

000581

78

# Deutsche Kraftfahrtforschung

im Auftrage des

Reichs-Verkehrsministeriums

## TECHNISCHER FORSCHUNGSBERICHT

Zwischenbericht Nr. 74

### Versuche über das motorische Verhalten synthetischer Otto-Kraftstoffe

Bericht aus dem

Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren  
an der Technischen Hochschule Stuttgart

Prof. W. Kamm

#### Zur Beachtung!

Dieser Bericht ist bestimmt für die Arbeiten im Dienstgebrauch des Empfängers. Der Bericht darf innerhalb des Dienstgebrauchs nur an Persönlichkeiten ausgehändigt werden, die aus dem Inhalt Anregungen für ihre Arbeiten zu schöpfen vermögen • Verwendung zu Veröffentlichungen (ganz oder teilweise) sowie Weiterleitung an Persönlichkeiten außerhalb des Dienstgebrauchs des Empfängers ist ausgeschlossen • Der Bericht ist unter Verschuß zu halten.

000582

# **Deutsche Kraftfahrtforschung**

im Auftrage des

**Reichs-Verkehrsministeriums**

**TECHNISCHER FORSCHUNGSBERICHT**

Zwischenbericht Nr. 74

**Versuche über das motorische Verhalten synthetischer Otto-Kraftstoffe**

Bericht aus dem

**Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren  
an der Technischen Hochschule Stuttgart**

**Prof. W. Kamm**

**Bibliothek**  
der

**Ruhrchemie Aktiengesellschaft  
Oberhausen-Holten**

Eingetragen unter

Nr. 50 37 1070

## **Zur Beachtung!**

Dieser Bericht ist bestimmt für die Arbeiten im Dienstgebrauch des Empfängers. Der Bericht darf innerhalb des Dienstgebrauchs nur an Persönlichkeiten ausgehändigt werden, die aus dem Inhalt Anregungen für ihre Arbeiten zu schöpfen vermögen. Verwendung zu Veröffentlichungen (ganz oder teilweise) sowie Weiterleitung an Persönlichkeiten außerhalb des Dienstgebrauchs des Empfängers ist ausgeschlossen. Der Bericht ist unter Verschuß zu halten.

Die Verwendung von synthetischen Ottomotor-Kraftstoffen - bei denen durch Zusatzmittel, wie Alkohol, Benzol, Bleitetraäthyl, die Oktanzahl 74 erreicht wird - im Fahrzeugmotor macht es notwendig, ihr motorisches Verhalten und insbesondere ihren Einfluß auf das verwendete Schmieröl zu prüfen.

Die Rückstandsbildung im Schmieröl, die seine Verwendbarkeit beeinträchtigt, hängt nicht nur von den Öleigenschaften, sondern auch vom verwendeten Kraftstoff ab. Aus einer größeren Versuchsreihe mit verschiedenen Kraftstoffen und Schmierölen werden in dem vorliegenden ersten Bericht die Ergebnisse für drei synthetische Kraftstoffe mitgeteilt.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Auftrage des Reichsverkehrsministeriums durchgeführt.

Das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren an der Technischen Hochschule Stuttgart dankt an dieser Stelle dem Herrn Reichsverkehrsminister für die zur Durchführung der Forschungsaufgabe gegebene Unterstützung.

Institutsleiter:

gez. W. K a m m

## Übersicht

Am FKFS-Einzyylinder-Prüfmotor wurden 50 Stunden-Läufe mit drei synthetischen Kraftstoffen von gleicher Klopfestigkeit durchgeführt. Dabei wurden in gewissen Zeitabständen aus dem Ölumlaufl Schmierölproben entnommen und einer physikalisch-chemischen Prüfung unterzogen. Weiter wurde die Ölkohlebildung bei den einzelnen Läufen erfaßt und eine Beziehung zwischen Kraftstoff und Schmieröl aufgestellt.

Ergänzend wurden die physikalisch-chemischen Eigenschaften der einzelnen Kraftstoffe im Laboratorium bestimmt.

## Gliederung

### I. Aufgabenstellung

### II. Motorversuche

1. Eigenschaften der gewählten Kraftstoffe und des Schmieröls
2. Betriebsbedingungen des Motors
3. Untersuchung der im Motor gealterten Schmierölproben
  - a) Einfluß von Fischer-Tropsch-Gemischkraftstoff
  - b) Einfluß von verbleitem Hydrierbenzin
4. Bewertung der Ergebnisse
5. Ölkohlebildung im Motor bei Verwendung verschiedener Kraftstoffe

### III. Laboratoriumsuntersuchung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Kraftstoffe

1. Dampfblasenbildung
2. Chemische Angriffsfähigkeit
3. Harzgehalt und Harzbildung
4. Laborbeständigkeit

### IV. Zusammenfassung

Der Bericht umfaßt: 14 Seiten Beschreibung,  
27 Abbildungen.

Abteilungsleiter:

L. H u b e r

Bearbeiter:

O. W i d m a i e r

Stuttgart, 12. Juni 1939

## I. Aufgabenstellung

Das Schmieröl im Verbrennungsmotor erleidet im Laufe des Betriebes Veränderungen, die als Alterung bezeichnet werden und deren wichtigstes Merkmal die Rückstandbildung ist. Je nach ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften altern die Schmieröle verschieden schnell.

Das Schmieröl kann aber auch die besten Eigenschaften aufweisen und trotzdem können durch Rückstandsbildungen Motorschäden auftreten, die in vielen Fällen auf das Schmieröl zurückgeführt werden, obwohl vielleicht der Kraftstoff die Ursache war. So ist zum Beispiel denkbar, daß bei hoher Beanspruchung der Motoren Betriebsstörungen dadurch auftreten, daß bestimmte Kraftstoffe und Schmieröle oder deren Zersetzungsstoffe sich miteinander umsetzen. Deshalb ist eine besondere Abstimmung von Kraftstoff und Schmieröl aufeinander erforderlich.

Das Institut erfaßt im Rahmen des Forschungsplanes des Reichsverkehrsministeriums den Einfluß des Kraftstoffes auf das Schmieröl und stellt dabei außerdem einige für den Motorbetrieb wichtige Eigenschaften der Kraftstoffe fest.

Die ersten Versuche erfolgten mit drei synthetisch hergestellten Kraftstoffen.

## II. Motorversuche

### 1. Eigenschaften der gewählten Kraftstoffe und des Schmieröls

Die für die hier behandelten Vorversuche verwendeten drei Synthese-Kraftstoffe wurden willkürlich gewählt. Zur Erreichung der Oktanzahl 74 <sup>1)</sup> werden sie mit Zusätzen versetzt. Untersucht wurden:

Kraftstoff Nr. 1: Fischer-Tropsch-Benzin mit 9 Vol. v.H. Alkohol und rd. 20 Vol. v.H. Benzol,

Kraftstoff Nr. 2: Hydrierbenzin mit 0,028 Vol. v.H. Bleitetraäthyl,

Kraftstoff Nr. 3: Hydrierbenzin mit 8,0 Vol. v.H. Alkohol.

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser drei Kraftstoffe <sup>2)</sup> sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

---

1) Cramer, Brennstoffchemie Bd. 19 (1938), S. 111

2) Die Kraftstoffe wurden in freundlicher Weise von der Rheinpreußen A.G. und von den Leuna-Werken der I.G. Farben-Industrie zur Verfügung gestellt.

Unter genau eingehaltenen Betriebsbedingungen wurden mit jedem der Kraftstoffe am FKFS-Prüfmotor 50 Stunden-Läufe durchgeführt.

Für sämtliche 50 Stunden-Läufe wurde das gleiche Schmieröl verwendet, und zwar ein handelsübliches Markenöl, dessen physikalisch-chemische Eigenschaften aus Zahlentafel 2 zu ersehen sind.

## 2. Betriebsbedingungen am Prüfmotor mit den gewählten Kraftstoffen

Der an sich zur Prüfung von Dieselmotorkraftstoffen geschaffene FKFS-Einzyklindermotor kann auch als Vergasermotor betrieben werden.

Die Betriebsbedingungen des Motors für die Prüfung des Kraftstoffeinflusses auf das Schmieröl wurden wie folgt festgelegt:

Verwendung eines Sum-Vergasers, Baumuster J. F. H. 48 P I S 477, mit verstellbaren Düsen; Drehzahl 1800 U/min; Zündeneinstellung auf Bestleistung;

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Verdichtungsverhältnis     | 6 : 1    |
| Temperatur des Kühlmittels | 70°      |
| Temperatur des Schmieröls  | 70°      |
| Menge des Schmieröls       | 5,32 kg. |

## 3. Untersuchung der im Motor gealterten Schmierölproben

Die Schmierölproben wurden in kleinen Mengen nach 5, 10, 20, 30, 40 und 50 h bei durchlaufendem Motor aus der Öldruckleitung entnommen und physikalisch-chemisch untersucht, wobei hauptsächlich die aufgetretene Rückstandsbildung als wichtiges Merkmal der Alterung erfaßt wurde. Das nach jeweils 50 Betriebsstunden im Kurbelgehäuse übriggebliebene Öl wurde gleichfalls einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Der Ölverbrauch konnte bei den Vorversuchen nicht bestimmt werden, da der Ölablauf nicht das gesamte Öl ausfließen ließ. Für die Hauptversuche wird der Ölablauf an der tiefsten Stelle des Kurbelgehäuses angebracht, so daß auch Schmieröl-Verbrauchsmessungen durchgeführt werden können.

### a) Einfluß von Fischer-Tropsch-Gemischkraftstoff

Die in regelmäßigen Zeitabständen aus der Öldruckleitung entnommenen Ölproben (Lauf I) wurden laboratoriumsmäßig untersucht auf: Wichte, Zähigkeit, Asphaltgehalt, Gehalt an festen Fremdstoffen, Aschengehalt und Verkokungsneigung nach Conradson.

Es zeigte sich hierbei, daß die Wichte, die Zähigkeit und die Verkokungsneigung mit der Laufzeit etwas zunehmen, Abb. 1. Überhaupt keine Zusammenhänge wurden für den Asphaltgehalt und den Gehalt an festen Fremdstoffen gefunden. Es kam z.B. vor, daß der

Asphaltgehalt bei einer Probe aus dem Kurbelgehäuse nach 50 h sich nur wenig von dem Asphaltgehalt der Probe unterschied, die nach 5 h Laufzeit untersucht wurde. Ähnliche Ergebnisse erhielt man bei der Bestimmung des Gehaltes an festen Fremdstoffen; z. B. fand man nach 30 h Laufzeit weniger feste Fremdstoffe als nach 5 h Laufzeit. Diese starke Streuung mag wohl in der Hauptsache an der Ungenauigkeit des Bestimmungsverfahrens selbst liegen.

Das zur Fällung des Hart-Asphaltes benützte Normalbenzin ist in seiner Zusammensetzung nicht immer gleich, weshalb einmal etwas mehr, das andere Mal weniger Asphalt abgeschieden wird. Außerdem können die nicht erfaßten Harzstoffe mehr oder weniger an den asphaltartigen Stoffen haften. Zur Erhöhung der Genauigkeit des Verfahrens ist es deshalb notwendig, sämtliche bei der Schmierölalterung auftretenden Rückstände zu erfassen.

#### b) Einfluß von verbleitem Hydrierbenzin

Bei Verwendung von verbleitem Benzin (Lauf II) treten zum Teil höhere Alterungswerte auf, was vor allem in der raschen Zunahme der Wichte, des Gehaltes an festen Fremdstoffen, des Aschengehaltes und der Verkokungsneigung zum Ausdruck kommt, Abb. 2.

Wenn auch hier wieder bei dem Aschengehalt und dem Gehalt an festen Fremdstoffen große Streuungen auftreten, so ist doch eine Zunahme an Asche und an festen Fremdstoffen deutlich zu erkennen. Eigenartig ist hierbei allerdings die Abnahme des Asphaltgehaltes oder - wenn man annimmt, daß der Streubereich innerhalb der Fehlergrenzen liegt - das Gleichbleiben des Asphaltgehaltes.

Aus dem Verlauf der Zähigkeitskurven bei verschiedenen Temperaturen ist zu sehen, daß anfänglich eine deutliche Ölverdünnung eintritt. Die Zähigkeit nimmt aber mit der Laufzeit wieder zu. Bei Untersuchung der nach 50 h Laufzeit entnommenen Schmierölprobe auf etwaige Kraftstoffanteile konnte keine Ölverdünnung mehr festgestellt werden.

#### c) Einfluß von alkoholhaltigem Hydrierbenzin

Die Untersuchung der mit alkoholhaltigem Hydrierbenzin (Lauf III) erhaltenen Schmierölproben, Abb. 3, ergab ein ähnliches Bild wie das des Laufes I, wo der Motor mit Fischer-Tropsch-Gemisch betrieben wurde.

Die Wichte, die Verkokungsneigung und selbst der Asphaltgehalt nehmen mit der Laufzeit des Motors wenig zu. Die Bestimmung des Asphaltgehaltes und des Gehaltes an festen Fremdstoffen ergab nach 30 h Laufzeit jeweils Höchstwerte; der Gehalt fiel aber dann auf solche Werte zurück, die bereits nach 5 h Laufzeit erhalten wurden.

Die Zähigkeit des Schmieröls nimmt nach 5 h ab, was auf eine durch den Kraftstoff verursachte Ölverdünnung schließen läßt, Abb. 3. Sie nimmt dann mit der Laufzeit wieder zu. Bei den Endproben konnte auch durch besonders genaue Untersuchung keine Öl-

Zahlentafel 1Physikalisch-chemische Eigenschaften der untersuchten Kraftstoffe

|                                         | Kraftstoff<br>Nr. 1 | Kraftstoff<br>Nr. 2 | Kraftstoff<br>Nr. 3 |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Farbe und Durchsicht                    | wasserhell,<br>klar | rot, klar           | farblos,<br>klar    |
| Wichte bei 15°C g/cm <sup>3</sup>       | 0,7255              | 0,751               | 0,757               |
| Siedebeginn °C                          | 38                  | 48                  | 46                  |
| von 100 cm <sup>3</sup> sind verdampft: |                     |                     |                     |
| 5 cm <sup>3</sup> bis                   | 48,2                | 59,0                | 54,0                |
| 15 " "                                  | 54,0                | 74,0                | 62,5                |
| 25 " "                                  | 61,0                | 88,0                | 68,5                |
| 35 " "                                  | 70,2                | 102,0               | 93,0                |
| 45 " "                                  | 79,4                | 115,0               | 112,0               |
| 55 " "                                  | 87,4                | 130,0               | 127,5               |
| 65 " "                                  | 96,0                | 145,0               | 144,0               |
| 75 " "                                  | 108,4               | 160,0               | 161,0               |
| 85 " "                                  | 130,0               | 175,0               | 178,0               |
| 95 " "                                  | 155,0               | 192,0               | 194,0               |
| Siedeschluß °C (Vol.-%)                 | 179 (98,5)          | 197 (98)            | 197 (97)            |
| Siederrückstand Vol.-%                  | 2,5                 | 1,0                 | 1,0                 |
| Sieverlust Vol.-%                       | 1,5                 | 1,0                 | 2,0                 |
| 10 Vol.-% Punkt im Siedeverl. °C        | 51,0                | 66,0                | 59                  |
| 90 Vo.-% im Siedeverl. °C               | 141,0               | 181                 | 186                 |
| Oktanzahl (Research-Verf. 3))           | 74                  | 74                  | 74                  |
| Dampfdruck nach Reid bei 38° ata        | 0,58                | 0,40                | 0,44                |
| Bleitetraäthyl-Gehalt Vol.-%            | --                  | 0,028               | --                  |
| Alkoholgehalt Vol.-%                    | 9,0                 | --                  | 8,0                 |
| Korrosion                               | keine               | keine               | keine               |
| Harzgehalt bei 110 °C Vol.-%            | 3,0                 | 0,7                 | 0,1                 |
| " 220 " " "                             | 1,9                 | 0,1                 | 0,0                 |
| Anilinpunkt (Gehalt an Naphtenen) °C    | 53                  | 55                  | 54,5                |
| Brechungszahl bei 20°                   | 1,4040              | 1,4149              | 1,4108              |
| Säurezahl mgKOH/g                       | 0,0093              | 0,004               | 0,005               |
| Unterer Heizwert kcal/kg                | 10 100              | 10 311              | 10 033              |
| Verbrennungswärme kcal/kg               | 10 836              | 11 093              | 10 807              |

3) Vgl. W. Giessmann, Z. VDI Bd. 80 (1936), S. 833

Zahlentafel 2Physikalisch-chemische Eigenschaften des untersuchten Schmieröls

|                                     |                   |        |
|-------------------------------------|-------------------|--------|
| Wichte bei 20°                      | g/cm <sup>3</sup> | 0,9001 |
| Aschengehalt                        | Gew.-%            | 0,003  |
| Asphaltgehalt                       | " "               | 0,0133 |
| Gehalt an festen<br>Fremdstoffen    | " "               | 0,0    |
| Verkokungsneigung<br>nach Conradson | " "               | 0,443  |
| Säurezahl                           | mg KOH/g          | 0,111  |
| Stockpunkt                          | °C                | - 17   |
| Wassergehalt                        | Gew.-%            | 0      |
| freie Säure und<br>freies Alkali    |                   | 0      |

|                    |    | nach Vogel-Ossag | nach Höppler |
|--------------------|----|------------------|--------------|
| Zähigkeit bei 30°C | °E | 31,49            | 33,46        |
| " " 50°C           | °E | 10,12            | 10,85        |
| " " 80°C           | °E | 3,17             | 3,37         |

verdünnung festgestellt werden. Die aus der Ölleitung entnommenen Zwischenproben konnten nicht eingehend untersucht werden, da sie zu klein waren.

4. Bewertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der drei Versuchsläufe über den Einfluß des Kraftstoffes auf das Schmieröl haben gezeigt, daß der verbleibende Kraftstoff eine größere Alterung des Schmieröls hervorruft als die anderen verwendeten Kraftstoffe. Die von Kern <sup>4)</sup> im Verlauf des Aschengehaltes, des Asphaltgehaltes, des Gehaltes an festen Fremdstoffen sowie der Zähigkeit von Schmieröl im Dieselmotor gefundene Gesetzmäßigkeit konnte beim Vergaserbetrieb des Versuchsmotors nicht festgestellt werden. Allerdings lagen bei den Schmierölversuchen von Kern wesentlich längere Laufzeiten und andere Betriebsbedingungen vor.

Die zum Teil sehr großen Schwankungen der Alterungswerte des Schmieröls in Abhängigkeit von der Laufzeit bei den vorliegenden Versuchen können durch folgende Einflüsse verursacht worden sein:

a) Der im Kurbelgehäuse des Versuchsmotors angebrachte Ölreiniger hält die im Schmieröl auftretende Verschmutzung je nach

der Molekülgröße des Rückstandes in verschiedenem Maße zurück, Zahlentafel 3.

b) Der im Kurbelgehäuse unter Umständen auftretende, vom Kreislauf nicht erfaßte Totraum kann durch die aus der Ölleitung entnommenen Proben nicht erfaßt werden.

c) Beim Auftreten größerer Rückstandsteilchen besteht die Möglichkeit von Stauungen in der Ölleitung, die eine ungleichmäßige Verteilung der Rückstände im Schmieröl verursachen.

d) Die Öltemperatur im Kurbelgehäuse ist nicht überall gleich, so daß an heißen Stellen die Asphaltbildung unter Umständen gefördert werden kann. Bei den Hauptversuchen werden deshalb an verschiedenen Stellen des Kurbelgehäuses Thermoelemente angebracht, um die Temperaturverteilung genau überwachen zu können.

e) Die Fehlergrenze der Verfahren zur Bestimmung des Gehaltes an festen Fremdstoffen und Asche im Schmieröl sind - wie bereits ausgeführt - zum Teil so groß, daß bei kleineren Rückstandsmengen keine Unterschiede mehr festzustellen sind.

Da gerade im Asphaltgehalt zum Teil große Schwankungen auftreten, werden Versuche unternommen, die im Schmieröl enthaltenen Asphaltstoffe mit reinen organischen Lösungen auszufällen.

Die nach 50 Stunden-Läufen erhaltenen gealterten Schmieröl-Endproben wurden nachträglich noch nach dem Verfahren von Noack<sup>5)</sup> untersucht. Die Werte sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, daß das Öl bei Verwendung von verbleitem Benzin (Kraftstoff Nr. 2) am wenigsten ölige Bestandteile und den höchsten Wert auf feste Fremdstoffe und Verluste aufweist. Der höchste Gehalt an Asphalt und Harz wird bei alkoholhaltigem Benzin (Kraftstoff Nr. 3) erhalten.

#### 5. Ölkohlebildung im Motor bei Verwendung verschiedener Kraftstoffe

Nach jedem 50 Stunden-Lauf - also für jeden Kraftstoff - wurde der Motor auseinandergebaut und die Ölkohlemenge am Zylinderkopf, am Kolben, am Einlaßventil und am Auslaßventil bestimmt. Aus Abb. 4 ist deutlich zu entnehmen, daß der verbleite Kraftstoff den größten Einfluß auf die Ölkohlebildung hat. Die Ölkohlemenge war bei Verwendung von verbleitem Hydrierbenzin - mit Ausnahme der am Einlaßventil gebildeten Menge - am Zylinderkopf, am Kolben und am Auslaßventil durchweg größer als bei den Versuchsläufen mit Fischer-Tropsch-Gemisch und alkoholhaltigem Hydrierbenzin, die etwa gleiche Ölkohlebildung hervorriefen.

Es ist anzunehmen, daß die in dem verbleiten Kraftstoff vorhandenen Blei-Ionen einen katalytischen Einfluß auf die Ölkohlebildung ausüben.

5) K. Noack, Prüfung und Bewertung von Schmierölen für Kraftfahrzeuge. Angew. Chem., Beiheft Nr. 28, (1937)

Zahlentafel 3

Rückstandsbildung im Öltreiniger nach 50 h  
für die gleiche Schmierölmenge von 5,32 kg

| Kraftstoff                    | Asphalt (mg) | feste Fremdstoffe (mg) |
|-------------------------------|--------------|------------------------|
| Fischer-Tropsch-Gemisch       | 4,5          | 36,0                   |
| verbleites Hydrierbenzin      | 3,7          | 51,0                   |
| alkoholhaltiges Hydrierbenzin | 15,7         | 186,5                  |

Zahlentafel 4

Zusammensetzung der nach den 50 Stunden-Läufen aus dem  
Kurbelgehäuse entnommenen Schmieröl-Endproben nach Noack

| Kraftstoff                  |        | Nr. 1 | Nr. 2 | Nr. 3 |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| ölige Anteile               | Gew.-% | 95,8  | 92,4  | 93,6  |
| Asphalt + Harz              | " "    | 3,1   | 4,7   | 5,1   |
| feste Fremdstoffe + Verlust | " "    | 1,1   | 2,9   | 1,3   |

### III. Laboratoriumsuntersuchung der physikalisch- chemischen Eigenschaften der Kraftstoffe

Im Vorhergehenden wurde der Einfluß der Zusammensetzung von drei verschiedenen Kraftstoffen gleicher Klopfestigkeit auf ein handelsübliches Schmieröl motorisch untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß der verbleite Kraftstoff im Schmieröl erhöhte Rückstandsbildung gegenüber den beiden alkoholhaltigen Kraftstoffen hervorruft.

Im folgenden werden die drei Kraftstoffe laboratoriumsmäßig untersucht, wobei folgende Eigenschaften festgestellt werden:

1. Dampfblasenbildung,
2. chemische Angriffsfähigkeit,
3. Harzgehalt und Harzbildung,
4. Lagerbeständigkeit.

## 1. Dampfblasenbildung

Die Dampfblasenbildung, die die Kraftstoffzufuhr zum Vergaser stören kann, tritt vor allem bei Kraftstoffen mit hohen Dampfdrücken auf. Da der Kraftstoff verschiedenen Temperaturen ausgesetzt ist, wurde die Bestimmung des Dampfdruckes nach Reid <sup>6)</sup> bei 37,8°, 50° und 70° für sämtliche Kraftstoffe und deren Gemische vorgenommen. Bei Doppelbestimmungen ergaben sich teilweise große Abweichungen, die umso größer wurden, je höher die Temperatur bei der Dampfdruckprüfung war. Die Kraftstoffe wurden miteinander gemischt, weil solche Mischungen praktisch beim Zapfen entstehen und auf diese Weise höhere oder niedrigere Dampfdrücke als die der reinen Kraftstoffe auftreten können.

Die gemessenen Dampfdrücke der drei untersuchten Kraftstoffe sowie deren Gemische sind in Abb. 5 bis 7 zusammengestellt.

Sämtliche Dampfdrücke genügen den heutigen Anforderungen; die Kraftstoffe entsprechen somit in dieser Hinsicht den handelsüblichen Kraftstoffen.

Während der alkoholhaltige Kraftstoff Nr. 3 und das Fischer-Tropsch-Gemisch, Kraftstoff Nr. 1, hohe Dampfdrücke aufweisen, wurde für das Bleibenzin, Kraftstoff Nr. 2, bei sämtlichen Temperaturen der niedrigste Dampfdruck erhalten, was auf eine geringere Dampfblasenbildung schließen läßt.

Die Mischungen der drei Kraftstoffe unter sich ergeben Dampfdrücke, die in der Hauptsache zwischen denen der reinen Kraftstoffe liegen. Es treten allerdings auch einige Höchst- und Mindestwerte von Dampfdrücken auf, vor allem beim Mischen der Kraftstoffe Nr. 1 und Nr. 3, Abb. 6, die etwa gleiche Dampfdrücke haben <sup>7)</sup>.

Weitere Versuche über die Dampfdrücke von Gemischen sind vorgesehen.

## 2. Chemische Angriffsfähigkeit

Über die metallangreifenden Eigenschaften der Kraftstoffe ist bekannt, daß eine Korrosion, vor allem der Vergasermetalle, durch im Kraftstoff enthaltene Spuren von Wasser - meist aus dem Alkohol stammend, der selten wasserfrei ist - verursacht werden kann. <sup>8)</sup> Weitere Untersuchungen haben ergeben, daß gefährdete Gemische sehr stark angreifen können. Dies soll oft auf ungenügende

6) D. Holde, Kohlenwasserstofföle und Fette, 7. Auflage  
Berlin 1933, S. 199

7) Über die Zustandsgrößen von Zweistoffgemischen vgl.  
F. Bošnjaković, Technische Thermodynamik, 2. Teil,  
Dresden und Leipzig 1937

8) G. Juge Boirard, Die Korrosion von Vergasermetallen  
durch Zweiergemische,  
Angew. Chem. Bd. 50 (1937), S. 288

Reinheit der Farbstoffe zurückzuführen sein, die manchmal noch Natriumchloride oder organische Säuren enthalten 8). Im Kraftstoff enthaltener Schwefel kann ebenfalls Korrosion hervorrufen.

Die Angriffsfähigkeit der drei Kraftstoffe wurde in der Marder-Bombe 9) untersucht. Dabei wurden Stäbe aus folgenden Metallen und Legierungen verwendet:

Aluminium;

Kupfer;

ECY-Legierung (von Mahle, Stuttgart), bestehend aus:

4 % Cu, 2 % Ni, 1,5 % Mg, Rest Al;

EC 124-Legierung, bestehend aus:

12 % Si, 1 % Cu-Ni-Mg, Rest Al;

EC 138-Legierung, bestehend aus:

17 % Si, 1 % Cu-Ni-Mg, 0,5 % Fe, Rest Al.

Diese Stäbe werden in einem etwa 40 cm<sup>3</sup> fassenden Glasrohr, das sich in einem Eisenrohr befindet, bei 50, 100 und 150° dem Kraftstoff ausgesetzt. Die Einwirkungszeit beträgt 24 Stunden. Danach wird der Metallstreifen herausgenommen und mit dem Kraftstoff abgespritzt, der zur Untersuchung verwendet wird. Der infolge Verdampfung oft nur in geringen Mengen noch übriggebliebene Kraftstoff wird später auf seinen Harzgehalt untersucht. Darauf wird der Streifen mit Wasser und anschließend mit Alkohol abgespritzt und gewogen. Der Gewichtsverlust in Hundertteilen wird als Maß der Angriffsfähigkeit des untersuchten Kraftstoffes gegenüber der verwendeten Metallart angegeben.

Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 5 zusammengestellt. Die größte Korrosionsgefahr war auf diese Weise für das alkoholhaltige Hydrierbenzin, Kraftstoff Nr. 3, festzustellen, und zwar ist die Angriffswirkung bei 100° am größten; bei 150° dagegen nimmt die Korrosion wieder ab. Diese Erscheinung wird darauf zurückzuführen sein, daß bei 150° der Alkohol rasch verdampfte und damit die Einwirkungszeit nur sehr kurz war.

Weiter wurde versucht, die Angriffsfähigkeit von Kraftstoffen an Hand von metallmikroskopischen Aufnahmen festzustellen. Dazu wurde das Gefüge einzelner Leichtmetall-Legierungen vor und nach Einwirkung der Kraftstoffe in hundertfacher Vergrößerung aufgenommen. Abb. 8 bis 27 zeigen, daß im allgemeinen die Legierungen auch bei höheren Temperaturen nur wenig angegriffen werden. Auffallend ist allerdings die Einwirkung des alkoholhaltigen Hydrierbensins auf die ECY- und EC 124-Legierungen, bei denen starke Korrosionserscheinungen auftreten, und zwar nur bei 100°. Diese Erscheinung kann vielleicht ähnlich wie oben erklärt werden. Die Einwirkung des Alkoholdampfes ist bei 100° am größten; bei 150° hält die Bombe nicht mehr dicht genug, so daß gewisse Fraktionen der Kraftstoffdämpfe entweichen können.

8) s. S. 8 unten

9) R. Heinze, M. Marder u. H. v. der Heyden,  
Chem. Fabrik Bd. 10 (1937), S. 519

Zahlentafel 5Chemische Angriffsfähigkeit der untersuchten  
Kraftstoffe gegenüber Metallen und Legierungen

| Kraftstoff,<br>Einwirkungs-<br>temperatur<br>und -zeit | Gewichtsabnahme der Metallstreifen in mg<br>(Gew.-v.H.) bei: |                |                 |                |                |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                                                        | Al                                                           | Cu             | ECY             | EC 124         | EC 138         |
| Nr. 1 —<br>50° / 24 h                                  | 0<br>—                                                       | 0<br>—         | 0,2<br>(0,006)  | 0,3<br>(0,010) | 0,1<br>(0,003) |
| Nr. 1<br>100° / 24 h                                   | 0,1<br>(0,004)                                               | 1,0<br>(0,02)  | 0,1<br>(0,002)  | 0,3<br>(0,008) | 0,1<br>(0,003) |
| Nr. 1<br>150° / 24 h                                   | 0,1<br>(0,004)                                               | 2,0<br>(0,003) | 0,1<br>(0,003)  | 0,1<br>(0,003) | 0,2<br>(0,006) |
| Nr. 2<br>50° / 24 h                                    | 0<br>—                                                       | 0<br>—         | 0,1<br>(0,002)  | 0,0<br>—       | 0<br>—         |
| Nr. 2<br>100° / 24 h                                   | 0,3<br>(0,02)                                                | 0,9<br>(0,01)  | 0,1<br>(0,002)  | 0,0<br>—       | 0,5<br>(0,015) |
| Nr. 2<br>150° / 24 h                                   | 0,3<br>(0,011)                                               | 1,3<br>(0,02)  | 0,25<br>(0,006) | 0,0<br>—       | 0,2<br>(0,005) |
| Nr. 3<br>50° / 24 h                                    | 0,0<br>—                                                     | 0<br>—         | 0,1<br>(0,002)  | 0,5<br>(0,01)  | 0,2<br>(0,005) |
| Nr. 3<br>100° / 24 h                                   | 6,8<br>(0,26)                                                | 2,0<br>(0,03)  | 0,4<br>(0,01)   | 7,0<br>(0,19)  | 7,8<br>(0,22)  |
| Nr. 3<br>150° / 24 h                                   | 0,3<br>(0,012)                                               | 1,4<br>(0,023) | 0,0<br>—        | 0,7<br>(0,02)  | 0,0<br>—       |

Diese Korrosionserscheinung wird vermutlich durch den Zusatz von Benzol (Kraftstoff Nr. 1) zurückgedrängt.

An der weiteren Klärung dieser Erscheinung wird gearbeitet.

3. Harzgehalt und Harzbildung

Bekanntlich rufen die im Kraftstoff enthaltenen Harzstoffe vielfach Ventilverpichungen, Kleben der Kolbenringe, Bildung von Verkokungsrückständen im Zylinder und unter Umständen sogar Vergaserbrände hervor <sup>10)</sup>. Während die Harzbildung im allgemeinen auf Polymerisationsvorgänge <sup>11)</sup> oder Kondensationsvorgänge von im Kraftstoff enthaltenen ungesättigten Verbindungen <sup>12)</sup> zurückge-

10) Püschel, Motor-Kritik Bd. 17 (1937), S. 379

11) G. R. Schulze, Öl u. Kohle, Bd. 14 (1938), S. 113

12) Th. D. Jonescu, Beiträge zur Aufklärung des Bildungsvorganges der Harze in Crackbenzinen, Bull. Sect. Sci. Acad. Roum. Bd. 19 (1937), S. 8

führt wird, haben andere Untersuchungen gezeigt, daß ein Reichtum an ungesättigten Olefinen allein im Kraftstoff nicht zwangsläufig hohe Harzgehalte und damit also eine Güteverminderung der Kraftstoffe im Gefolge haben muß 13).

Auf der Suche nach dem wahren Grund wurde schon festgestellt, daß die Anwesenheit verschiedener organischer Schwefelverbindungen, der sogenannten Mercaptane 13), die Harzbildung sehr stark begünstigt. Es wird hierbei die Bildung von Kondensationsprodukten aus den Olefinen einerseits und den Merkaptanen andererseits angenommen. Gestützt wird diese Ansicht nicht nur durch die erhaltene Analysenergebnisse, sondern auch durch zusätzliche Versuche der künstlichen Erzeugung dieser Kondensationsprodukte aus chemisch reinen Olefinen und Merkaptanen. Diese Schwefelverbindungen treten nicht nur in Benzin, sondern ebenfalls in Benzol auf.

Die Versuche zur Prüfung der Harzbildung wurden so vorgenommen, daß einmal der Harzgehalt der einzelnen Kraftstoffe bei 110° und 220° in der Glasschale bestimmt wurde. Zahlentafel 1 zeigt hierbei, daß das mit Alkohol und Benzol versetzte Fischer-Tropsch-Benzin den höchsten Harzgehalt aufweist.

Zum anderen wurde die Harzbildung der einzelnen Kraftstoffe unter der Einwirkung von Metallen bestimmt, indem der jeweilig aus mehreren gleichen Korrosionsversuchen zurückgebliebene Kraftstoff auf seinen Harzgehalt in der Glasschale untersucht wurde. Auf diese Weise konnten die bei 50, 100 und 150° sich bildenden Harzbestandteile erfaßt werden.

Die Versuchsergebnisse sind aus Zahlentafel 6 zu ersehen. Während der Aluminiumstreifen bei 50° in sämtlichen Kraftstoffen fast keine Erhöhung des Harzgehaltes hervorrief, war das im allgemeinen in erhöhtem Maße bei 100° der Fall. Der Harzgehalt stieg beim Fischer-Tropsch-Gemisch auf 26,7 mg (110° Trocknungstemperatur) bzw. 20,7 mg (220°) an. Das alkoholhaltige Hydrierbenzin wies jetzt einen Harzgehalt von 98,9 mg (110°) bzw. 89,7 (220°) auf.

Eine Ausnahme machte das verbleite Hydrierbenzin, wo der Harzgehalt fast unverändert blieb.

Durch Einwirkung von Kupfer trat bei keinem Kraftstoff eine wesentliche Harzneubildung ein. Die Leichtmetall-Legierungen fördern bei den Kraftstoffen Nr. 1 und Nr. 3 die Harzbildung, Zahlentafel 6, was besonders aus den Harzgehalten von Kraftstoff Nr. 3 hervorgeht. Der Einfluß der Legierungen auf die Harzbildung ist aber verschieden. Den größten Harzgehalt wies hier das Fischer-Tropsch-Gemisch bei 100° auf, und zwar 11,1 mg (110°) bzw. 7,0 mg (220°).

#### 4. Lagerbeständigkeit

Kraftstoffe, besonders aus Spaltprozessen stammende Benzine, erleiden beim Lagern 14), - vor allem am Tageslicht - eine Ver-

13) Spilker, Jhlder, Kruber u. Schade, Automob.-techn. Z.  
Bd. 36 (1933), S. 242

14) Aldrich u. Robie, S.A.E.J. Bd. 30 (1932), S. 198

Zahlentafel 6

Harzbildung der untersuchten Kraftstoffe durch den Einfluß verschiedener Metalle

Harzgehalt in mg auf 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff unter Einwirkung von:

| Kraftstoff,<br>Einwirkungs-<br>temperatur<br>und -zeit | Al                    |      | Cu                    |      | EGY (gepreßt)         |      | EG 124                |       | EG 138 (gegoss.)      |      |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|-------|-----------------------|------|
|                                                        | Trocknung bei<br>110° | 220° | Trocknung bei<br>110° | 220° | Trocknung bei<br>110° | 220° | Trocknung bei<br>110° | 220°  | Trocknung bei<br>110° | 220° |
| <u>Kraftstoff Nr. 1</u>                                |                       |      |                       |      |                       |      |                       |       |                       |      |
| bei 50°/24 h                                           | 4,4                   | 2,0  | 5,0                   | 3,4  | 12,9                  | 2,3  | 3,2                   | 1,6   | 14,5                  | 2,7  |
| " 100°/24 h                                            | 26,7                  | 20,7 | 11,1                  | 7,0  | 14,8                  | 2,0  | 22,0                  | 6,4   | 11,2                  | 0,8  |
| <u>Kraftstoff Nr. 2</u>                                |                       |      |                       |      |                       |      |                       |       |                       |      |
| bei 50°/24 h                                           | 2,0                   | 1,4  | 4,8                   | 3,2  | 8,5                   | 0    | 7,3                   | 0,9   | 8,3                   | 0,2  |
| " 100°/24 h                                            | 2,4                   | 0,6  | 2,0                   | 0,8  | 63,9                  | 0    | 6,2                   | 2,0   | 44,5                  | 0    |
| <u>Kraftstoff Nr. 3</u>                                |                       |      |                       |      |                       |      |                       |       |                       |      |
| bei 50°/24 h                                           | 0,6                   | 0    | 2,2                   | 1,4  | 0,6                   | 0,0  | 6,0                   | 3,4   | 0,65                  | 0,0  |
| " 100°/24 h                                            | 98,9                  | 89,7 | 4,0                   | 3,4  | 57,2                  | 49,6 | 128,8                 | 108,4 | 106,4                 | 92,1 |

färbung. Ebenfalls ist bekannt, daß durch langes Lagern eine starke Harzbildung im Kraftstoff auftritt 12). Im besonderen Maße ist dies der Fall bei Verwendung von Behältern aus Messing oder reinem Kupfer, wobei Kupfer die Harzbildung katalytisch beschleunigt. Der Harzbildung beim Lagern liegen teilweise auch Oxydationsvorgänge zugrunde. Beim Lagern tritt weiterhin eine allzugroße Flüchtigkeit der Kraftstoffe unangenehm in Erscheinung, weil durch einen Verlust der niedrig-siedenden Anteile die Klopfestigkeit herabgesetzt wird 15).

Bei Gemischkraftstoffen besteht weiterhin die Gefahr der Entmischung, die bei Alkoholgemischen schon durch geringe Spuren hinzukommendes Wasser eintreten kann. Hierdurch können dann unter anderem in erhöhtem Maße Anfressungen entstehen. Beim Mischen verschiedener Kraftstoffe, z.B. beim Zapfen, ergibt sich außer der Gefahr des Entmischens noch die Möglichkeit einer erhöhten Harzbildung.

Zur Prüfung der Lagerbeständigkeit der einzelnen Kraftstoffe und ihrer Gemische wurden Proben von 1 Liter am Tageslicht und im Dunkeln aufbewahrt.

Bei den im Dunkeln aufbewahrten Proben konnte nach drei Monaten nur bei den bleitetraäthylhaltigen Proben eine geringe Abscheidung von feinen Flöckchen wahrgenommen werden.

Die dem Tageslicht ausgesetzten Proben zeigten bei dem verbleitenden Kraftstoff und dessen Gemischen teilweise starke Abscheidungen. Bei Gemischen aus verbleiten Hydrierbenzin und Fischer-Tropsch-Gemisch sonderte sich eine hellbraune Flüssigkeit ab, die mit der im Gemisch enthaltenen Menge an Fischer-Tropsch-Kraftstoff zunahm und bei einem Verhältnis 1 : 1 am stärksten war. Die abgeschiedene Flüssigkeit erwies sich als Alkohol.

Die Lagerbeständigkeitsversuche werden fortgesetzt.

#### IV. Zusammenfassung

Motorische Vorversuche mit drei synthetischen Kraftstoffen, die mit Zusatzmitteln auf die Oktanzahl 74 gebracht wurden, zeigten, daß die verwendeten Kraftstoffe einen Einfluß auf die Alterung des Schmieröls ausüben. Die physikalisch-chemischen Kennwerte der einzelnen Schmierölproben lassen allerdings kein ganz klares Bild erkennen. Immerhin konnte man daraus entnehmen, daß mit Bleitetraäthyl versetztes Hydrierbenzin sich ungünstiger auf das Schmieröl auswirkt als alkoholhaltiges Hydrierbenzin und Fischer-Tropsch-Benzin mit Alkohol-Benzol-Zusatz. Dies wurde durch Untersuchung der Schmierölproben nach dem Noack'schen Ver-

fahren bestätigt. Außerdem zeigten diese Vorversuche, daß das Schmieröl bei Verwendung von Bleibenzin mehr zur Ölkohlebildung neigt, als bei den beiden anderen Kraftstoffen.

Für die Neigung eines Kraftstoffes zur Dampfblasenbildung, die den Kraftstoffzufluß erheblich stören kann, ist sein Dampfdruck maßgebend. Die alkoholhaltigen Kraftstoffe wiesen wesentlich höhere Dampfdrücke als das Bleibenzin auf. Nennenswerte Metallanfressungen traten nur bei dem alkoholhaltigen Hydrierbenzin auf, jedoch auch hier nur bei  $100^{\circ}$ . Die Harzbildung wird vor allem bei höheren Temperaturen durch die Einwirkung einzelner Metalle und Leichtmetalllegierungen teilweise sehr gefördert. Eine Ausnahme macht hier das Bleibenzin.

Die Lagerbeständigkeitsversuche haben bis jetzt ergeben, daß bleihaltige Kraftstoffe im Dunkeln eine geringe Rückstandsbildung haben, die aber durch Tageslicht sehr stark gefördert wird. Beim Mischen des bleitetraäthylhaltigen Kraftstoffes mit dem Fischer-Tropsch-Gemisch tritt Entmischung ein, worauf beim Zapfen verschiedener Kraftstoffe zu achten ist.

Die Versuche werden mit weiteren, vor allem mit den jetzt in den Handel kommenden bleihaltigen Kraftstoffen fortgesetzt, wobei später noch verschiedene Schmieröle Verwendung finden sollen.

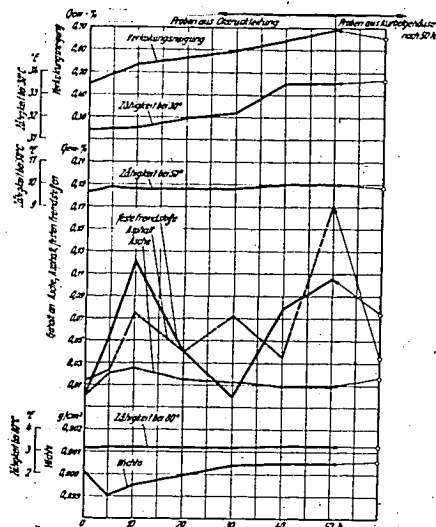


Abb. 1 Änderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften eines handelsüblichen Schmieröls durch Einfluß von Fischer-Tropsch-Gemisch

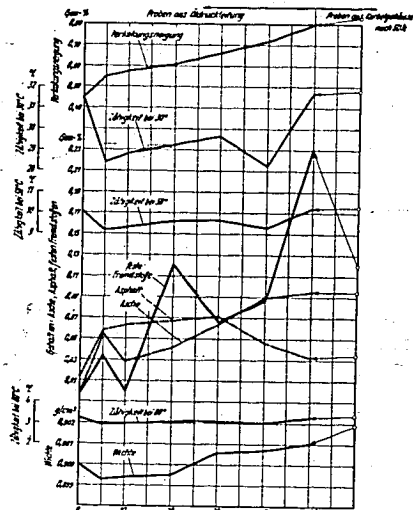


Abb. 2 Änderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften eines handelsüblichen Schmieröls durch Einfluß von verbleitem Hydrierbenzin

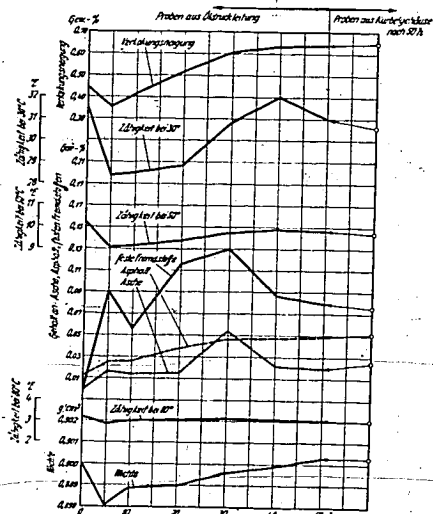


Abb. 3 Änderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften eines handelsüblichen Schmieröls durch Einfluß von alkoholischen Hydrierbenzin

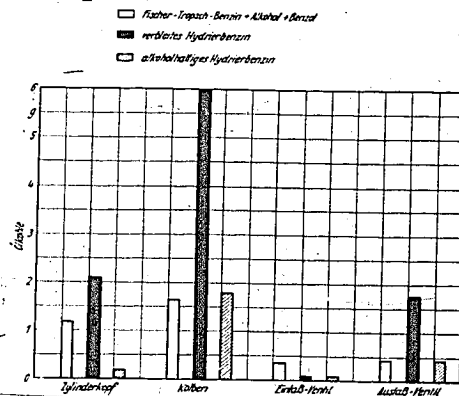


Abb. 4 Ölkohlerückstände für ein handelsübliches Schmieröl im FKFS-Prüfmotor bei Verwendung von Kraftstoffen gleicher Oktanzahl

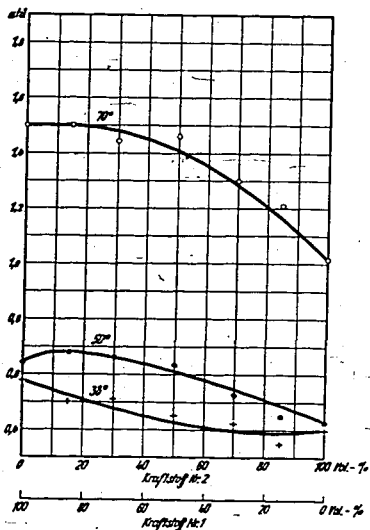


Abb. 5 Dampfdruckkurven von Gemischen bei verschiedenen Temperaturen

Kraftstoff Nr. 1 = Fischer-Tropsch-Gemisch  
Kraftstoff Nr. 2 = Verbleitetes Hydrierbenzin

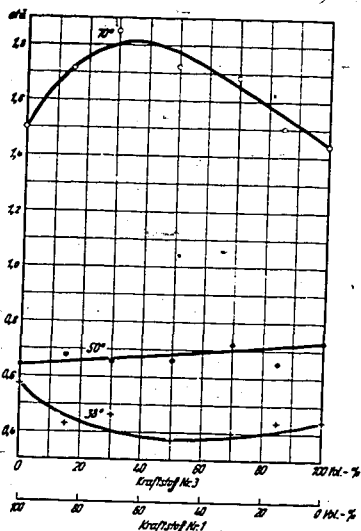


Abb. 6 Dampfdruckkurven von Gemischen bei verschiedenen Temperaturen

Kraftstoff Nr. 1 = Fischer-Tropsch-Gemisch  
Kraftstoff Nr. 2 = Alkoholhaltiges Hydrierbenzin

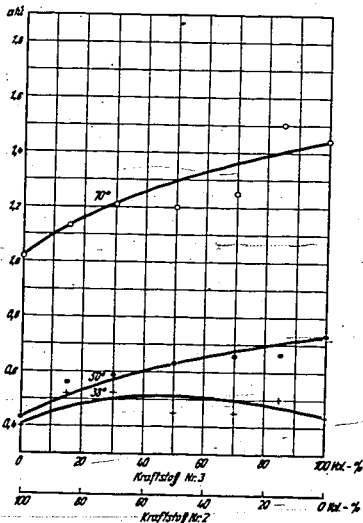


Abb. 7 Dampfdruckkurven von Gemischen bei verschiedenen Temperaturen

Kraftstoff Nr. 2 = Verbleitetes Hydrierbenzin  
" " 3 = Alkoholhaltiges Hydrierbenzin

## Abb. 8 bis 27

Mikroskopische Aufnahmen von Korrosionsschäden an verschiedenen Leichtmetalllegierungen für die untersuchten Kraftstoffe

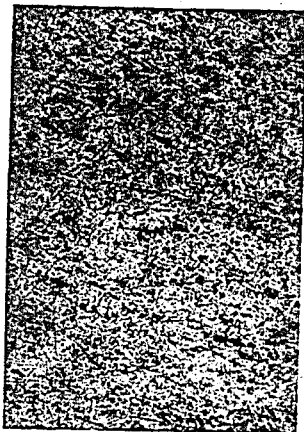


Abb. 8 ECY-Legierung,  
gepreßt



Abb. 9 EC 124 gepreßt

vor der Einwirkung der Kraftstoffe Nr. 1, 2 und 3

Abb. 10 - 12 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 1 auf ECY-Legierung

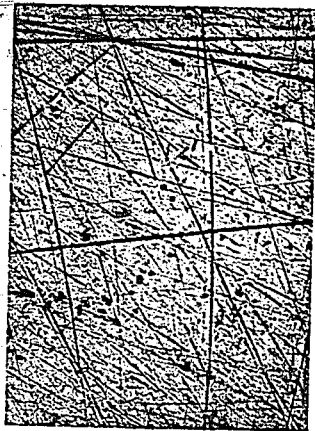


Abb. 10 Nach 24 h  
bei 50° (geschliffen)

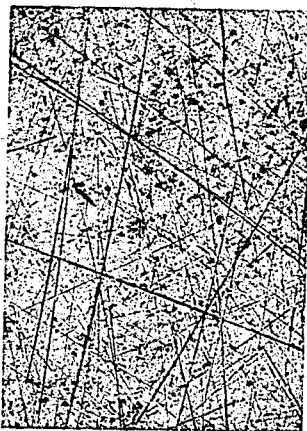


Abb. 11 Nach 24 h bei  
100° (geschliffen)



Abb. 12 Nach 24 h bei  
150° (geschliffen)

Abb. 13 - 15 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 1 auf EC 124

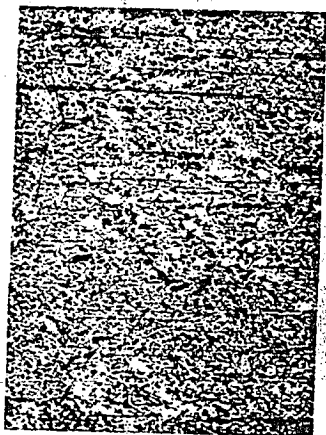


Abb. 13 Nach 24 h  
bei 50° (geschliffen)

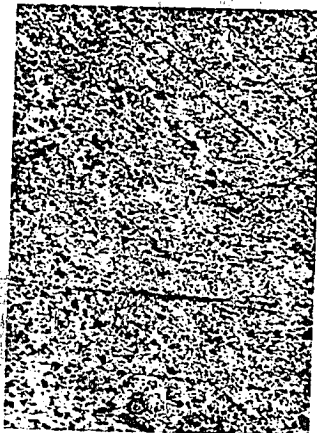


Abb. 14 Nach 24 h bei  
100° (geschliffen)

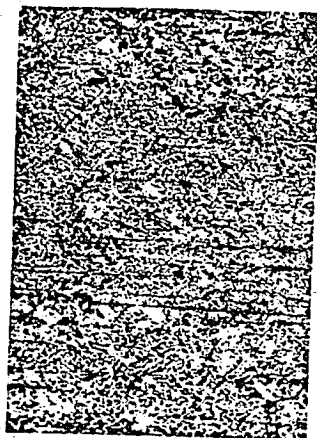


Abb. 15 Nach 24 h  
bei 150° (geschliffen)

Abb. 16 - 18 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 2 auf ECY-Legierung

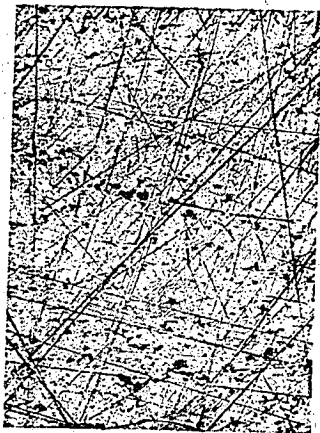


Abb. 16 Nach 24 h  
bei 50° (geschliffen)



Abb. 17 Nach 24 h bei  
100° (geschliffen)



Abb. 18 Nach 24 h  
bei 150° (geschliffen)

Abb. 19 - 21 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 2 auf EC 124

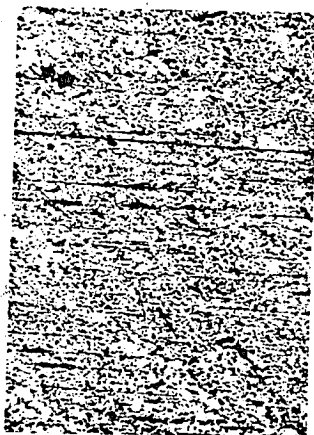


Abb. 19 Nach 24 h  
bei 50° (geschliffen)

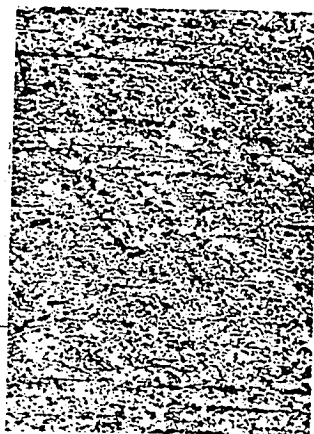


Abb. 20 Nach 24 h  
bei 100° (geschliffen)

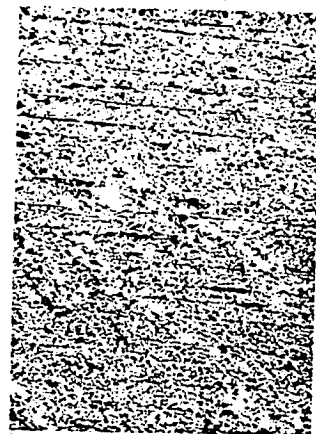


Abb. 21 Nach 24 h  
bei 150° (geschliffen)

Abb. 22 - 24 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 3 auf ECY-Legierung

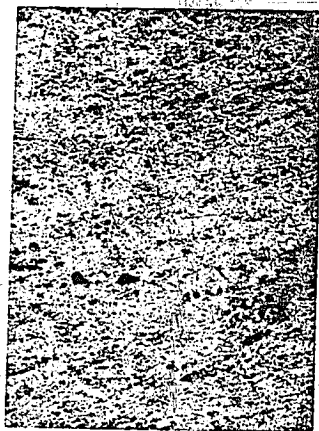


Abb. 22 Nach 24 h  
bei 50° (geschliffen)



Abb. 23 Nach 24 h  
bei 100° (geschliffen)



Abb. 24 Nach 24 h  
bei 150° (geschliffen)

Abb. 25 - 27 Einwirkung von Kraftstoff Nr. 3 auf EC 124



Abb. 25 Nach 24 h bei 50° (geschliffen)



Abb. 26 Nach 24 h bei 100° (geschliffen)

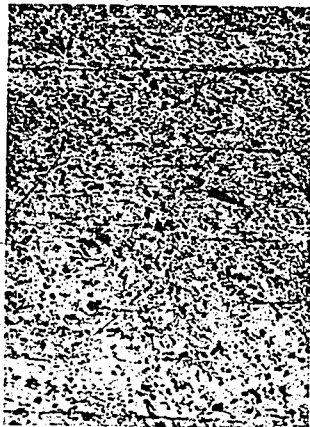


Abb. 27 Nach 24 h bei 150° (geschliffen)