70	10,70	5,21	3,43	< - 72
• 2-Nonanol	0,916	36,00	18,00	10,00	4,41	3,41	- 70
• 3-Nonanol	0,916	36,73	15,60	10,00	3,53	3,20	- 60
• 4-Nonanol	0,911	30,33	19,30	13,40	4,71	3,30	- 60

des m -Wertes mit steigendem Molekulargewicht. Interessant ist das Absinken des Stockpunktes beim Methyl-hexylen-glykol und beim Dimethylolpropan. Hier macht sich wieder der Einfluß der Methylgruppe bemerkbar, wie wir ihn bereits kennengelernt haben beim Kohlenwasserstoff-Hexadekan. Sehr günstig wird der Stockpunkt, wenn man statt n -Oktylsäure die Iso-Oktylsäure oder die Leuna-Carbonsäure nimmt. Jedoch wird bei diesen verzweigten Säuren das Viskositäts-Temperatur-Verhalten etwas ungünstiger.

Auf dem nächsten

Bild 5

sind die Ester der Adipin- und Methyladipinsäure untersucht. Bemerkenswert ist der Vergleich von n -Oktanol und i -Oktanol-Ester. Der letztere hat ein ausgezeichnetes Kälteverhalten, es ist der Einfluß der Äthyl-Seitenkette. Ganz analog ist die Wirkung der Methylgruppe beim Vergleich von Cyclohexanol und Methyl-Cyclohexanol. Diese beiden Ester zeigen verglichen mit dem Oktanol-Ester eine höhere Viskosität und ein ungünstigeres Viskositäts-Temperatur-Verhalten. Die entsprechenden Ester der Methyl-adipinsäure sind im Viskositäts-Temperatur-Verhalten nur unwesentlich unterschieden von denen der Adipinsäure, jedoch im Kälteverhalten sind sie teilweise wesentlich günstiger. Besonders technisch sehr interessant ist der Cyclohexanol-Ester der β -Methyl-adipinsäure. Er findet Verwendung als Uhrenschmieröl, weil er sich dadurch auszeichnet, daß er auf einer Metalloberfläche nicht verläuft, sondern gut im Tropfen zusammenhält. Ferner findet er Verwendung als Zusatzstoff in unserem Flieger-Drucköl.

In dem folgenden

Bild 6

ist der Einfluß der Methylgruppe in der Dicarbonsäure eingehender dargestellt. Man vergleiche n -Oktanol und n -Dodecanol-Ester der α - und β -Methyl-adipinsäure mit denen der Adipinsäure. Hier ist auffallend, daß die Ester der α -Methyl-adipinsäure im Viskositäts-Temperatur-Verhalten stets etwas ungünstiger liegen als diejenigen der β -Methyl-adipinsäure. Das ist ein schönes Beispiel dafür, wie wichtig die Stellung einer Seitenkette im Molekül ist. Verestert man die Säuren mit verzweigten Alkoholen, wie z.B. unseren Leuna-Alkoholen oder den Oxalkoholen die man durch Oxidierung von Di-Isobutylen erhält, so erhält man Ester mit einem ganz hervorragenden Kälteverhalten. Besonders bemerkenswert sind hier die Ester der Sebensäure, die einen guten Stockpunkt mit einem ausgezeichneten Viskositäts-Temperatur-Verhalten verbinden und damit der Adipinsäure überlegen sind. Der Ester der β -Methyl-adipinsäure mit Leuna-Alkohol findet Verwendung bei der Herstellung von kältebeständigem Motorenöl und Achsenölen,

Ester aus mehrwertigen Alkoholen und dem Halboester (IX) der Mischreihe HOOC-(CH ₂) _n -COOH A. LITHIUMSALZE (1971)			spez. Gew.	Viskosität in cSt bei °C					Fließ- punkt °C
		20		30	50	99	20/99		
Äthylenglykol	+ H ₂		0,992	43,53	30,10	13,30	4,20	3,40	- 42
	+ n-C ₈ - Säure		0,954	9,00	5,34	4,03	1,76	3,47	- 13
1,4-Butylenglykol	+ H ₂		0,979	37,70	16,40	17,20	5,38	3,33	- 33
	+ n-C ₈ - Säure		0,910	21,77	6,45	5,37	2,29	3,38	- 13
1,6-Hexylenglykol	+ H ₂		0,905	44,30	29,55	19,80	6,14	3,24	- 19
	+ n-C ₈ - Säure		0,868	17,20	8,40	6,26	2,62	3,53	- 8
1,6-Diethylhexylenglykol	+ H ₂		0,899	37,30	10,30	25,30	7,23	3,23	- 40
	+ n-C ₈ - Säure		0,854	13,60	8,08	6,53	2,71	3,21	- 29
Methylolpropyl	+ H ₂		0,962	44,00	27,90	17,80	5,30	3,44	- 34
	+ n-C ₈ - Säure		0,920	14,50	8,10	5,87	2,54	3,42	- 32
Trimethyloläthan	+ H ₂		1,011	28,6	22,20	17,07	10,70	5,30	- 31
	+ n-C ₈ - Säure		0,944	16,20	17,70	11,84	3,80	3,58	- 8
Pentaerythrit	+ H ₂		1,021	482	177,7	101,1	19,50	5,04	- 45
	+ n-C ₈ - Säure		0,939	50,70	23,80	15,49	4,75	3,50	- 7

Lithiumsalze aus Äthylenglykol- und Butylenglykol- mischreihe (X)			spez. Gew.	Viskosität in cSt bei °C					Fließ- punkt °C
		20		30	50	99	20/99		
1,4-Butylenglykol	+ 0 Mol C ₈ H ₁₆ O ₂	+ Methylolpropyl	0,918	24,00	12,70	6,70	3,23	3,43	- 72
	+ 1 "	"	0,748	37,60	18,30	12,80	4,30	3,38	- 63
	+ 2 "	"	0,976	39,00	27,60	18,30	5,74	3,88	- 38
	+ 4 "	"	1,002	32,80	40,90	27,60	7,72	5,13	- 32
	+ 6 "	"	1,021	124,60	54,10	34,80	10,00	2,97	- 38
1,6-Hexylenglykol	+ 0 Mol C ₈ H ₁₆ O ₂	+ Methylolpropyl	0,918	28,20	14,60	10,00	3,52	3,49	- 70
	+ 1 "	"	0,950	46,08	21,90	14,70	4,75	3,46	- 60
	+ 2 "	"	0,979	44,16	29,47	19,50	6,14	3,24	- 33
	+ 4 "	"	0,998	36,00	42,30	27,10	8,31	3,04	- 38
	+ 6 "	"	1,008	180,00	75,00	47,00	17,30	1,92	- 14
Lithiumsalz 100/90 + 7 Mol C ₈ H ₁₆ O ₂	+ Methylolpropyl		0,972	55,90	24,60	15,70	4,96	3,44	- 39
	+ Methylolbutyl		0,960	74,50	39,80	21,40	6,25	3,38	- 34
	+ Butylenglykol		0,949	119,10	50,60	31,30	8,96	3,12	- 55

auch sind einige als Weichmacher für Igalit geeignet befunden worden.
Auf dem nächstfolgenden

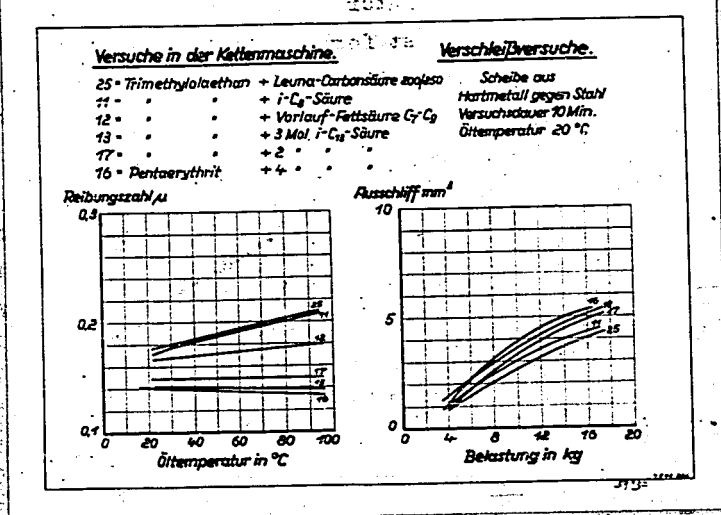
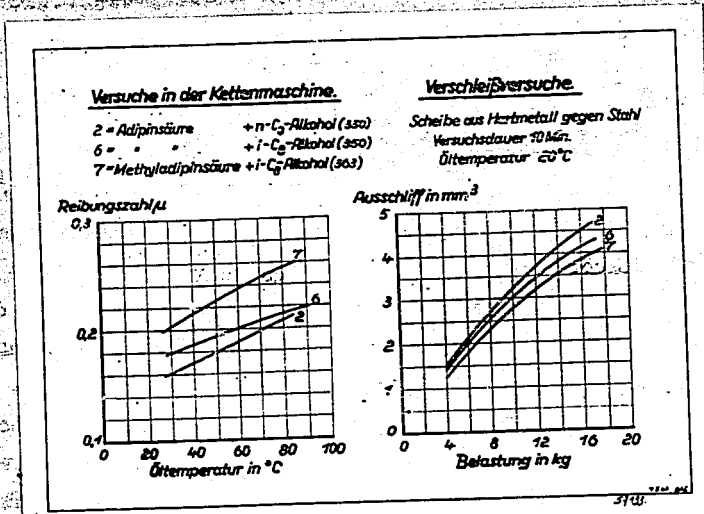
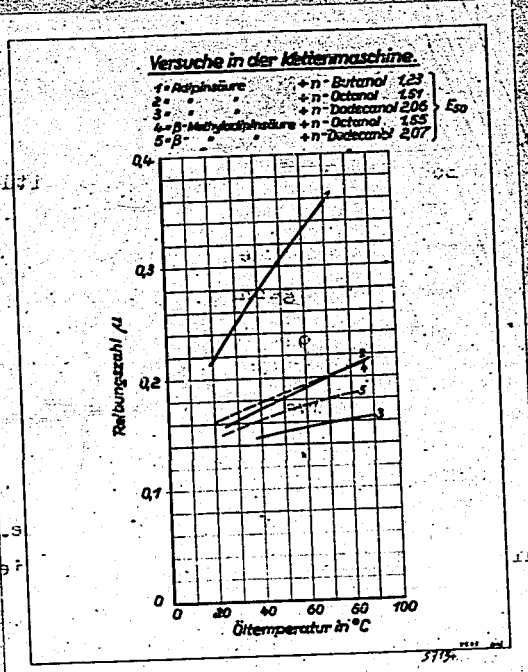
Bild 7

ist nun die Auswirkung einer Molekülvergrößerung auf das Viskositäts-Temperatur-Verhalten dargestellt. Es wurden hier mehrwertige Alkohole einmal mit einer normalen Oktylsäure verestert und zum anderen mit dem langkettigen Halbester der Adipinsäure mit der Leuna-Alpandri-Fraktion 140-180, das ist im Wesentlichen C6- und C7-Alkohol. Man erkennt, daß diese letzteren Ester wesentlich höher viskos sind und im Viskositäts-Temperatur-Verhalten sogar etwas günstiger sind, als die Ester der normalen Oktylsäure. Da im Halbester der verzweigte Leuna-Alkohol enthalten ist, so ist selbstverständlich das Kälteverhalten dieser Ester charakterisiert, wie die Stockpunkte zeigen. Auch die Schmierfähigkeit derartiger Ester ist sehr gut. Sie haben als Schneideöl einen praktischen Einsatz gefunden. Man kann eine gefadkettige Molekülvergrößerung nun auch in der Weise durchführen, daß man einen Alkohol äthoxyliert.

Auf dem nächsten

Bild 8

ist das Ergebnis der Untersuchung dieser Frage wieder gegeben. Als Alkohol wurde zunächst das durch Oxidierung von Di-Isobutylen gewonnene i-C₉-Alkoholgemisch benutzt. Man erkennt auf dem obigen Bild 8, daß mit steigendem Äthylenoxydgehalt die Viskosität sich erhöht und das Viskositäts-Temperatur-Verhalten verbessert wird. Dagegen wird das Kälteverhalten umso schlechter, je mehr Äthylenoxyd angelagert wird. Sehr interessant ist der Vergleich mit 2 Mol-Äthylenoxyd behandelten Leuna-Alkohol-ester aus Adipin-, Methyladipin- und Sebacinsäure. Das Kälteverhalten dieser drei Ester ist vollkommen gleich, die Viskosität nimmt zu und das Viskositäts-Temperatur-Verhalten wird verbessert in der Reihenfolge Adipin-, Methyladipin- und Sebacinsäure. Auch hier ist der Sebacinsäure-Ester der günstigere. Leider haben diese Ester den Nachteil, daß sie mit Kohlenwasserstoffölen umso schlechter mischbar sind, bzw. gar nicht mehr mischbar sind, wenn sie viel Äthylenoxyd enthalten. Mehr als ein Mol Äthylenoxyd darf man nicht anlagern, bei 2 Mol Oxyd geht die Mischbarkeit mit K.W.-Ölen bei Raumtemperatur bereits verloren. Bei höherer Temperatur, z.B. 80°, wird dieser Ester jedoch vollkommen mischbar. Mit noch mehr Molen Oxyd geht die Mischbarkeit bei höherer Temperatur auch verloren.



Nachdem wir nun die Beziehungen zwischen der Konstitution der Ester und ihrem Viskositäts-Verhalten einigermaßen kennengelernt haben, gingen wir daran, auch den Zusammenhang zwischen ihrer Konstitution und der Schmierfähigkeit zu untersuchen. Das Ergebnis zeigen die nun folgenden Bilder:

Bild 9

Die Kurven 1, 2 und 3 sind Messwerte von Estern der Adipinsäure und den geradkettigen Alkoholen Butanol, Oktanol und Dodecanol. Man sieht, daß mit steigendem Molekulargewicht die Reibungszahlen absinken und die Abhängigkeit der Reibungszahlen von der Temperatur immer günstiger werden. Ersetzt man in diesen Estern die Adipinsäure durch die Methyl-adipinsäure, das sind die Ester 4 und 5, so sieht man, daß die Reibungszahl der Methyl-adipin-säure-Ester stets höher liegt, als die der entsprechenden Adipinsäure-Ester. Diesen Einfluss der Methylgruppe finden wir auf dem nächsten

Bild 10

wieder bestätigt beim Vergleich der Ester 2 und 6, sowie 6 und 7. Interessant ist hier nun die rechte Seite des Bildes, wo der Verschleiß der Ester gemessen wurde an einer Hartmetallscheibe die gegen eine Stahlplatte gedrückt wurde. Man sieht hier, daß derjenige Ester, dessen Reibungszahl am grössten ist, den niedrigsten Verschleißwert aufweist.

Das folgende

Bild 11

zeigt noch einmal das starke Absinken der Reibungszahl mit steigendem Mol-Gewicht des Esters. Man vergleiche Nr. 25 mit 11, 12, 13 und 16. Desgleichen wird die Temperatur-Abhängigkeit immer günstiger. Beim Ester 16 ist sogar mit steigender Temperatur eine geringe Abnahme der Reibungszahl festzustellen. Bemerkenswert ist ferner der Vergleich von 11 und 12: Die verzweigte Säure hat wieder die höhere Reibungszahl und die stärkere Temperaturabhängigkeit der Reibungszahl. Weiter ist interessant, daß durch die unvollständige Veresterung die Reibungszahl nur wenig verschlechtert, die Temperaturabhängigkeit aber gar nicht beeinflusst wird; man vergleiche 17 mit 13. Bei den Verschleißversuchen ist wieder die Reihenfolge der Ester genau umgekehrt wie bei den Reibungszahlen. Auch bei den noch höher molekularen Estern des nächsten Bildes

Bild 12

wird wieder bestätigt das Abnehmen der Reibungszahl und die Verflachung der μ -Temperatur-Kurve mit steigendem Mol-Gewicht,

Dieses interessante gegensätzliche Verhalten zwischen Schmierfähigkeit, wie sie durch die Reibungszahl gekennzeichnet ist und dem Verschleiß, findet seine Ursache in der Kraft mit der die Moleküle an der Oberfläche festgehalten werden. Die Arbeit die aufgewandt werden muß, um eine Flüssigkeit von 1-cm² Querschnitt von der Grenzfläche loszureißen, heißt Haftarbeit. Sie kann bestimmt werden durch Messung der Grenzflächenspannung γ und der Oberflächenspannung σ der beiden Grenzflächenpartner. Es gilt hier die von Duprée angegebene Berechnung:

$$H = \sigma_1 + \sigma_2 - \gamma_{12}$$

Von Herrn Prof. Dr. Wolff in Halle sind auf meine Anregung hin zahlreiche Stoffe in bezug auf ihre Haftarbeiten untersucht worden. Einige Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigt das nächste

Bild 13

Interessant ist bei den Kohlenwasserstoffen das Verhalten des Benzols, welches wesentlich fester gehalten wird am Quecksilber als sein Hydrierungspunkt, das Cyclohexan. In der Reihe der Alkohole erkennt man eine Zunahme der Haftarbeit mit zunehmender Verlängerung der C-Kette. Bemerkenswert ist, daß eine Verzweigung der C-Kette eine Verminderung der Haftarbeit hervorruft. Bei den Säuren ist die Haftarbeit gänzlich unabhängig von der Molekülgröße. Das dürfte seine Ursache in der bei allen Säuren vorhandenen dimeren Molekülassociation haben. Eine grössere als die zweizählige Übermolekülbildung tritt nur bei der Ameisensäure auf. Bei den Estern beobachten wir genau wie bei den Alkoholen ein Ansteigen der Haftarbeit mit steigendem Mol-Gewicht des Alkohols. Bemerkenswert ist hier, daß eine Verzweigung der alkoholischen C-Atom-Kette eine Erhöhung der Haftarbeit nach sich zieht. Die Ursache in diesem unterschiedlichen Verhalten gegenüber den reinen Alkoholen liegt vermutlich in der Art wie die Moleküle an der Grenzfläche angeordnet sind. Es gibt hier zwei Möglichkeiten, entweder sie stehen senkrecht mit ihrer C-Atom-Kette auf der Grenzfläche, oder sie sind tangential angeordnet. Die Frage, welche Anordnung von den einzelnen Stoffarten bevorzugt wird, ist einmal abhängig von der sterischen Stellung der Dipolgruppe im Molekül und zum anderen abhängig von der Lage und Größe

SAFETY

**Ergebnisse der Luftuntersuchung im Arbeitsraum
mitballastete Quarzstaub nach Brennen von
Kalk, Weiß, Zelle**

Stoff	Ergebnisse der Untersuchung (mg/m ³)		Ergebnis 2 (mg/m ³)	
	Staub	Quarzstaub	Staub	Quarzstaub
Staub	51,25	300	60,0	120
SiO ₂	39,83	266	44,4	143
Ca	43,24	258	24,1	249
CaO	37,41	250	44,3	163
Ca(OH) ₂	44,26	241	24,8	270
Quarzstaub	25,13	240	44,3	160
Staub	8,52	267	30,8	160
Quarzstaub	6,26	235	24,1	173
Wasser	ohne 75	ohne 250	ohne 75	ohne 150

57037

**Ergebnisse der Luftuntersuchung im Arbeitsraum
mitballastete Quarzstaub nach Brennen von
Kalk, Weiß, Zelle**

Stoff	Ergebnisse der Untersuchung (mg/m ³)	Ergebnis 2 (mg/m ³)
Staub	4 900	12 500
SiO ₂	3 600	14 200
Ca	5 600	15 000
CaO	4 200	12 000
Ca(OH) ₂	4 700	15 300
Quarzstaub	5 000	12 800
Staub	5 200	13 400
Quarzstaub	5 300	13 600
Quarzstaub	5 300	13 700
Quarzstaub	5 600	17 400
Quarzstaub	5 700	17 400
Wasser	14 800	14 700
Quarzstaub	16 800	16 000
Staub	5 000	
Wasser	4 000-7 000	

57035

des permanenten Dipols innerhalb der Gruppe.

Die Haftarbeiten sind natürlich nicht nur abhängig vom Schmierstoff, sondern auch von dem anderen Partner der Grenzfläche. Auf dem nächsten

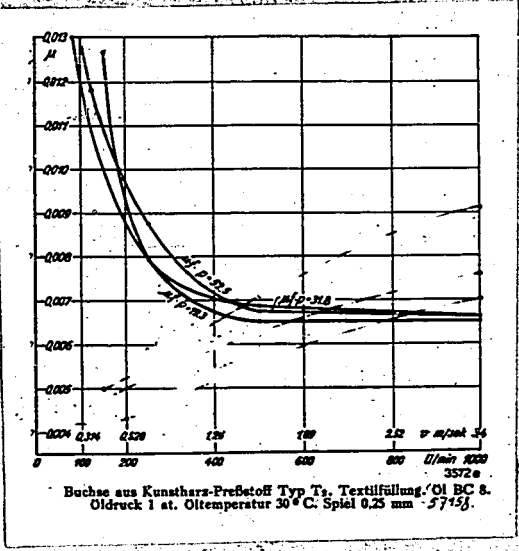
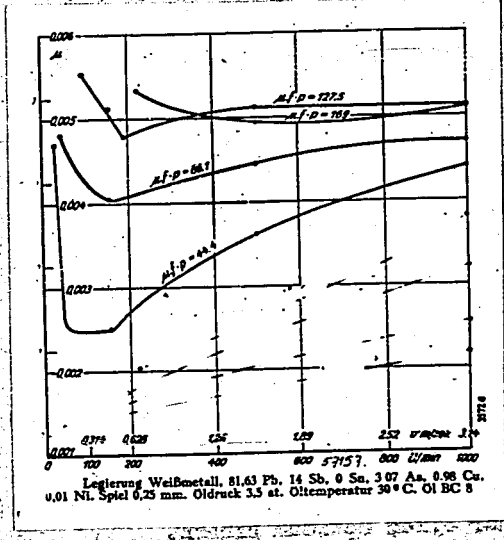
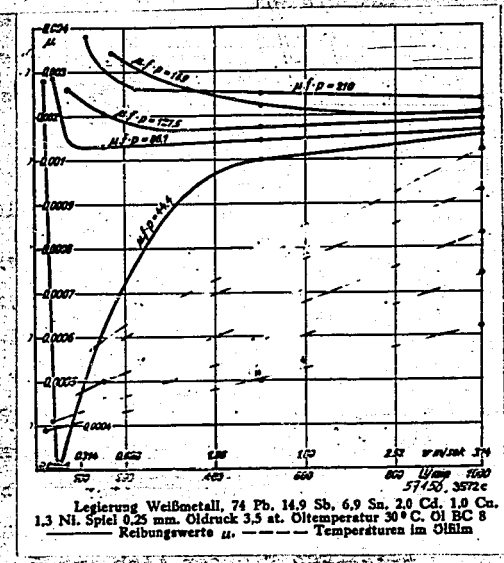
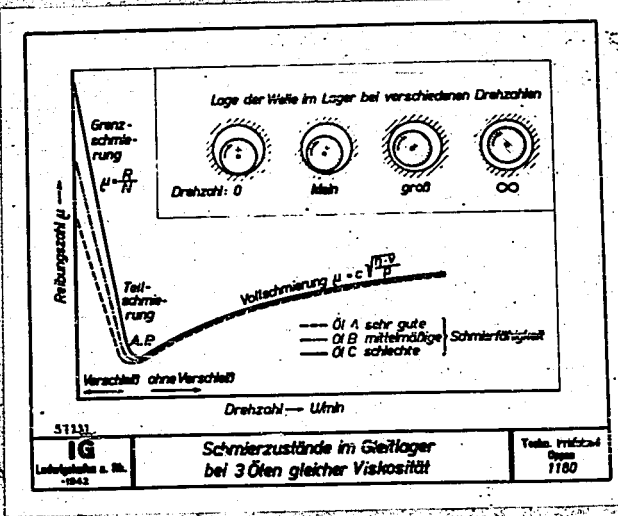
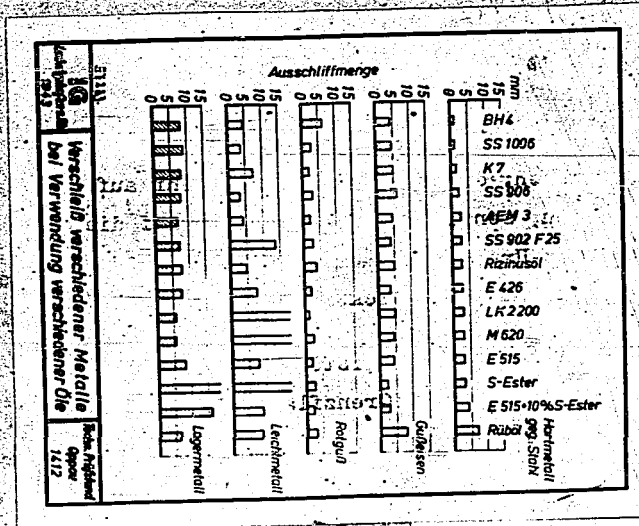
Bild 14

sind die Unterschiede verschiedener Haftarbeiten an einer wässrigen und einer metallischen Grenzfläche zusammengestellt. Man erkennt die grossen Unterschiede die zwischen Wasser und Quecksilber bestehen. Am Quecksilber haften die Stoffe im Durchschnitt 2 - 3 mal so gut wie beim Wasser. Aus den Haftarbeiten lassen sich nun die Haftfestigkeiten berechnen.

Das nächste

Bild 15

zeigt Ihnen die entsprechenden Werte für Kohlenwasserstoffe, Alkohol und Säuren. Man erkennt wieder eine Zunahme der Haftfestigkeit bei den Kohlenwasserstoffen mit Zunahme des ungesättigten Charakters, bei den Alkoholen mit Zunahme der C-Ketten-Länge und bei den Säuren eine Unabhängigkeit der Haftfestigkeit von der Molekülgrösse. Diese Haftfestigkeiten, die ja ein Maß geben für die zum Abreißen der Grenzfläche von 1 cm^2 Querschnitt benötigten Kräfte, entsprechen im Inneren der Flüssigkeit bzw. des Metalles deren Zerreißfestigkeiten. Die Letzteren rechnen sich aus den Grenzflächen-Spannungswerten. Es ist die Zerreißbarkeit $H_2 = 2\sigma$. Hier ist nun auffallend die Grösse dieser Werte für Flüssigkeiten. Das Zerreißen einer flüssigen, organischen Säure erfordert die gleiche Kraft, je evtl. eine grössere Kraft als das Zerreißen eines Metalles wie Messing oder Eisen. Diese Tatsache erklärt uns ohne weiteres das umgekehrte Verhalten zwischen Reibungszahl einerseits und Verschleiß andererseits. Je grösser die Haftfestigkeit eines Schmierstoffes ist, um so tragfester ist die Schmier-schicht, also um so kleiner ist die Reibungszahl einerseits, um so grösser ist aber andererseits auch die Kraft, mit der das Flüssigkeits-Molekül ein Metall-Atom aus seiner Grenzfläche herausreißen kann. Wir dürfen also bei der Entwicklung von Schmierstoffen, wenn wir auf einen niedrigen Verschleiß hinarbeiten wollen, nicht Stoffe entwickeln, die ausserordentlich hohe Haftfestigkeiten aufweisen, sondern wir dürfen uns hier nur einem Optimum nähern.



Um dieses anzustreben, dürfen wir nicht so sehr auf die Dipolkräfte des Moleküls achten, sondern müssen vielmehr auf die Dispersionskräfte des Moleküls, deren Ursache in der spezifischen Quantenbindung der C-Atom-Kette liegt, unseren Blick richten.

Es ist aber nicht nur der Schmierstoff für den Verschleiß verantwortlich, sondern auch der andere Grenzflächenpartner, das Metall, spricht hier mit.

Das nächste

Bild 16

zeigt das unterschiedliche Verschleißverhalten verschiedener Metalle gegenüber den gleichen Stoffen. Es kann ein Stoff, wie z.B. der Polyäther-Alkohol LK 2200 gegenüber Rotguß ausserordentlich verschleißbeständig sein, während ^{er} gegenüber Weichmetallen derartig verschleißend wirkt, daß man beinahe sagen kann, das Weichmetall wird von ihm aufgelöst. Auch ein reines Mineralöl, wie z.B. Öl K. 7 verhält sich gegenüber den verschiedenen Metallen sehr stark unterschiedlich.

Dieses unterschiedliche Verhalten der Öle gegenüber den verschiedenen Metallen kommt natürlich auch bei der eigentlichen Schmierung zum Ausdruck.

Wenn man auf dem nächsten

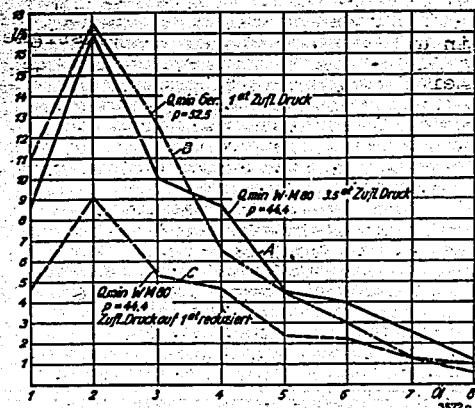
Bild 17

die verschiedenen Schmierzustände des Gleitlagers betrachtet, so macht sich auch hier die chemische Konstitution des Schmierstoffes bemerkbar und zwar in dem Gebiete, wo die Drehzahl gering und die Belastung dementsprechend hoch wird. Das ist das Gebiet der Teilschmierung und der Grenzschmierung.

auf den folgenden

Bildern 18, 19 und 20

ist das unterschiedliche Verhalten verschiedener Lagermaterialien im Grenzreibungszustand bei dem gleichen Öl dargestellt. Die Versuche wurden von Herrn Prof. Dr. Heidebroeck in Dresden durchgeführt. Sie sehen, wie je nach der Natur des Lagerstoffes der Übergangspunkt von der Vollschmierung zur Grenzschmierung bei gleicher Belastung je nach der Natur des Materials verschieden liegt. Es handelt sich hier um eine Auswirkung der



Vergleich der Oldurchlässigkeit zweier Lagerschalen aus WM 89 und Kunstharz-Freisetoff
 Kurve A: WM 80. Oldruck 3.5 at. Oltemperatur 50°C. p = 44.4
 Kurve B: Kunstharz-Freisetoff. Oldruck 1 at. Oltemperatur 30°C. p = 52.5
 Kurve C: WM 80. Oldruck red. auf 1 at. Olmenge gemessen bei 6 Ulen. verschiedener Zähigkeit p = 44.4

35729
 57157

Grenzflächenkräfte in dickere Schichten der Flüssigkeit hinein. Das von der Grenzfläche eine Orientierung in tiefere Flüssigkeitsschichten ausgehen muss, wird ferner wahrscheinlich gemacht durch den auf dem nächsten

Bild 21

gezeigten Vergleich der Wirkung zweier verschiedener Lagerschalen bei dem gleichen Öl. Man erkennt, wie bei einer gegebenen Lagerspaltweite für die Durchströmung einer bestimmten Ölmenge in der Zeiteinheit je nach der Natur des Lagerwerkstoffes verschiedene Öldrücke angewandt werden müssen.

Jan

Attachment X

"Esterole"

(I. G. Leuna - paper on properties
and applications)

Geheim!

1. Dies ist ein Staatsgeheimnis im Sinne des § 88 RStGB.
2. Weitergabe nur verschlossen, bei Gefährdung als „Einschreiben“.
3. Aufbewahrung unter Verantwortung des Empfängers unter gesichertem Durchschluß.

Esteröle

Unter Esterölen versteht man synthetische Ester, die auf der Basis Isobutylöl, Phenol und Kresol hergestellt werden. Z.Zt. werden folgende Ester fabriziert:

1. Esteröl 504, hergestellt aus Methyladipinsäure und Leuna-Alkohol (Fraktion 160° - 200° C),
2. Esteröl 515, hergestellt aus Methyladipinsäure und Leuna-Alkohol (Fraktion 180° - 250° C),
3. Esteröl 455, hergestellt aus Adipinsäure und Leuna-Alkohol (Fraktion 140° - 180° C),
4. Esteröl 426, hergestellt aus Leuna-Carbonsäure (Fraktion 200° - 250° C) und Trimethyloläthan,
5. Esteröl IT 4, hergestellt aus Leuna-Carbonsäure (Fraktion 140° - 180° C) und Trimethyloläthan,
6. Kollith L.85, hergestellt aus Leuna-Carbonsäure (Fraktion 160° - 180° C) und Trimethyloläthan,
7. Esteröl 623, hergestellt aus Methyladipinsäure und $\frac{1}{2}$ Dimethylpropan + $\frac{1}{2}$ Isobutylöl (Fraktion 180° - 250° C).

Herstellung der Esteröle:

Säure und Alkohol werden in einem Rührgefäß bei gewöhnlicher Temperatur innig vermischt unter gleichzeitiger Zugabe von Zinkoxyd, bezw. Toluolsulfosäure als Katalysator. Zinkoxyd wird bei den Trimethyloläthan-Estern, Toluolsulfosäure bei den Adipinsäure-Estern und Methyladipinsäure-Estern verwendet.

Das Gemisch wird alsdann von außen mit Gas beheizt und auf 180° bis 220° C gebracht. Das bei der Reaktion freiwerdende Wasser wird mit Hilfe einer Mittelölfraction (180° - 220° C), die im Kreislauf geführt wird, azeotrop abdestilliert. Die Reaktion dauert etwa 6 bis 8 Stunden und ist beendet, wenn sich kein Wasser mehr bildet.

Die Rohester werden mit verdünnter Natronlauge und anschließend mit Wasser neutral gewaschen, vom Mittelöl und den niedrig siedenden Verunreinigungen durch Destillation befreit, bis der Flammpunkt 210° C erreicht ist, und mit Bleicherde geschönt.

Zur Herstellung von 100 kg Esteröl werden benötigt:

1. Esteröl 504: 56 kg Methyladipinsäure,
160 kg Leuna-Alkohol (Fraktion 160° - 200° C),
2. Esteröl 515: 50 kg Methyladipinsäure,
164 kg Leuna-Alkohol (Fraktion 180° - 250° C),
3. Esteröl 455: 48 kg Adipinsäure,
158 kg Leuna-Alkohol (Fraktion 140° - 180° C),
4. Esteröl 426: 90,4 kg Leuna-Carbonsäure (Fraktion 200° - 250° C),
6,5 kg Seifenfettsäure,
24,5 kg Trimethyloläthan,
5. Esteröl IT 4: 96,1 kg Leuna-Carbonsäure (Fraktion 140° - 180° C),
30,8 kg Trimethyloläthan,
6. Kollith L.85: 97,0 kg Leuna-Carbonsäure (Fraktion 160° - 180° C),
29,7 kg Trimethyloläthan,
7. Esteröl 623: 57 kg Methyladipinsäure,
133 kg Isobutylöl,
9 kg Dimethylpropan.

Verwendung und Eigenschaften der Esteröle:

1. Esteröl 504 wird zur Herstellung von kältebeständigem Achsenöl für die Reichsbahn "Y-Achsenöl rot" verwandt, indem es zu gleichen Teilen den mit Aluminiumchlorid nachbehandelten R-Ölen der SS-Ölfabrikation zugemischt wird. Das Kälteachsenöl soll eine einwandfreie Schmierung der Eisenbahnwagen bei -40°C gewährleisten.

Eigenschaften: $E_{50^{\circ}}$: $> 3,4$
 $E_{40^{\circ}}$: < 3300 ,
Stockpunkt : $< - 60^{\circ}\text{C}$,
Flammpunkt : $> + 140^{\circ}\text{C}$.

Außerdem wird das Esteröl 504 zur Herstellung von kältebeständiger Schreibeinte verwandt.

2. Esteröl 515 und Esteröl 426 werden im Mischungsverhältnis 3 : 2 zur Herstellung von Kälteflugmotoren- und Kälteauto-Öl verwendet. Das Kälteflugmotorenöl erhält man durch Zugabe

von 25% Estergemisch
zu 75% SS 903 - Polymerisat.

Es ermöglicht den Start von Flugzeugen bei -30°C .

Eigenschaften $E_{99^{\circ}}$: $> 2,0$
 $E_{30^{\circ}}$: ca 3000
Stockpunkt : $< - 50^{\circ}\text{C}$,
Flammpunkt : $> + 220^{\circ}\text{C}$.

Das Kälteauto-Öl erhält man durch Vermengung
von 50% SS 903 - Polymerisat
mit 50% Estergemisch

Es ermöglicht den Start von Autos bei -35°C bis -40°C .

Eigenschaften: $E_{99^{\circ}}$: $> 1,6$,
 $E_{30^{\circ}}$: ca 2000,
Stockpunkt : $< - 50^{\circ}\text{C}$,
Flammpunkt : $> 200^{\circ}\text{C}$.

3. Esteröl 455 dient zur Herstellung von "Waffenöl blau", das bei -50°C kältebeständig ist und für Maschinengewehre verwendet wird. Das "Waffenöl blau" ist eine Mischung von

46% Esteröl 455,
47% hochsiedenden Anteilen des Vorlaufs der
SS 900 - Fabrikation,
2% SS 906 - Öl,
5% Amylxanthogentetrasulfid.

Eigenschaften: $E_{20^{\circ}}$: $> 2,0$
 $E_{50^{\circ}}$: < 350
Stockpunkt : $< - 70^{\circ}\text{C}$,
Flammpunkt : $> + 120^{\circ}\text{C}$.

4. Esteröl IT 4 wird als Schalterisoleröl für flüssigkeitsgekühlte Schalter verwendet. Es ist weniger brennbar als Mineralöl, sehr kältebeständig und scheidet im Betrieb keinen Ruß ab, sodaß auch seine Durchschlagsfestigkeit groß ist.

Eigenschaften: $E_{20^{\circ}}$: 4 - 7,
 $E_{30^{\circ}}$: < 800,
 Stockpunkt : < - 50° C,
 Flammpunkt : > 200° C.

5. Mollith L.85 wird als nicht gelatinierender Weichmacher für Nitrozellulose verwendet.

Eigenschaften: $E_{20^{\circ}}$: 5 - 6,
 Stockpunkt : < - 60° C,
 Flammpunkt : > 200° C.

6. Esteröl 623 dient als Ersatz für Rüböl bei der Schmierung von hochbeanspruchten Schneide- und Räummaschinen.

Eigenschaften: $E_{20^{\circ}}$: 8 - 13,
 Stockpunkt : < - 50° C,
 Flammpunkt : > 200° C.

Fabrikationsanlagen, z.T. in Bau bzw. Planung:

	<u>Leuna:</u>	<u>Schkopau:</u>	<u>Auscawitz:</u>
Esteröl 504	1000 jato	-	2400 jato
" 515	1500 jato	2400 jato	-
" 455	230 jato	-	-
" 426	1000 jato	-	1600 jato
" IT 4	200 jato	-	-
Mollith L.85	1000 jato	-	-
Esteröl 623	500 jato	-	-

SAFETY

Attachment XI

"Ester als Schmieröle"

(I. G. Leuna - Dr. H. Forn paper listing
properties of esters)

Attachment XI

" Ester als Schmieröle "

(IG-Leuna - Dr. H. Kern paper listing properties
of esters.)

Ester als Schmieröle

Es ist seit alterher bekannt, dass die Schmierfähigkeit von natürlichen Kohlenwasserstoff-Schmierölen durch einen Zusatz von natürlichen fetten Ölen verbessert wird. Ja, man hat sogar in besonderen Fällen auto- und Flugmotore nur mit natürlichen fetten Ölen wie z.B. Ricinusöl geschmiert. Es hat sich jedoch stets immer wieder gezeigt, dass man mit natürlichen fetten Ölen auf die Dauer keine einwandfreie Schmierung der genannten Motore durchführen kann, da die fetten Öle thermisch nicht stabil genug sind. Die Ursache hierfür liegt in der thermischen Empfindlichkeit der sekundären Hydroxylgruppe des Glycerins in saurer Umgebung. Da nun andererseits die fetten Öle in bezug auf ihre Schmierfähigkeit d.h. Druckfestigkeit und Verschleiß - Verminderung sich wesentlich günstiger verhalten als KV - Öle, erschien es notwendig, Ester zu synthetisieren, die eine gute Schmierfähigkeit mit einer guten thermischen Beständigkeit vereinigen. Hierzu kam dann die weitere Forderung der Motorenindustrie nach einem guten Viskositäts - Temperatur - Verhalten, d.h. einen über 120 liegenden V.J. - Wert und einer guten Kältebeständigkeit, d.h. einen unter -50° liegenden Stockpunkt.

Aus den genannten Gründen wurde im Jahre 1938 von Herrn Dr. Zorn in Oppau zusammen mit Herrn Dr. Löwenberg in Leuna mit der Synthese von Estern und ihrer motorischen Prüfung begonnen. Diese Arbeit wurde dann in Leuna in den Jahren 1939, 40 und 41 fortgeführt. Die im Laufe dieser Zeit hergestellten und für zahlreich verschiedenartige Schmierzwecke erprobten Ester, sind in den nachstehenden Tabellen aufgeführt. Eine kritische Sichtung des Materials unter den Gesichtspunkte der Beziehungen zwischen der chemischen Konstitution und den Schmiereigenschaften wird in einem 2ten Berichtsteil folgen.

An der Herstellung, Entwicklung und Prüfung der Esterschmieröle waren in erster Linie Herr Dr. Löwenberg und Frh. Dr. Bösig, ferner die Herren Dr. Metzger und Dr. Günicke beteiligt.

Dr. M. Korn

Tabell I

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Äthylenglykol und:	Spez. Gew.	Viskosität in: cSt u. E°:				n	V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	30°	50°	99°				
150	22. 4. 39	Vorlaufettsäure C ₅ -C ₇	cSt 0,957	6,00	3,81	-	1,47	3,478	-	-50	146
			E	1,479	1,290	-	1,060				
291	11.10.39	1 Tl. Vorlaufetts. C ₅ -C ₇ 1 Tl. Vorlaufetts. C ₇ -C ₉	cSt 0,959	8,04	4,95	-	1,78	3,422	-	-51	172
			E	1,655	1,389	-	1,095				
149	22. 4. 39	Vorlaufettsäure C ₇ -C ₁₁	cSt 0,945	8,325	5,08	-	1,79	3,470	-	-31	156
			E	1,680	1,400	-	1,097				
269	4.10.39	L S 140 - E	cSt 0,946	7,35	4,29	-	1,54	3,624	-	-74	141
			E	1,595	1,332	-	1,068				
80	4. 1. 39	L S 200 - 250	cSt 0,938	10,4	5,95	-	1,87	3,713	-	-77	160
			E	1,868	1,474	-	1,105				
85	10. 1. 39	1 Tl. L S 140 - 250 1,3 Tl. L S 200 - 250	cSt 0,944	11,8	6,375	-	1,99	3,645	-	-76	148
			E	2,00	1,511	-	1,118				
92	14. 1. 39	L S 200-250+10% Seifenfett-säure	cSt 0,937	22,6	11,7	-	2,90	3,673	144	-34	178
			E	3,17	1,991	-	1,207				

Tabelle XI

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus 1,4 Butylenglykol und:	spez. Gew. bei 20°C	Viskosität in cSt. und E°				n _D V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt	
				20°	38°	50°	99°				
146	19. 4. 39	Vorlaufettsäure C ₅ -C ₇ c.St. E°	0,950	7,64 1,620	4,88 1,387	-	1,78 1,095	3,348	-	- 46	163
227	7. 8. 39	1 Tl. Vorlaufettsäure C ₅ -C ₇ c.St. 1 Tl. Vorlaufettsäure C ₇ -C ₉ E°	0,938	9,90 1,822	5,79 1,46	-	2,00 1,119	3,377	-	- 30	169
437	25. 7. 40	n. C ₈ - Säure c.St. E°	0,947	7,24 1,585	4,54 1,354	-	1,67 1,083	3,443	-	- 33 (- 25)	180
266	22. 9. 39	Ölsäure c.St. E°	0,936	96,7 12,74	41,66 5,55	-	6,85 1,551	3,412	129	- 7	277
235	15. 8. 39	LS C ₆ -C ₇ c.St. E°	0,935	8,34 1,681	4,98 1,391	-	1,79 1,097	3,415	-	unter - 72	160
366	15. 3. 40	1 C ₈ - Säure c.St. E°	0,936	12,8 2,10	6,89 1,555	-	1,98 1,117	3,857	-	unter - 72	200
236	15. 8. 39	LS 140-250 c.St. E°	0,936	11,4 1,962	6,29 1,503	-	1,95 1,114	3,689	-	unter - 72	168
101	2. 2. 39	1 Tl. LS 140-250 c.St. 1,3 Tl. LS 200-250 E°	0,931	15,3 2,35	8,19 1,668	-	2,46 1,165	3,460	192	unter - 72	180
264	22. 9. 39	LS 140-250 + 5% Ölsäure c.St. E°	0,93	11,66 1,987	7,02 1,566	-	2,28 1,148	3,370	-	- 64	162

Lfd. Nr.	Anzahl- L. u. S. - Sum	Ester aus 1,4 Butylenglykol und:	spez. Gew. bei 20°	Viskosität in η und c.St.					m	V.l.	Siedepunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°					
265	22. 9.39	L S 140 - 250 + 10% Säure	c.St. 0,934	12,7	7,18	-	2,32	3,359	-	-71	184	
			E°	2,09	1,560	-	1,152					
171	15. 5.39	L S 180 - 250 + 5% Vorlaufettsäure	c.St. 0,932	20,0	10,4	-	2,00	3,541	170	-71	176	
		$C_n = C_{n-1}$	E°	2,87	1,863	-	1,178					
268	4.10.39	L S 200 - 250	c.St. 0,930	14,8	11,8	-	2,94	3,644	149	-70	208	
			E°	2,39	3,00	-	1,211					
371	3. 4.40	$C_n H_{2n-2} - C - CH_2 - COOH$	c.St. 1,020	14,8	7,81	-	2,30	3,594	-	-13(12)		
			E°	2,30	1,635	-	1,150					
645	7. 4.4	Naphtensäure	c.St. 1,007	23,3	7,1	40,9	8,21	3,765	81	-40	346	
			E°	30,7	1,77	5,45	1,670					

Tabella III

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus 1 Mol Adipol bzw. Methyladipol und 2 Mol:	spec. Gew. bei 20°	Brechungsindex n_D^{20} und n_D^{25}					V.I. punkt	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	30°	50°	99°	n			
838	12. 9. 41	L S C ₆ - C ₇	c-St. 0,923	10,9	6,50	4,90	2,14	3,415	-	unter 70	180
				1,915	1,521	1,384	1,133	-	(- 35)		
843	2. 9. 41	L C ₈ - Säure	c-St. 0,920	16,6	8,675	6,18	2,37	3,726	-	unter 72	202
				2,49	1,711	1,494	1,457	-	(- 50)		
812	3. 9. 41	L S 200 - 250	c-St. 0,926	23,53	12,2	18,50	5,20	3,437	178	70	206
				3,26	2,04	1,704	1,235	-	-		
749	5. 8. 41	Methyladipol n C ₈ - Säure	c-St. 0,916	1,1	3,01	5,53	2,77	3,305	214	29	210
				2,36	1,722	1,524	1,190	-	(- 46)		
839	12. 9. 41	L S C ₆ C ₇	c-St. 0,923	12,3	7,15	5,31	2,25	3,462	-	unter 70	187
				2,05	1,577	1,420	1,145	-	(- 35)		
692	28. 6. 41	L C ₈ - Säure	c-St. 0,915	18,2	9,20	6,50	2,48	3,696	-	unter 70	202
				2,67	1,758	1,521	1,167	-	(- 20)		

Tabelle VI

Nr.	Kombi- tion	Herstellung aus Dimethylolhexan und	c.St.	Schmelztemp. in °C und c.St.				m	V.l.	Siedepunkt	Flamm- punkt
				20°	30°	50°	99°				
<u>Dimethylolhexan</u>											
142	15. 7. 39	L.S. 180 + 200	c.St. 0,922	25,6	12,4	-	2,05	3,849	97	- 66	163
			Er	3,53	2,06	-	1,203				
147	21. 4. 39	L.S. 140 + 250 + 20% Wor- lauffettsäure C ₅ -C ₆	c.St. 1,0,928	16,5	8,57	-	2,30	3,808	-	- 73	156
			Er	2,48	1,702	-	1,150				
148	8. 10. 38	L.S. 200 + 250	c.St. 0,919	36,06	15,9	-	3,47	3,699	- 125	- 55	175
			Er	4,63	2,42	-	1,26				
131	25. 3. 39	L.S. 200 + 250 + 45% Seifen- fettsäure	c.St. 0,913	49,8	21,66	-	4,16	3,709	118	- 15	176
			Er	6,47	3,06	-	1,321				
161	3. 5. 39	L.S. 200 + 250 + 20% Seifen- fettsäure	c.St. 0,917	49,9	22,1	-	4,33	3,628	129	- 9	179
			Er	6,61	3,11	-	1,35				
133	4. 14. 39	L.S. 200 + 250 + 25% Seifen- fettsäure	c.St. 0,914	53,1	23,0	-	4,46	3,611	131	- 4	196
			Er	7,03	3,22	-	1,347				

Tabelle V

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Dimethylolpenta- nol bzw. Dimethylolhexan und	c. St. Gew.	Viskosität in cm^2/s und c. St.				V. I.	Siedepunkt	Flammpunkt	
				20°	38°	50°	99°				
		<u>Dimethylolpenta-</u>									
253	12. 9. 39	L S 140 - 250	c. St. 0,929	17,6	8,83	-	2,31	3,860	-	- 65°	167
			E°	2,60	1,725	-	1,151				
143	15. 6. 39	L S 180 - 200	c. St. 0,925	27,4	12,2	-	2,72	3,976	82	- 65°	165
			E°	3,75	2,04	-	1,191				
127	25. 3. 39	L S 200 - 250	c. St. 0,921	44,4	19,9	-	3,75	3,845	103	- 59°	138
			E°	5,89	2,86	-	1,287				
148	21. 4. 39	L S 140 - 250 + 20% Vorlauf- fettsäure C ₅ -C ₆	c. St. 0,928	17,5	8,90	-	2,36	3,779	-	- 69°	151
			E°	2,59	1,731	-	1,156				
128	25. 3. 39	L S 200 - 250 + 5% Seifen- fettsäure	c. St. 0,918	55,1	22,7	-	4,36	3,653	125	- 17°	188
			E°	7,29	3,18	-	1,358				

Tabelle 17

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester Diäthylolpropion und	spez. Gew. 20° C	Viskosität in cSt. und Sp				Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°		
543	5.1.44	Seifenfettgaurb. Est.	110	14,48	19,5	23,14	4,215	137	272

Tabella VII **A**

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Dimethylhexan bzw. Dimethylol H S und:	spez. Gew. b. 20°C	Viskosität in cSt. und Sp.				m	V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°				
178	23. 5.39	L S 140 - 250 + 10% Vorlauffettsäure C ₇ -C ₁₁	c.St. 0,925	17,6	8,90	-	2,31	3,878	-	- 69	149
				2,60	1,751	-	1,151				
164	8. 5.39	L S 165 - 250 + 15% Laurinsäure	c.St. 0,922	32,8	14,9	-	3,14	3,764	98	- 58	164
				4,48	2,31	-	1,230				
157	28. 4.39	L S 180 - 250 + 15% Vorlauffettsäure C ₅ -C ₆	c.St. 0,920	35,0	15,6	-	3,12	4,001	75	- 58	169
				4,70	2,38	-	1,228				

Tabelle VII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Dimethylolhexan bzw. Dimethylol H S und:	spez. Gew. b. 20°C	Viskosität in cSt. und E°					V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°	m			
210	20. 6. 39	Dimethylol H S 2 Tle. Vorlauffettsäure C ₅ -C ₆ 3 Tle. Vorlauffettsäure C ₇ -C ₉	c.St. 0,925	15,6	8,41	-	2,40	3,610	-	-76	174
			E°	2,38	1,688	-	1,160				
167	11. 5. 39	Vorlauffettsäure C ₅ -C ₆ + 20% Vorlauffettsäure C ₇ -C ₁₁	c.St. 0,932	14,5	7,92	-	2,23	3,741	-	-78	159
			E°	2,27	1,645	-	1,143				
207	20. 6. 39	Vorlauffettsäure C ₅ -C ₆ + 30% Vorlauffettsäure C ₇ -C ₁₁	c.St. 0,930	13,6	7,35	-	2,07	3,843	-	-76	120
			E°	2,18	1,595	-	1,126				
179	23. 5. 39	L S 165 - 250	c.St. 0,923	27,5	13,4	-	4,91	3,937	82	-60	158
			E°	3,76	2,16	-	1,208				
156	28. 4. 39	L S 180 - 250	c.St. 0,921	36,6	16,2	-	3,29	3,903	95	-57	159
			E°	4,90	2,45	-	1,243				
158	28. 4. 39	L S 140 - 250 + 5% Vorlauffettsäure C ₅ -C ₆	c.St. 0,927	17,6	9,06	-	2,33	3,887	-	-70	159
			E°	2,60	1,746	-	1,153				

Tabelle VIII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus: 1 Mol Trimethyloläthan und 3 Mol:	spez. Gew. 20°C	Viskosität in cSt. und E°				m	V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt	
				20°	38°	50°	99°					
163	8.5.39	Vorlaufettsäure C ₉ -C ₁₁	c.St. E°	0,917	68,2 9,0	31,3 4,23	- -	5,51 1,437	3,533	134	- 23	205
433	17. 7.40	Seifensäure C ₁₀ -C ₁₆	c.St. E°	0,920	-	110,6 14,58	- -	14,9 2,31	3,002	132	+ 6 (+ 10)	300
533	22.12.40	1 Mol Seifensäure C ₁₀ -C ₁₆	c.St. E°	0,948	585 - 77	191,7 25,23	- -	15,3 2,35	3,564	86	+ 11	225
434	12. 8.40	50 Tl. Seifensäure 50 Tl. Ölsäure	c.St. E°	0,924	205 27,0	84,2 11,09	- -	12,2 2,04	3,066	135	- 9 (+5)	290
216	30.-6.39	Ölsäure	c.St.	0,915	113,3 14,91	52,4 6,94	- -	9,90 1,822	2,886	154	- 51 (-21)	309

Tabella VIIIa *A*

Zf. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus: 1 Mol Trimethyloläthan und 3 Mol:	spez. Gew. b. 20°C	Viskosität in cSt. und E°				n _D	V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°				
600	24. 3.41	Acetoinsäure c.St.	1,224	22,3	10,0	6,62	2,52	4,609	114	- 58	172
		E°		3,14	1,831	1,532	1,171				
1	13. 10. 37	Essigsäure c.St.	1,112	32,3	12,4	7,63	2,26	5,091	-	- 49	162
		E°		4,36	2,06	1,619	1,146				
590	11. 3.41	Vorlaufettsäure C ₅ c.St.	0,990	20,3	10,8	-	2,72	3,722	139	unter	205
		E°		2,90	1,905	-	1,191			- 72	
584	7. 3.41	Vorlaufettsäure C ₇ c.St.	0,958	35,5	15,9	10,9	3,69	3,507	157	- 70	241
		E°		4,50	2,42	1,913	1,279				
202	20. 6. 39	Vorlaufettsäure C ₅ -6 2 Tle c.St.	0,968	34,1	16,2	-	3,61	3,611	143	- 67	184
		" " " C ₇ -9 3 Tle E°		4,61	2,45	-	1,272				
272	11. 10. 39	Vorlaufettsäure C ₅ -7 2 Tle c.St.	0,965	34,0	16,5	-	3,84	3,457	160	- 62	227
		" " " C ₇ -9 3 Tle E°		4,56	2,48	-	1,292				
62	18. 11. 38	Vorlaufettsäure C ₉ c.St.	0,950	51,9	23,5	-	4,70	3,451	146	- 46	206
		E°		6,87	3,27	-	1,374				

Tabelle VIIIb

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus 1 Mol Trimethyloläthan 3 Mol:	spez. Gew. 20° C	Viskosität in cSt. und E°					Stockpunkt	Flammpunkt	
				20°	38°	50°	99°	m V J			
10	24. 8. 38	1 Mol C ₆ c.St. E°	0,978	30,2 7,09	14,8 2,50	-	3,21 3,236	3,084	110	- 66	178
501	25. 10. 40	2 Mol L S C ₆ c.St. E°	0,991	61,5 8,13	25,4 3,26	14,4 2,23	3,82 1,291	4,095	52	- 57	180
6	27. 5. 38	L S C ₆ - C ₇ c.St. E°	0,960	37,7 5,04	16,2 2,45	11,6 1,387	3,37 1,251	3,826	109	- 59	205
599	16. 3. 43	2 Mol L S C ₆ c.St. E°	0,972	71,5 9,43	29,1 3,35	17,9 2,63	4,52 1,352	3,960	73	- 50	108
558	21. 12. 40	1 Mol L S C ₆ - C ₇ c.St. E°	0,990	115 13,14	37,8 5,05	-	4,44 1,345	4,418	- 27	- 44	194
385	21. 3. 40	3 C ₆ - Säure- c.St. 2 Äthyl- n-Butyl E° Säure	0,948	49,3 6,04	20,9 2,97	-	3,84 1,292	3,884	92	- 63	210
387	20. 3. 40	1 Tl. 1 C ₈ Säure c.St. 2 Tl. 8 C ₈ Säure E° Gleikure	0,924	121 15,93	53,7 7,10	-	9,31 1,768	3,108	146 (- 10)	- 59	300
046	23. 9. 41	L S 140-130 c.St. E°	0,964	45,0 7,33	17,9 2,63	11,7 1,991	3,53 1,265	3,865	99	- 60	204
70	5. 12. 38	L S 140-250 c.St. E°	0,965	61,2 8,08	27,8 3,80	-	4,38 1,340	3,978	71	- 49	190
165	8. 5. 39	L S 165-250 c.St. E°	0,960	89,80 11,83	33,1 4,45	-	4,90 1,384	3,962	73	- 48	199

Tabelle VIII

Ifd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus 1 Mol Trimethyläthan und 3 Mol:	spez. Gew. bei 20° C	Viskosität in cSt. und E°				V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt		
				20°	30°	50°	99°					
141	15. 4. 39	L S 180 - 200	c.St. E°	0,960	76,5	31,2	-	4,54	4,153	56	- 54	198
					10,08	4,22	-	1,394				
155	27. 4. 39	L S 180 - 250	c.St. E°	0,954	110,7	39,0	22,3	5,37	3,935	71	- 49	215
					14,49	5,21	3,13	1,425				
140	13. 4. 39	L S 200 - 250	c.St. E°	0,949	123	42,5	-	5,57	3,964	65	- 48	209
					16,19	5,65	-	1,442				
572	14. 2. 41	2 Mole L S 200 - 250	c.St. E°	0,962	193	59,5	32,4	6,57	4,014	49	- 44	208
					25,40	7,86	4,37	1,528				
589	10. 3. 41	1 Mol L S 200-250	c.St. E°	0,982	127	103	-	7,80	5,938	20	- 33	198
					56,2	13,83	-	1,534				

Tabella VIII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatt.	Ester aus 1 Mol. Trimethyloläthan und 3 Mol.	spez. Gew. bei 20°C	Viskosität in cSt. und D°				m	VJ	Stockpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
83	5. 1. 39	1 Tl. LS 140-250 1,3 Tl. LS 200-250 + 10% Seifenfettsäure	c.St. 0,958 E	116	43,2	-	6,20	3,714	99	-27	195
				15,27	5,75	-	1,496				
102	2. 2. 39	1 Tl. LS 140-180 1,3 Tl. LS 200-250 + 15% Seifenfettsäure	c.St. 0,952 E	135	46,4	-	6,32	3,746	94	-9	196
				17,77	6,16	-	1,511				

Tabelle VIII

Lfd. Nr.	Herstellungsdat.	Ester aus 1 Mol Trimethyloläthan und 3 Mol	spez. Gew. 0,2000	Viskosität in cSt und Sp.				η	η _{sp}	Stockpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
108	1.3.39	1 Tl. LS 140-250 1,3 Tl. LS 200-250 + 20% Seifenfettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,952	135 17,77	46,4 6,16	-	6,37 1,511	3,747	94	-9	196
78	24.12.38	1 Tl. LS 140-250 1,3 Tl. LS 200-250 + 10% Stearinsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,956	103 13,56	37,5 5,01	-	5,72 1,455	3,703	102	-15	205
180	23. 5.39	LS 165-250 + 5% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,968	91,9 12,10	35,0 4,70	-	5,16 1,407	3,811	79	-35	190
415	25. 6.40	LS 165-250 + 7,5% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,952	75,5 9,95	30,4 4,12	-	5,07 1,399	3,712	110	-48	235
181	23. 5.39	LS 165-250 + 10% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,953	101,0 13,3	37,0 4,95	-	5,41 1,428	3,820	86	-29	195
201	19. 6.39	LS 165-250 + 25% Lau- rinsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,954	95,6 12,59	36,4 4,87	-	5,30 1,419	3,856	82	-53	192
200	18. 6.39	LS 165-250 + 50% Lau- rinsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,946	90,8 11,96	35,2 4,72	-	5,47 1,434	3,732	101	-23	192
426	12. 7.40	LS 200-250 + 5% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,947	144,7 19,04	50,4 6,67	-	6,54 1,524	3,809	82	-45	249
413	23. 6.40	LS 200-250 + 7,5% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,946	128 16,85	47,0 6,23	-	6,56 1,527	3,692	99	-30	250
292	6.11.39	LS 200-250 + 10% Seifen- fettsäure	c ₈ St. E ⁰ 0,947	142 18,69	49,0 6,50	-	6,71 1,540	3,694	101	-38	247

Tabulle VIII

Lfd. Nr.	Herstellungsdat.	Ester aus 1 Mol Trimethyloläthan und 3 Mol	spez. Gew. 20°C	Viskosität in cSt und Sp				η	VJ	Stockpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
124	20. 3. 39	LS 200-250 + 15% Seifenfettsäure	C ₈ St. E 0,946	168 22,11	56,7 7,5	-	6,84 1,550	3,861	75	- 7	135
445	16. 8. 40	LS 200-250 + 50% Seifenfettsäure	C ₈ St. E 0,940	175,1 23,05	67,1 9,85	-	9,06 1,726	3,415	117	(- 12)	261
884	20.10.41	1 Mol LS 200-250 + 1 Mol Seifenfettsäure	C ₈ St. E 0,965	585 76,9	200 26,3	105 13,83	20,2 2,89	3,097	88	(- 6) (+ 6)	220

VIII C

Tabelle VIII c

Lfd. Nr.	Herstellungsd.	Ester aus 1 Mol Trimethyläthan und 3 Mol	spez. Gew. b. 20°	Viskosität in cSt. und B°						Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	50°	99°	m	c	V-J		
602	24. 3. 41	H ₂ O-Säure+5% Seifenfett-säure	C,965	43,0 6,50	20,0 2,97	13,0 2,13	3,56 1,266	4,213	48	- 57	197
97	14. 1. 38	L S 140-250+12,5% Seifenfett-säure	c.St. E° C,954	73,2 9,65	29,8 4,05	-	4,99 1,392	3,727	107	- 26	197
117	14. 3. 39	E S 140-250+15% Seifenfett-säure	c.St. E° C,957	74,4 9,81	30,2 4,09	-	4,94 1,388	3,772	101	- 10	196
126	25. 3. 39	L S 140-250+18% Seifenfett-säure	c.St. E° C,949	70,2 9,26	28,3 3,92	-	4,75 1,372	3,799	98	- 7	195
111	6. 3. 39	L S 140+250+25% Seifenfett-säure	c.St. E° C,957	79,7 10,5	33,4 4,50	-	5,30 1,424	3,709	105	+ 2	194
68	27. 10. 38	1 Tl L S 140-250 1 Tl L S 200-250	c.St. E° C,960	92,3 12,15	33,1 4,45	-	4,90 1,394	3,937	74	- 33	205
47	24. 10. 35	1 Tl L S 140-250 1,5 Tl L S 200-250	c.St. E° C,966	114 15,1	39,27 5,24	-	4,42 1,429	3,924	72	- 48	207
67	28. 11. 38	1 Tl L S 140-250 2 Tl L S 200-250	c.St. E° C,958	121 15,93	41,7 5,55	-	5,64 1,448	3,995	74	- 47	200
90	14. 1. 39	1 Tl L S 140-250 1,5 Tl L S 200-250 +7,5% Seifenfett-säure	c.St. E° C,953	96,5 12,70	36,8 4,93	-	5,62 1,446	3,731	101	- 41	192

Tabella VIII

Lfd. Nr.	Herstellungsd.	Ester aus 1 Mol Trimethylolathan und 3 Mol	spez. Gew. b. 20°	Viskosität in cSt. und E°				m	v3	Stockpunkt	Platzpunkt
				20	38	50	99				
424	5. 6.40	2 Tle LS 280-250	c.St. 0,930*	199	51,7	-	12,0	2,925	110	-3	307
		8 Tle Seifenfettsäure	E°	26,19	10,76	-	2,08				
457	4. 9.40	1 Tl. LS 200-250	c.St. 0,932	257	51,6	-	12,5	3,095	132	+4	294
		9 Tle Seifenfettsäure	E°	33,8	11,8	-	2,07				
466	4. 9.40	0,5 Tl. LS 200-250	c.St. 0,930	189,7	76,4	-	14,9	2,970	120	+4	292
		9,5 Tle Seifenfettsäure	E°	24,96	10,07	-	2,01				
435	13. 8.40	8 Tle LS 200-250	c.St. 0,942	133,7	42,5	-	6,75	3,604	97	-4	297
		2 Tle Stearinsäure	E°	17,60	6,56	-	1,543				
865	6.10.41	1/2 Mol Adipinsäure	c.St. 1,033	965	245,4	127	20,8	3,257	108	-35	221
		2 Mol C ₆ -C ₇ -Säure	E°	113,8	32,3	16,72	2,96				

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Hersteller aus Triethylolpropan und Fettsäure	spez. Ge.	Viskosität in cSt. und E°					n _D V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
138	11.4.39	L S 10-250+15, scifol-c-st. Fettsäure	0,959	75,2 9,92	30,35 2,11		1,6 1,552	1,979	71	-3	457
172	15.5.39	L S 10-250+10, Vorlauf-c-St. Fettsäure C ₁₇ -C ₁₉	0,950	80,2 10,96	32,5 4,33		1,6 1,551	1,965	93	-48	191

Lf. Nr.	Herstellungsd.	Ester aus Glycerin und	spez. Gew.	Viskosität in cSt. und E				Tab. 110 X		Stockpunkt	Flammpunkt
				20	30	50	70	m	W		
153	25. 1.39	Vorlaufettsäure C ₉ -C ₆	c ₉ St. 0,985 E ₆	16,7 2,50	3,50 1,731	-	2,4 1,76	3,630	-	-76	197
151	25. 1.39	1. Fl. Vorlaufettsäure C ₇ -C ₁₁ 1. Fl. C ₇ -C ₁₁	c ₇ St. 0,979 E ₁₁	22,2 3,12	11,5 1,972	-	2,8 1,202	3,760	159	-71	192
152	29. 4.39	Vorlaufettsäure C ₉ -C ₁₁	c ₉ St. 0,941 E ₁₁	52,7 6,97	24,3 3,33	-	4,96 1,350	3,406	159	-	195
212	21. 6.35	Stearinsäure	c ₁₈ St. --- E ₁₈	---	---	---	7,225 1,58	---	---	---	222
217	6. 7.39	Olsäure	c ₁₈ St. 0,923 E ₁₈	90,0 11,06	42,7 5,68	---	3,50 1,722	3,436	162	-36	290
2	8. 9.37	L S C ₆	c ₆ St. 0,978 E ₆	20,2 2,09	9,66 1,80	---	2,4 1,15	3,862	---	---	187
3	27. 5.38	L S C ₇	c ₇ St. 0,962 E ₇	22,4 3,15	10,9 1,905	---	2,65 1,18	3,811	113	---	202
4	30. 5.33	L S C ₈	c ₈ St. 0,956 E ₈	41,9 5,58	17,9 2,62	---	3,50 1,26	3,881	97	---	209
5	30. 5.30	L S C ₉	c ₉ St. 0,954 E ₉	48,6 6,44	20,8 2,96	---	3,62 1,273	4,056	96	---	215
270	1. 10.39	L S 140-250	c ₁₄ St. 0,970 E ₂₅₀	52,1 4,33	11,7 2,29	---	3,11 1,227	3,899	96	-57	199
136	4. 4.39	LS 140-250 - 15% Seifenfettsäure	c ₁₄ St. 0,965 E ₂₅₀	48,66 6,45	21,2 3,01	---	3,97 1,30	3,811	112	-12	195
	25. 8.37	L S 200-250	c ₁₄ St. 0,954 E ₂₅₀	94,4 12,44	34,0 4,57	---	4,93 1,387	3,962	71	-60	207

Tabell No X **A**

Lfd. Nr.	Herstellungsd. dt.	Ester aus Glycerin und	spez. Gew.	Viskosität 3mcSt. und P°				m	VJ	Siedepunkt	Fischpunkt
				20	-38	50	99				
214		LS 200-250 + 10% Seifenfettshiro	c ₀ St. 0,952	104,5 13,75	33,5 5,14	-	5,21 1,220	3,940	69	-53	200
81	1.1.39	1 Tl. LS 140-250 1,3 Tl. LS 200-250	c ₀ St. 0,961 E	59,8 7,91	2,3 3,37	-	1,22 1,326	3,863	93	-59	203
56	11.11.38	1 Tl. LS 140-250 1,5 Tl. LS 200-250	c ₀ St. 0,967 E	62,53 8,27	24,86 3,41	-	4,62 1,46	3,612	85	-53	206

Tabell XI

Lfd. Nr.	Herstellungsdat.	Ester aus 1 Mol Penterythrit- und 4 Mol	spez. Gew.	Viskosität in cSt. und E°				n _D	VJ	Stockpunkt	Flamm- punkt
				20	30	50	99				
462	8.10.40	Seifenfettsäure	c ₀ St. --- E° ---	---	193,2 26,08	---	20,7 2,95	3,055	121	+12	256
426	17. 7.40	LS C ₆ -C ₇	c ₀ St. 0,909 E° ---	105,2 13,86	37,5 5,02	---	5,45 1,332	3,042	86	-52	235
573	11. 2.41	3 Mole LS C ₆ -C ₇	c ₀ St. 1,000 E° ---	187,5 24,67	61,1 8,07	33,5 4,51	6,61 1,531	3,033	86	-13	229
597	16. 3.41	2 Mole LS C ₆ -C ₇	c ₀ St. 1,02 E° ---	432,7 56,9	116,4 15,32	59,0 7,60	9,22 1,760	3,063	80	-35	220
459	4. 9.40	LS C ₆ -C ₇ + 10% Seifenfettsäure	c ₀ St. 0,906 E° ---	137,2 18,05	51,3 6,79	---	1,521 6,77	3,754	79	-38	232
427	17. 7.40	LS 200-250	c ₀ St. 0,961 E° ---	453 59,6	117,2 15,43	---	10,46 1,674	3,744	70	-31	281
439	7. 7.40	LS 200-250 + 7,5% Seifenfettsäure	c ₀ St. 0,958 E° ---	349,3 46,0	111 14,61	---	10,7 1,896	3,671	85	-2	265
58	4. 9.40	LS 200-250 + 15% Seifenfettsäure	c ₀ St. 0,971 E° ---	376 49,5	113,2 14,9	---	10,4 1,867	3,761	73	-3	265

Tabelle XII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Adipinsäure und:	spez. Gew. b. 20°	Viskosität in cSt und E°				n _D	VJ	Siedepunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
421	1.7.40	Methanol	cSt. E° 1,062	3,08 1,224	2,14 1,133	1,55 1,070	0,851	-	-	+ 5	139
422	1.7.40	Äthanol	cSt. E° 1,009	3,31 1,254	2,31 1,151	1,858 1,104	0,990	-	-	(-22 -18)	138
335	12.1.40	n-Butanol	cSt. E° 0,961	5,71 1,454	3,68 1,278	2,99 1,216	1,49 1,063	2,936	-	- 25	170
323	2.8.40	n-Oktanol	cSt. E° 0,919	14,8 2,30	8,75 1,718	6,28 1,503	2,85 1,203	2,718	238	+ 4 (+10)	215
370	3.4.40	n-Butanol	cSt. E° 0,952	6,56 1,521	4,08 1,314	-	1,56 1,071	3,331	-	0	163
362	15.2.40	C ₅ -Alkohol synth.	cSt. E° 0,948	7,97 1,649	4,76 1,372	-	1,75 1,092	3,383	-	unter - 78	175
364	15.2.40	1 C ₆ -Alkohol	cSt. E° 0,935	8,81 1,723	5,675 1,451	-	1,98 1,117	3,365	-	- 48 (-42)	189
365	15.2.40	1 C ₈ -Alkohol	cSt. E° 0,925	14,3 2,25	7,83 1,637	5,85 1,466	2,26 1,146	3,244	-	unter - 78	215
315	13.11.39	L A 140 - 165	cSt. E° 0,937	12,0 2,02	6,90 1,556	-	2,11 1,130	3,617	-	unter - 78	185
719	16.7.41	L A 140 - 180	cSt. E° 0,934	14,5 2,27	7,86 1,639	5,76 1,458	2,24 1,144	3,704	-	unter - 72	190
455	4.9.40	L A 140 - 200	cSt. E° 0,933	15,4 2,36	8,39 1,686	-	2,46 1,165	3,933	-	- 76	186
369	28.2.40	L A 140 - 250	cSt. E° 0,933	17,6 2,60	8,92 1,733	-	2,59 1,178	3,613	187	unter - 72	190

Tabella XII

Lfd. Nr.	Erstel- lungen Datum	Ester aus Adipin- säure und	Spez. Gew. b. 20°	Viskosität in cSt und E°				m	VJ.	Stock- punkt	Flamm- punkt.
				20	38	50	99				
467	24.9.40	L A 165 - 200	cSt. 0,932 E°	20,1 2,88	10,03 1,834	-	2,70 1,189	3,592	165	- 70	200
290	11.10.37	L A 165 - 250	cSt. 0,930 E°	20,9 2,97	11,44 1,966	-	2,93 1,210	3,591	160	- 69	167
325	13.11.39	L A 180 - 250	cSt. 0,930 E°	32,73 4,41	16,4 2,47	10,85 1,910	3,65 1,276	3,601	143	- 69	178
414	25.6.40	L A 190 - 250	cSt. 0,932 E°	38,4 5,13	18,0 2,64	12,0 2,02	3,91 1,299	3,564	145	- 63	190
498	23.10.40	L A 200 - 250	cSt. 0,930 E°	49,0 6,50	21,6 3,05	14,1 2,23	4,33 1,335	3,580	137	- 64	200
		$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOR}$ $\text{R} = n - \text{C}_8 - \text{Alkohol}$									
567	10.2.40	i - C ₈ - Alkohol	cSt. 0,922 E°	15,1 2,33	8,50 1,696	6,20 1,496	2,52 1,171	3,460	191	- 24	207
546	10.1.40	L A 165 - 200	cSt. 0,919 E°	17,3 2,57	9,39 1,775	-	2,66 1,185	3,491	175	- 29	208

Tabelle XIII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Mischester des Halbesters (HE) der HOOC (CH ₂) ₄ COOR	Spez. Gew. bei 20°C	Viskosität in cSt. und E°				η	γ ₁	Schmelzpunkt °C	Flammpunkt °C
				20	38	50	99				
539	5.1.41	R = LA C₆ - 07 1,4 Butandiol + 2 Mol HE	cSt. E° 1,005	90,0 11,86	39,67 5,29	-	7,10 1,58	3,224	145	- 3	230
540	5.1.41	Pentaglykol + 2 Mol HE	cSt. E° 1,002	138 18,16	54,4 7,19	-	8,48 1,694	3,284	132	- 42	220
721	21.7.41	R = LA 140 - 160 Glykol + 2 Mol HE	cSt. E° 0,992	43,53 5,79	20,1 2,89	13,3 2,15	4,30 1,333	3,482	150	- 62	218
720	21.7.41	1,4 Butandiol + 2 Mol HE	cSt. E° 0,993	57,7 7,63	26,8 3,67	17,2 2,56	5,375 1,425	3,350	150	- 33	216
836	12.9.41	Adipol + 2 Mol HE	cSt. E° 0,983	64,2 8,47	29,53 4,00	19,8 2,85	6,14 1,490	3,159	162	- 39 (- 5)	205
837	12.9.41	Myradipol + 2 Mol HE	cSt. E° 0,995	87,3 11,5	40,2 5,36	25,3 3,49	7,225 1,504	3,234	144	- 60	218
778	19.8.41	Dimethylpropen + 2 Mol HE.	cSt. E° 0,982	64,0 8,45	27,9 3,81	17,8 2,62	5,30 1,419	3,455	139	- 56	205
724	21.7.41	Dimethylolpentan + 2 Mol HE	cSt. E° 0,989	93,4 12,3	40,33 5,38	25,52 3,52	6,94 1,559	3,334	137	- 53	215

Tab. III

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Mischester der Adipinsäure HOOC-(CH ₂) ₄ -CO-OR mit:	Spez. Gew. bei 20°C	Viskosität bei cSt. und P					Stockpunkt	Flammpunkt	
				20	38	50	99	100			
R = L.A. 140 - 180											
722	21.7.41	P 3 + 3 Mol HE	cSt. 1,011 E°	226 29,7	81,25 10,71	17,07 6,24	10,75 1,900	3,295	123	- 51	217
723	21.7.41	P 4 + 4 Mol HE	cSt. 1,021 E°	482 63,4	177,7 23,38	101,1 14,31	19,5 2,81	3,035	124	- 45	208
R = L.A. 165 - 200											
541	5.1.41	1,4 Butandiol + 2 Mol HE	cSt. 0,999 E°	137,5 18,09	56,1 7,42	-	9,34 1,771	3,174	144	- 6	237
542	5.1.41	Pent.glykol + 2 Mol HE	cSt. 0,975 E°	104,75 13,80	38,93 5,20	-	6,375 1,511	3,515	125	- 47	206
637	28.6.41	P 3 + 3 Mol HE	cSt. 0,987 E°	23,7 30,9	84,2 11,09	17,93 6,36	11,04 1,928	3,275	123	- 49	215
605	25.3.41	P 3 + 2 Mol HE	cSt. 0,995 E°	589 77,5	185 24,35	99,2 13,07	18,8 2,73	3,144	117	- 33	217
657	23.5.41	P 3 + 1 Mol HE	cSt. 1,037 E°	970 127,6	259,3 34,1	122,2 16,08	15,9 2,42	3,802	54	- 30	195
R = L.A. 180 - 250											
860	2.10.41	Adipol + 2 Mol HE	cSt. 0,975 E°	177,5 23,36	70,2 9,26	40,73 5,43	9,50 1,785	3,368	121	- 37	231
623	14.4.41	Pentaglykol + 2 Mol HE	cSt. 0,980 E°	146,7 19,32	55,1 7,29	32,6 4,39	7,975 1,649	3,442	120	- 51	184
682	10.6.41	P 3 + 3 Mol HE	cSt. 0,990 E°	333 43,8	108,8 14,32	62,5 8,25	13,1 2,13	3,233	121	- 45	220
709	8.7.41	P 3 + 2 Mol HE	cSt. 0,985 E°	368,7 48,5	121,9 16,04	67,5 8,91	13,6 2,18	3,291	114	- 43	200
707	8.7.41	P 3 + 1 Mol HE	cSt. 1,010 E°	1164 153,1	309,3 40,7	159,5 20,99	23,6 3,29	3,270	103	- 36	186

Tabelle IV

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Material aus α -Benzyl- β -ethyladipinsäure und	Spez. Gew.	Viskosität in cSt. und η°					V.I.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20°	38°	50°	99°	L			
443	12.8.40	n C ₈ - Alkohol c.St.	0,927	16,8 2,51	9,33 1,770	6,56 1,535	2,66 1,185	3,432	193	-32 (-15)	208
630	28.4.41	n C ₁₂ - Alkohol c.St.	0,915	36,13 4,84	17,3 2,57	12,1 2,03	4,26 1,331	3,226	179	+15	231
816	13.9.41	L A 140 - 180 c.St.	0,944	16,1 2,44	8,65 1,709	6,20 1,490	2,36 1,156	3,75	-	unter - 72	101
664	22.5.41	L A 140 - 200 c.St.	0,940	16,5 2,48	8,65 1,709	6,14 1,490	2,25 1,156	3,755	-	unter - 72	100
735	29.7.41	L A 180 - 250 c.St.	0,933	49,2 8,52	20,9 2,97	15,4 2,16	4,07 1,213	3,712	120	- 60	196

Tabelle XV

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Ester aus Methyladipinsäure	spez. Gew.	Viskosität in cSt. und E°					Stockpunkt	Flammpunkt	
				20	38	50	60	70			
622	10. 4. 41	in C ₈ - Alkohol	c.St. 0,920 E°	16,0	9,22	6,67	2,90	3,161	228	-36	227
				2,43	1,760	1,537	1,207				
640	28. 4. 41	in C ₁₂ - Alkohol	c.St. 0,898 E°	35,9	13,6	13,2	4,71	2,986	185	+10	220
				4,01	2,71	2,1	1,368				
711	9. 7. 41	LA 140-200	c.St. 0,926 E°	17,0	8,91	6,50	2,51	3,501	167	unter -72	165
				2,53	1,732	1,521	1,170				
713	9. 7. 41	LA 180-250	c.St. 0,913 E°	49,6	21,2	13,6	4,16	3,672	125	-59	195
				6,57	3,01	2,18	1,321				

Tabella XVI

Lfd. Nr.	Herstellungsdat.	Mischester aus bzw. Itthalpindipinsäure $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOR}$	spez. Gey. 20°C	Viskosität in cSt und E°						Stockpunkt	Flammpunkt	
				20	30	50	70	n	VJ			
		<u>R = 1 C₈-Alkohol</u>										
576	25. 2. 41	n C ₈ -Alkohol	c ₈ St. 0,924 E°	-	7,04 1,633	-	2,39 1,159	3,446	-	unter -70 (-76)	275	
649	9. 5. 41	n C ₁₂ -Alkohol	c ₁₂ St. 0,907 E°	28,0 3,92	15,0 2,32	10,69 1,895	3,76 1,285	3,340	176	-20 (-10)	146	
819	8. 9. 41	n C ₁₈ -Alkohol	c ₁₈ St. 0,906 E°	-	21,2 3,01	14,3 2,23	5,00 1,393	3,151	175	+19	241	
		<u>R = n C₁₂-Alkohol</u>										
718	15. 7. 41	LA 186-250	c ₁₂ St. 0,908 E°	40,5 5,33	19,85 2,85	13,3 2,15	5 1,350	3,331	154	-12 (-10)	-	
650	12. 5. 41	Pentaglykol	c ₁₂ St. 0,940 E°	58,1 7,68	28,4 3,87	18,8 2,73	5,75 1,457	3,397	154	+ 8	215	

Tabelle XVII

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Verschiedene Ester	Spez. Gew. b. 20°C	Viskosität in cSt. und P				n	VJ.	Stockpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99				
591	12.3.41	HS-Alkohol + Naphtensäure	cSt. 0,928 E°	20,3 2,90	9,76 1,809	7,00 1,564	2,56 1,175	3,714	139	- 61 (- 43)	176
333	19.11.39	LA 140-165 + Phtalsäure	cSt. 1,007 E°	60,4 7,98	27,6 3,77	-	3,92 1,300	4,293	6	- 55	197
384	24.3.40	1 C ₈ -Alkohol + Ölsäure	cSt. 0,867 E°	15,8 2,41	9,03 1,743	-	2,75 1,193	3,295	247	- 67 (- 18)	222
606	26.3.41	1 C ₈ -Alkohol + Sebasinsäure	cSt. 0,912 E°	23,2 3,24	12,2 2,04	8,70 1,713	3,30 1,244	3,466	189	unter - 72 (- 42) (- 48)	235
		1 C ₈ -Alkohol + Phtalsäure	cSt. 0,990 E°	121 15,93	38,8 5,18	-	5,04 1,396	4,101	43	- 48	178
93	16.1.39	LA 165 - 250 + Phtalsäure	cSt. 0,988 E°	334,7 44,0	77,7 10,25	-	7,075 1,571	4,180	16	- 37	195
429	17.7.40	LA 180-250 + LS 200-250	cSt. 0,891 E°	27,0 3,70	12,0 2,02	-	2,86 1,204	3,771	123	- 65	175
553	31.8.40	LA 200 - 250 + Monochlor-essigsäure	cSt. 0,958 E°	17,2 2,56	8,40 1,687	-	2,19 1,139	3,943	-	- 64	168
94	16.1.39	LA 200 - 250 + Phtalsäure	cSt. 0,977 E°	351 46,2	89,2 11,75	-	7,34 1,594	4,265	- 3	-	-
324	10.11.39	Cyclohexanol + LS 200-250	cSt. 0,917 E°	7,65 1,621	5,30 1,419	-	1,54 1,060	4,215	-	unter - 78	150
851	26.9.41	2,2,4 Trimethyl(3)oxyprop- tanol (1) + n C ₈ -Säure	cSt. 0,910 E°	16,5 2,48	8,95 1,736	6,45 1,517	2,46 1,165	3,663	-	unter - 72	184

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Verschiedene Ester	Spez. Gew. b. 20°	Viskosität in cSt. un. E°					VJ.	Stockpunkt	Blammpunkt
				20	30	50	99	n			
390	9.4.40.	n-Butanol + Monochlor-essigsäure	cSt. E° -	1,71 1,088	1,24 1,032	-	0,665	-	-	- 27	91
275	11.10.39	n-Butanol + n-C ₆ -Säure	cSt. E. -	1,68 1,084	1,28 1,037	-	0,750	-	-	unter - 72	88
274	11.10.39	n-Butanol + L S C ₅	cSt. E° -	1,58 1,073	1,18 1,024	-	0,657	-	-	unter - 72	78
331	10.11.39	n-Butanol + L S C ₆	cSt. E. -	1,64 1,08	1,25 1,033	-	-	-	-	unter = 72	77
		Jacobutylphthalat	cSt. E.° -	37,87 5,06	15,75 2,40	-	2,82 1,20	4,356	-	- 56	163
230	4.8.39	C ₆ -Alkohol + 1,2,3,4-Butan-tetracarbonsäure	cSt. E° 1,044	-	57,9 7,66	-	8,37 1,684	3,398	122	- 31	-
452	30.8.39	C ₆ -Alkohol + 2 Mol Äthylendioxyd + 1 C ₆ -Säure	cSt. E° 0,942	8,00 1,651	4,82 1,378	-	1,79 1,097	3,325	-	unter - 78	168
450	23.8.39	C ₆ -Alkohol + 8 Mol Äthylendioxyd + HS - Säure	cSt. E° 0,989	20,7 2,95	11,6 1,981	-	3,31 1,245	3,224	205	- 5 (- 35)	207
438	5.8.40	HS-Alkohol + 8 Mol Äthylendioxyd + Adipinsäure	cSt. E° 1,053	130,8 17,2	63,1 8,33	-	12,2 2,04	2,696	158	- 3 (- 5)	265
485	8.10.40	HS-Alkohol + 4 Mol Äthylendioxyd + Methyladipinsäure	cSt. E° 1,025	74,3 9,80	34,0 4,57	-	6,88 1,554	3,096	158	- 14 (- 38)	245
484	8.10.40	HS-Alkohol + 6 Mol Äthylendioxyd + Methyladipinsäure	cSt. E° -	82,4 10,92	38,5 5,14	-	7,76 1,631	2,996	159	- 14 (- 34)	252
430	17.7.40	HS-Alkohol+HS-Säure	cSt. E° 0,862	3,41 1,254	2,28 1,148	1,85 1,103	1,02 1,003	3,520	-	unter - 72	121

Tabelle XVII B

Lfd. Nr.	Herstellungsdatum	Verschiedene Ester	Spez. Gew. 0.20°C	Viskosität in cSt. und E°					WJ.	Steigpunkt	Flammpunkt
				20	38	50	99	m			
293	6.11.39	C ₁₄ -Glykol + LS C ₆ -C ₇	cSt. 0,883 E°	17,15 2,55	0,45 1,691	-	2,17 1,137	3,990	-	- 65	167
447	17.8.40	Hexantriol + LS C ₆ - C ₇	cSt. 0,960 E°	40,8 5,44	17,0 2,53	-	3,23 1,238	4,051	62	- 57	192
246	19.8.42	Hexantriol + LS 200-250	cSt. 0,953 E°	67,6 8,92	37,6 5,03	-	9,275 1,765	2,574	174	- 42	230
140	13.4.39	Laurintriol + LS 140-E.	cSt. - E°	88,75 11,69	34,4 4,62	-	5,26 1,415	3,804	93	- 50	200

B

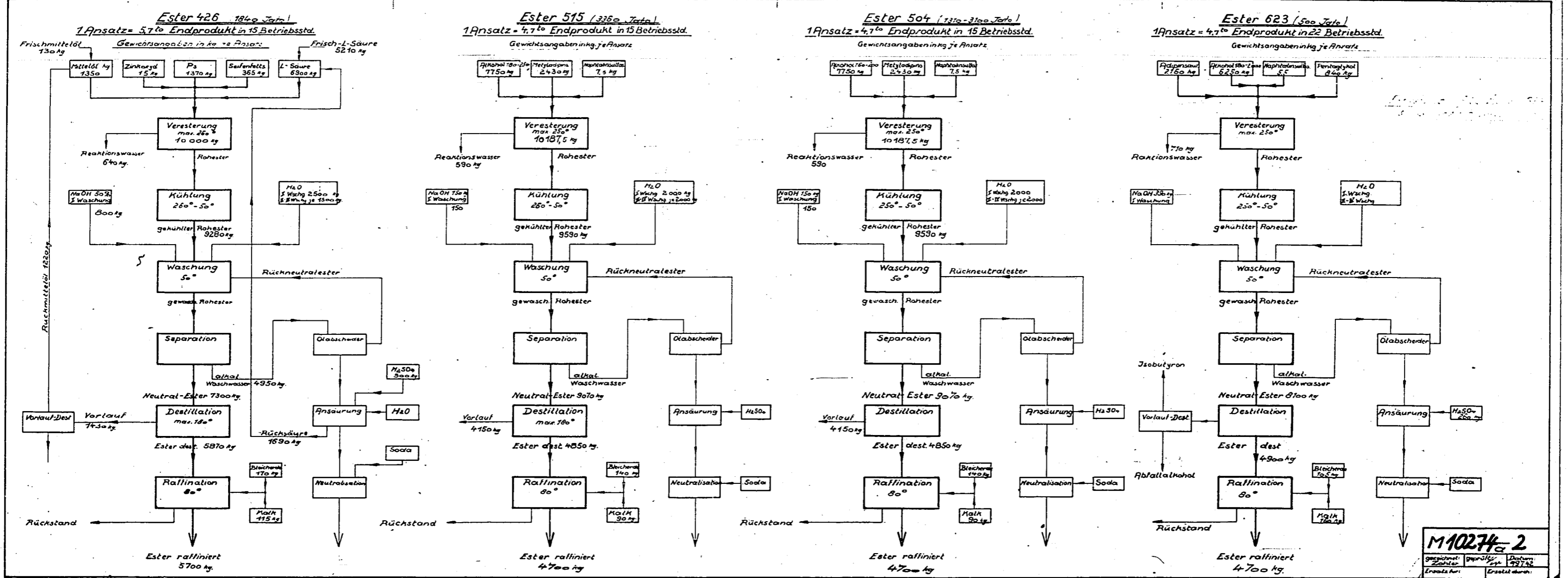
ink
67
92
30
00

Attachment XII

"FlieBschema fur Esteranlagen Me 1016"

(I. G. Leuna - Flow diagram and
material balances for manufacture of several
esters)

KODAK



Fließschema für Esterölanlagen Nr 1016

5. Aug. 1947 in Form
 Techn. Büro in a. geänd. 4.642 Ko. 1.1.1. Fachgruppe: Bau-Nr. Me 1016

M 10274-2
 Gezeichnet: [Name] Geprüft: [Name] Datum: 1947
 Erstellt von: [Name] Erstellt durch: [Name]

Attachment XIII

"Estercoel Anlage, Schema I Teil and II Teil"

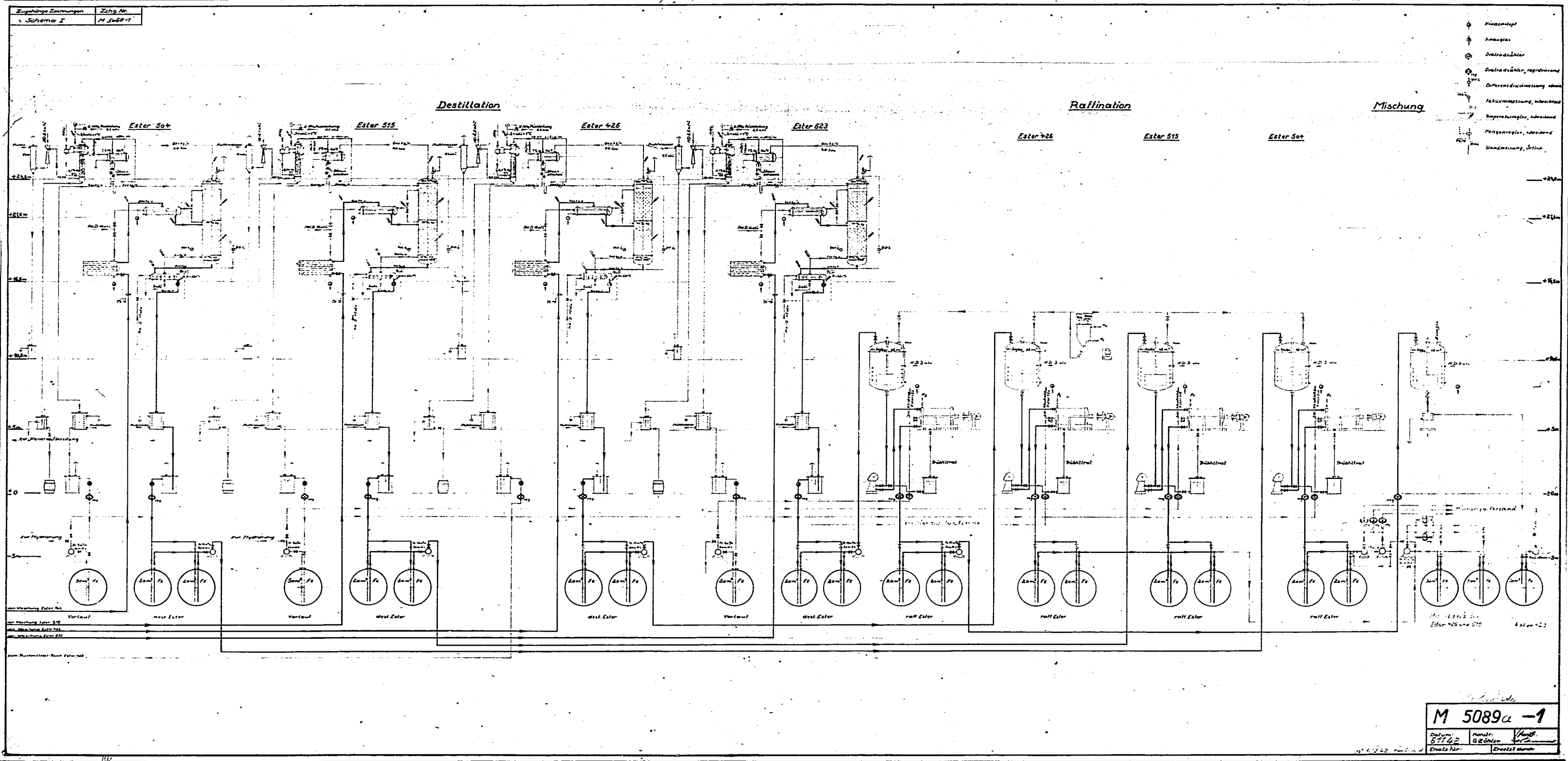
(I. G. Leuna - Two Process flow diagrams for Estercoel
manufacture)

attachment XIII

"*Extr. oil Anlage, Schema I Teil und II Teil*"

(I.G. Lerina - Two process flow diagrams for
later oil manufacture).

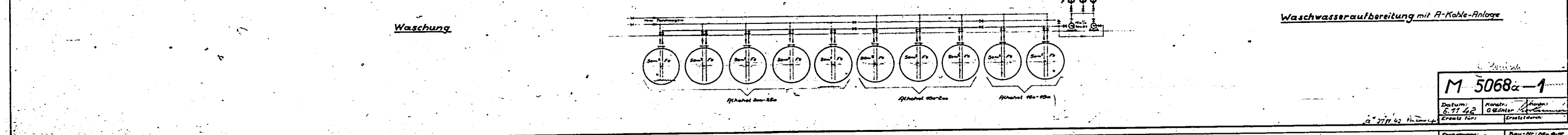
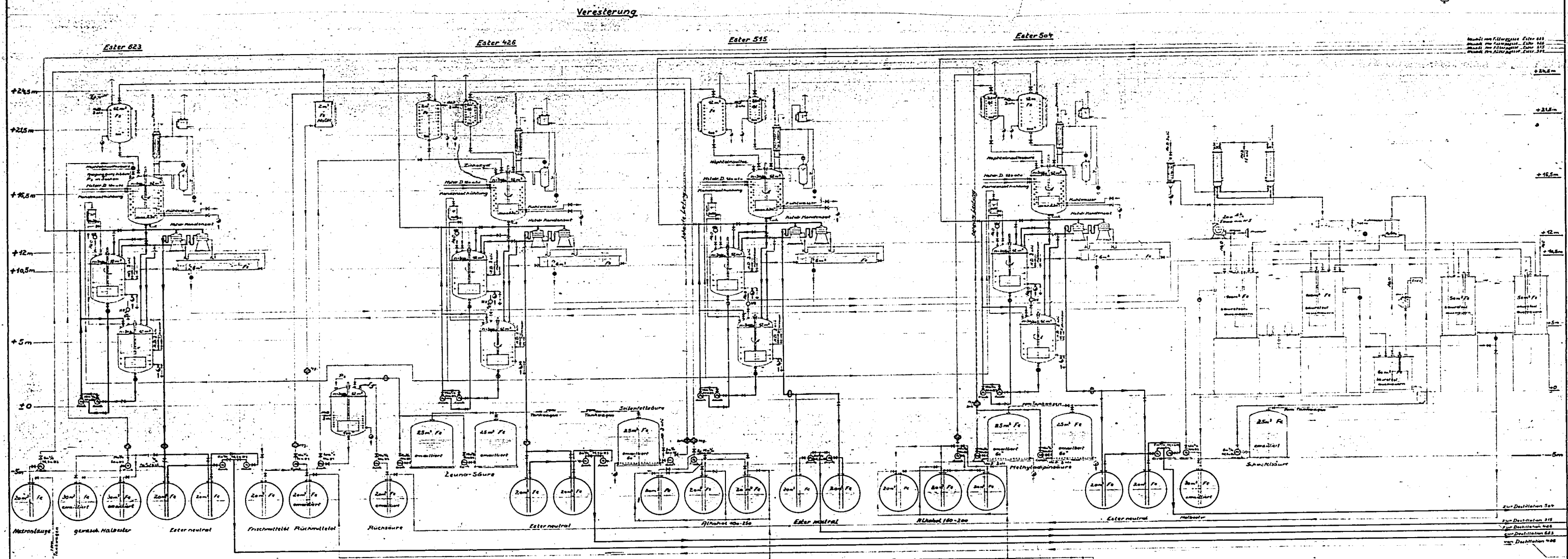
SAFETY FILM



F. O. Bilgus, Schema I Teil für Ester 504, 515, 426, 623 (in der Anlage 100-101)

Zugehörige Zeichnungen Zehg.Nr.
Schema 2 H. 5068-1

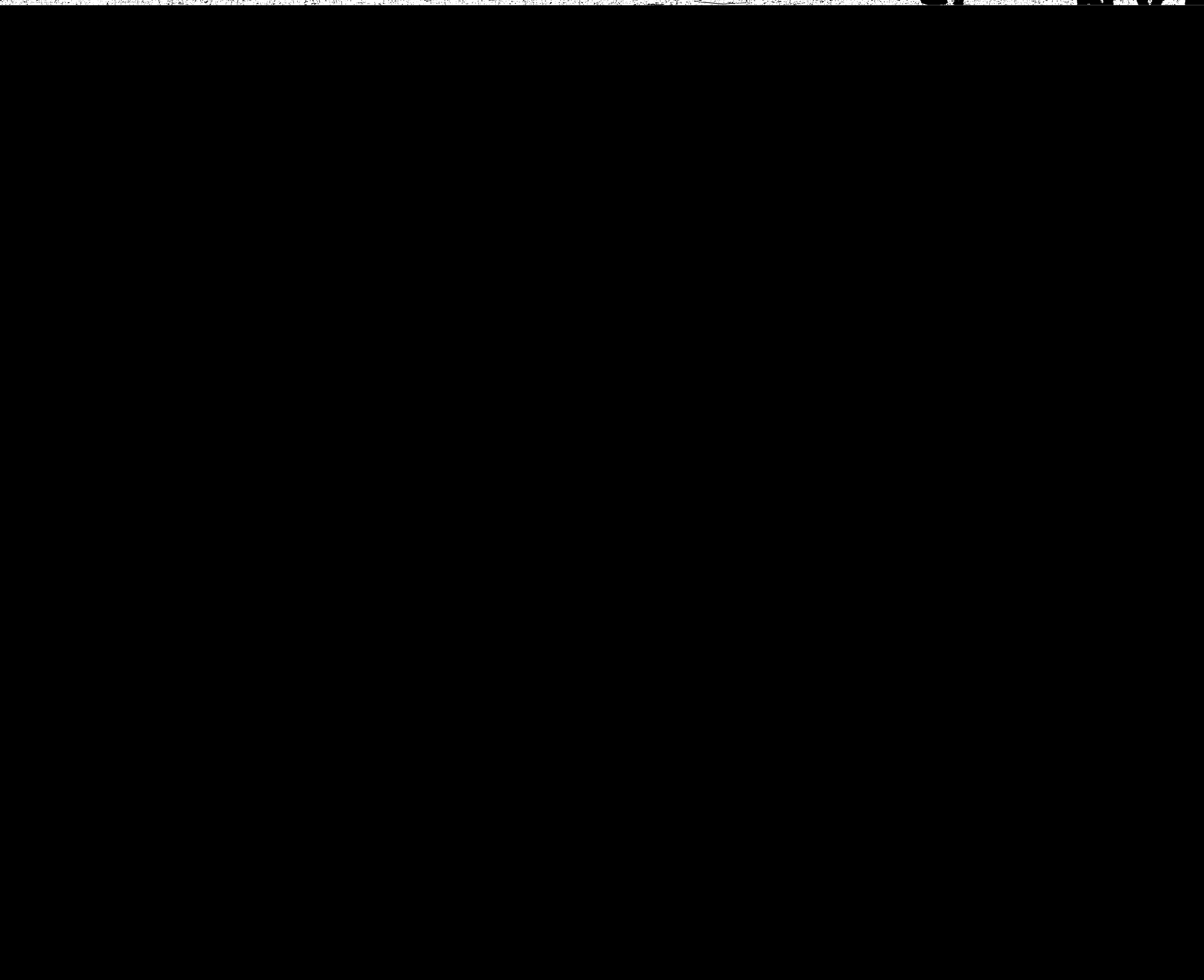
○ Kondensator
○ Schmelzglas
○ Wasserrohr
○ Drahtstrahlrohr
○ Regulierventil
○ Scheit



M 5068α-1
Datum: 5.11.42
Erstellt von: G. Böcher
Geprüft von: [unreadable]
a. 27.11.62

Attachment XIV

"Technische Lieferbedingungen für Flieger - Sonderfette"
(Specifications for greases supplied to the German Air
Ministry)



Attachment XV

"Die Herstellung eines Athylenhaltigen Gases
durch thermische Spaltung von Athan oder Propan
und Aufarbeitung dieses Spaltgases auf Reinathylen
in einer Gastrennanlage nach Linde."

(I. G. Leuna report)

Die Herstellung eines Äthylenhaltigen Gases
durch thermische Spaltung von Äthan oder Propan
und Aufarbeitung dieses Spaltgases auf Reinäthylen
in einer Gastrennanlage nach Linde.

Inhaltsverzeichnis.

Die Spaltanlage (Grundsätzliches)	Seite 1
Die Lindenanlage (")	" 1
Anarbeitung des Spaltgases (Grundsätzliches)	" 1
Die Spaltanlage (Beschreibung)	" 3
Betrieb der Spaltanlage	" 4
Betriebsstörungen der Spaltanlage	" 5
Abstellen eines Spaltofens	" 6
Die Kühlkreisläufe	" 6
Anfahren eines Spaltofens	" 7
Die Lindeanlage (Beschreibung)	" 8
Die Gasometer	" 8
Die Äthylenhochdruckbatterie	" 9
Die Kompressoren	" 10
Die Eismaschine	" 11
Anfahren eines Kompressors	" 12
Wartung " "	" 13
Anfahren der Eismaschine	" 13
Kreislaufbedienung und Wartung der Eismaschine	" 14
Abstellen eines Kompressors	" 14
Die Abscheideflasche für NaOH	" 15
Der Rohgasgegenströmer I	" 15
Der Ammoniakkühler II	" 16
Der Silicageltrm III	" 17
Der Äthylengegenströmer XI	" 17
Der Abstreifertopf (in der Skizze nicht eingezeichnet)	" 18
Der Apparat	" 18
Der Rohgasgegenströmer IV	" 18
Die C ₁ -Säule	" 18
Der Rohgaskondensator	" 18
Der Methankondensator	" 19
Die C ₃ -Säule	" 19
Die C ₂ -Säule	" 19
Der Methanverflüssiger VI	" 19
Der Methanunterkühler VII	" 19
Der Methanabscheider VIII	" 20
Der Äthanverdampfer X	" 21
Die Spinne	" 21
Die Ölabscheideflasche	" 21
Der Sumpfsentspannungstopf und die Schnellentspannung	" 21
Der Weg des Rohgases und des Produktionsäthylens	" 22

Die Acetylenhydrierung	Seite 22
Die Ölwäsche	" 22
Die Kohletürme	" 22
Die Alkazitwäsche	" 22
Die Lauge	" 22
Temperaturkonstanz des Rohgases beim Eintritt in den Rohgasgegenströmer I	" 23
Wirkungsweise der C ₁ -Säule	" 23
Sumpfheizung in der C ₁ -Säule	" 23 u. 26
Wirkungsweise der C ₃ -Säule	" 23
Sumpfheizung in der C ₃ -Säule	" 24 u. 26
Wirkungsweise der C ₂ -Säule	" 24
Die Sumpfheizung der C ₂ -Säule	" 21 u. 26
Kreislauf und Produktionsäthylen	" 24
Der Restgasweg	" 25
Das Rückäthan	" 25
Der Methankreislauf	" 25
Der Äthylenkreislauf	" 26
Der Ammoniakkreislauf	" 27
Abstellen des Apparates und Reinigung	" 28
Anfahren der Apparate	" 30
Temperaturtabelle	" 34
Die Sicherheitsventile	" 36
Tabelle der Manometer und Hampemeter	" 37
Die Regulierventile, Einstellung in Betrieb, Regelmäßigkeit	" 37
Zurücknehmen des Apparates	" 39
Die Betriebsanalysen	" 39
Die Molekulargewichtswaage	" 44

Der Obetrieb in No 126 macht aus Äthylmethyläther, 95-97% genannt. Grundbedingung hierfür ist ein mindestens 95%iges Äthylmethyläther, welches frei von O_2 , CO und CO_2 ist, bzw. diese Verunreinigungen höchstens etwa zu je 0,01% enthält. Der Wassergehalt darf für 1 m³ nicht grösser als 0,5 g sein.

Der Gasbetrieb bestehend aus der Spaltanlage No 366 und der Lindeanlage No 367 hat nun die Aufgabe aus Äthan, gegebenenfalls auch Propan -Produkte welche die Hydrierung liefert - Äthylmethyläther von genanntem Reinheitsgrad herzustellen.

Vor der genauen Beschreibung der einzelnen Anlagen und ihrer Teile sei im Folgenden zur Orientierung kurz das Grundsätzliche vorweggenommen.

In der Spaltanlage wird in sogenannten Klein-Ofen aus zugeführtem Äthan (oder Propan) ein Äthylmethylätherhaltiges Spaltgas in der Weise hergestellt, dass das Einsatzgas und Sauerstoff, dem etwas Stickstoff beigegeben ist, zunächst getrennt auf 600 bzw. 400° vorerhitzt werden. Mit diesen Temperaturen vereinigen sie sich im genannten Ofen und gelangen da zur Reaktion. Hierbei verbrennt ein Teil des Äthans und die auftretende hohe Reaktionswärme bewirkt bei einer Temperatur von 800-850° die Abspaltung von Wasserstoff aus dem restlichen Äthan, so dass schliesslich ein Gas erhalten wird, das im Durchschnitt 30% Äthylmethyläther, 19% Äthan, 3,5-10% CO , 0,4% CO_2 , 1% O_2 , 1,5% höhere Olefine und ca. 1/2% Acetylen enthält. Der Rest besteht aus Methan, Wasserstoff und Stickstoff.

Das gekühlte Gas gelangt nun über eine Reinigung, bestehend aus zwei Laugetürmen, der Acetylenhydrierung, 2 Öl-, 4 Kohle-, 2 Alkazit- und nochmals 4 Laugetürmen in die

Lindeanlage

Diese hat nun die Aufgabe, aus dem Spaltgas das Äthylmethyläther durch fraktionierende Destillation rein herzustellen.

Sie besteht aus 2 sogenannten Apparaturen, den zugehörigen Kompressorserien, sowie einigen Gegenstrom- und Ammoniakkühler.

Der Apparat stellt rein äusserlich betrachtet nichts anderes als einen grossen Blechkasten vor. In ihm sind 3 Kolonnen enthalten, nochmals einige Gegenstromkühler und ein Ammoniakkühler. Der ganze Kasten ist zur Isolierung mit Watte ausgestepft.

Die Gegenstromkühler haben die Aufgabe, auch die letzten Reste von Kälte den abgehenden Gasen zu entziehen und auf das stetig strömende Rohgas zu übertragen.

Die Aufarbeitung des Spaltgases erfolgt nun in der Weise, dass es aus der Krackanlage kommt zunächst saugseitig durch 2 Laugetürme geht und dann von Rohgaskompressor mit 16,5 atü durch verschiedene weitere Wäschen gedrückt wird, um von störenden Verunreinigungen - wie Aromaten, höheren mehrfach ungesättigten Olefinen, Äthern, Kohlendioxid usw. - befreit werden.

Zwischen den ^{Leucht}Leuchtürnen und der nachfolgenden Wäsche liegt die Acetylenhydrierung. Hier wird der Acetylengehalt des Spaltgases von ca. 1/2 % auf 0,2% reduziert.

Nach der Reinigung geht das Gas - zum Rohgas genannt - durch Gegenströmer und Ammoniakkühler. Es erreicht hierbei eine Temperatur von -55° und kommt damit in die erste Säule, C_1 - oder Methansäule genannt. Hier werden Methan und Inertgase unter einem Druck von 13,5 atü als sogenanntes Restgas (dunkelgrün) abdestilliert. C_2 und C_3 bleiben im Sumpf.

Auf seinem Weg in die Restgasleitung gibt das Restgas seine Kälte in Gegenströmern (IV und I) an das ankommende Rohgas (dunkelblau) völlig ab.

Der Sumpf wird in die C_3 -Säule über den an der C_1 -Säule selbst wirksamen Rohgaskondensator auf einen Druck von 0,5 - 0,6 atü entspannt. In der C_3 -Säule geht alles C_2 über Kopf ab in die C_2 -Säule, C_3 bleibt im Sumpf und wird von da in das Restgas abgeschlagen. (schwarz)

In der C_2 -Säule wird das Äthylen endgültig vom Äthan abgetrennt. Es geht als Kopfprodukt ab. Der Produktionsanteil wird auf 200 atü in eine Flaschenbatterie gepresst, von wo es der SS-Öl-Betrieb abnimmt. Der Kreislaufanteil (s. weiter unten) geht auf die Saugseite des Äthylenkreislaufkompressors. Das Sumpfprodukt geht in den Äthangasometer bzw. direkt in die Spaltanlage zurück.

Die für die Destillation erforderliche Kälte wird durch Entspannen des C_1 -Sumpfes über den Rohgaskondensator in die C_3 -Säule, und vor allem aus dem Methan-Äthylen- und Ammoniakhilfskreisläufen geliefert.

Der Methankreislauf (Hochdruckteil hellgrün, Niederdruckteil hellbraun), in welchem Methan bei einem Druck von 25 atü auf -100° abgekühlt und dann in den Methankondensator, der sich am Kopf der C_1 -Säule befindet auf 0,2 atü entspannt wird - kühlt aus dem abgehenden Restgas die letzten Anteile an Äthylen heraus.

Der Äthylenkreislauf - bei welchem die 2. Stufe mit 4 atü und die 4. mit 25 atü (gelb) eingesetzt wird - dient in diesen Stufen zunächst als Sumpfheizung. Im C_1 - und C_3 -Sumpf ist es Hochdruckäthylen, wie es aus dem Kompressor kommt das heist. In C_2 -Sumpf dagegen wird durch die genannten Sumpfdurchgänge bzw. durch Ammoniakkühler und Äthangegenströmer verflüssigtes und auf ca. -64 bis -70° abgekühltes Hoch- und Niederdruckäthylen als Heizung benutzt. Nachdem es seinen Zweck als Heizung erfüllt hat, dient es über die entsprechenden Ventile (1,3,7,9) entspannt (violett), als Beheizung für die C_2 - und C_3 -Säule und gibt in den Gegenströmern der Kreisläufe und des Rohgasweges seine Kälte vollkommen ab. Die vereinigten Äthylensweige (violett) gehen dann zum Kreislauf-(K.K.) bzw. Zusatzkompressor (A.S.K.). Der eine führt den Kreislaufanteil wieder zurück,

Während der andere wie schon erwähnt, den Produktionsteil auf 200 atü komprimiert in Flaschen füllt.

In Ammoniakkreislauf werden die Ammoniakkühler (IX, X) aus einem grossen Behälter ständig mit flüssigem Ammoniak (hellblau) durchströmt. Das warme (vergaste) Ammoniak (hellrot) strömt in den gleichen Behälter an einer anderen Stelle wieder ein, von wo es der Ammoniakkompressor wieder ansaugt und über einen wassergekühlten Kondensator verflüssigt dem Behälter wieder zuführt.

Die Spaltanlage

besteht aus 4 gleichen Einheiten. Jede einzelne setzt sich in wesentlichen zusammen: Aus dem sogenannten Klein-Ofen (1), dem Vorverhitsern (2 und 3) samt Brennkammern (2a und 3a) für das Einsatzgas und dem Sauerstoff, je einen Röhren- und Einspritzkühler (4 und 5), einer Wasserringpumpe (6), welche das Gasgemisch durch den Ofen reißt und für den nötigen Unterdruck sorgt, und den Kühlwasserkreisläufen (7a, 7b und 7c) für die beiden Kühler und die Pumpe. Zur Anlage gehört dann noch ein Zusatzgebläse für das Einsatzgas, welches bei der derseitigen Überbelastung für den nötigen Verdruk von 160 mm Hg sorgt, sowie die Gebläse für Heizgas und Wind.

Der Kleinofen (1) stellt einen mit feuerfestem Material ausgekleideten Eisenbehälter vor, mit einem Innenraum von ca. 1,75 m Höhe und 0,9 m ϕ . Unten befindet sich der Mischkopf, in welchem die beiden auf 600 bzw. 400° vorerhitzten Gase (Äthan und Sauerstoff + Stickstoff) einströmen. Der Sauerstoff strömt oberhalb des Äthans und seitwärts so hinein, daß ein für die Durchmischung günstiger Wirbel entsteht. Dem Mischkopfabschluß bildet eine Keramikonstruktion in Rosettenform, welche eine möglichst gleiche Strömungsgeschwindigkeit des Gases beim Eintritt in den eigentlichen - mit 1,1 m³ Porzellanugeln (4 cm im ϕ) ausgefüllten - Ofenraum bewirkt. Die Sauerstoffverhitser bestehen aus einem feuerfesten ausgekleideten Eisenbehälter, indem ein mit Kieselgur gefüllter Eisenbehälter (5 m lang 1 m ϕ) eingesetzt ist. Auf diesem sind dann die Eisenschlangen herangelegt, durch die die Gase strömen. Im Äthanverhitser sind es zwei 6-gängige Schlangen (75 m²) im kleineren Sauerstoffverhitser eine 4-fach Seilange. (9,5 m²). Die in den Brennkammern entstehenden Verbrennungsgase - mit einer Temperatur von 900° (Meßstelle 1) beim Äthanverhitser, mit 600° (Meßstelle 3) beim Sauerstoffverhitser - streichen durch die Sauerstoffverhitser durch und bringen die durch die Schlangen einströmenden Gase auf die erforderlichen Temperaturen. Das sind 600° beim Äthan (Meßstelle 6) und 400° genau beim Sauerstoff (Meßstelle 8).

KOD