

beschleunigern ist grundsätzlich vergleichbar mit den Antiklopffmittelkurven, d. h. geringe Zusätze wirken verhältnismäßig stärker als höhere Zusätze. (Abb. 36).

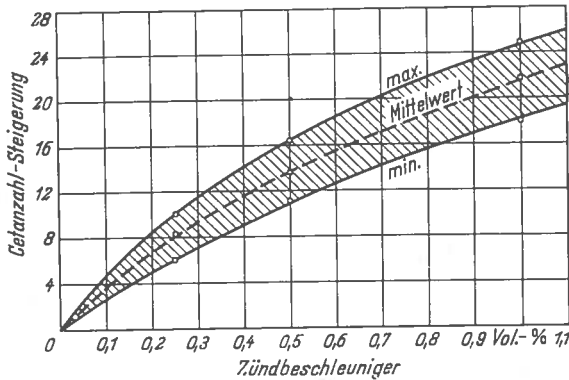


Abb. 36. Streuband der Wirksamkeit von Kerobrisol MAR in zehn Dieselmotorkraftstoffen verschiedener Zusammensetzung (CaZ zwischen 48,0 und 59,0).

Für den Betrieb der Vielstoffmotoren mit Ottokraftstoffen wird vielfach die Verbesserung der Zündwilligkeit, insbesondere von zündträgen Superbenzinen mit hoher Octanzahl angestrebt. Die Zündwilligkeit von Superbenzinen liegt etwa in dem Bereich 0 bis 10 CaZ und diejenige von Normalbenzinen etwa bei 10 bis 20 CaZ. Durch Zusatz eines Zündbeschleunigers wird die Zündwilligkeit von Ottokraftstoffen verbessert, die Klopfestigkeit jedoch naturgemäß verschlechtert. Die Beeinflussung von OZ und CaZ von Ottokraftstoffen durch Zündbeschleuniger ist wiederum abhängig von der Struktur der Kraftstoffe. Angestrebt wird eine starke Steigerung der Cetanzahl unter möglichst geringer Verschlechterung der Octanzahl.

In Abb. 37 ist die Verbesserung der Zündwilligkeit eines Superbenzins durch Zugabe von Kerobrisol dargestellt. Mit einer Zusatzmenge von beispielsweise 0,4 Vol.-% wird die CaZ 2,0 des Superbenzins um 18 CaZ-Einheiten auf CaZ 20

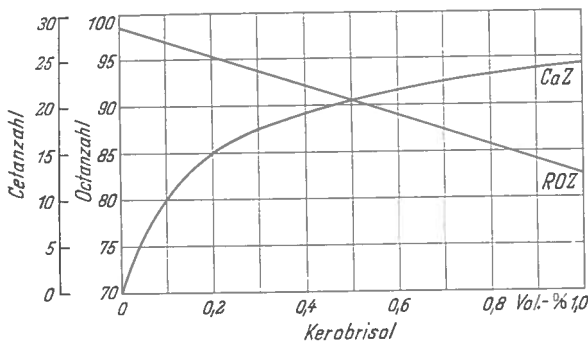


Abb. 37. Veränderung der CaZ und der ROZ eines Superbenzins durch Zugabe eines Zündbeschleunigers.

verbessert. Die ROZ 98,0 des Superbenzins wird dabei auf ROZ 92,0 um 6 OZ-Einheiten verringert und kann trotz wesentlich günstigerer Zündwilligkeit noch als Normalbenzin verwendet werden¹.

¹ WOLF, W.: Die Cetanzahl als Maß der Zündwilligkeit von Ottokraftstoffen; Erdöl u. Kohle 4 (1962) 282—285. — Die Cetanzahl zündträger Kraftstoffe; Brennst.-Chemie 9 (1962) 257—260.

10. Wirkung von Motorenschmieröl

Es ist bekannt, daß der Lauf eines Dieselmotors bei Verwendung zündträger Kraftstoffe durch Zusatz von Motorenschmieröl verbessert werden kann. Versuche haben ergeben, daß die Zündwilligkeit eines unlegierten oder legierten Motorenschmieröles der Viskositätsklasse SAE 20 im Mittel 50 CaZ beträgt. Handelsübliche Dieselmotorkraftstoffe, deren Cetanzahlen zumeist zwischen 55 und 65 CaZ liegen, können somit durch Schmieröl nicht verbessert werden. In Abb. 38

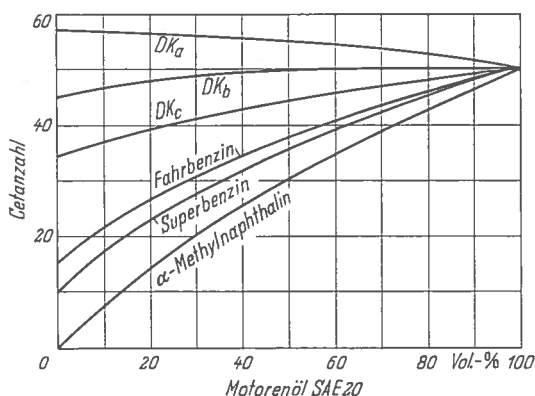


Abb. 38. Einfluß von Motorenschmieröl auf die Zündwilligkeit verschiedener Kraftstoffe.

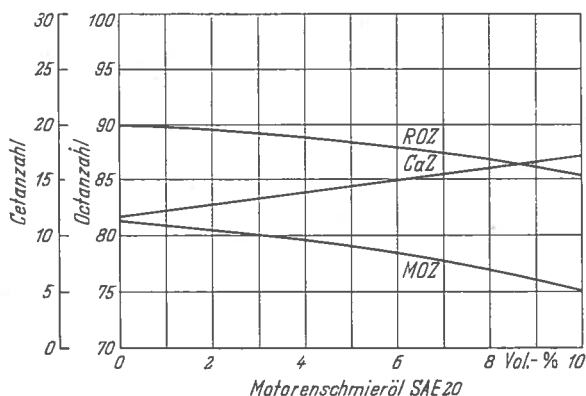


Abb. 39. Veränderung der ROZ, MOZ und CaZ eines Normalbenzins durch Zusatz eines Motorenschmieröls SAE 20.

ist der Verlauf der Wirksamkeit von Motorenschmieröl in 3 verschiedenen zündwilligen Dieselmotorkraftstoffen sowie in Fahrbenzin, Superbenzin und α -Methylnaphthalin dargestellt.

Naturgemäß wird die Klopfestigkeit von Ottokraftstoffen durch Zugabe von Motorenschmieröl verringert. In welchem Maße die Zündwilligkeit eines Normalbenzins verbessert werden kann und wie dabei die ROZ bzw. MOZ absinkt, ist in Abb. 39 gezeigt.

Der Einfluß von Motorenschmieröl auf die Zündwilligkeit von Kraftstoffen ist hier nur der Vollständigkeit halber dargestellt worden, praktisch hat Motorenschmieröl als zündbeschleunigende Komponente keine Bedeutung.

11. Verhältnis Octanzahl/Cetanzahl

Bereits vor etwa 30 Jahren hat W. WILKE die Gleichungen für das Verhältnis von Octanzahl zu Cetanzahl wie folgt angegeben:

I. $OZ = 120 - (2 \cdot CaZ)$; II. $CaZ = 60 - (0,5 \cdot OZ)$.

Die Gleichung wurde aus den Meßwerten für die 4 im Diagramm (Abb. 40) eingetragenen Bezugskraftstoffe empirisch ermittelt.

Die Daten für die Bezugskraftstoffe werden aus der Gleichung wie folgt errechnet:

Cetan = - 80 OZ, i-Octan = + 10 CaZ,
 α -Methylnaphthalin = + 120 OZ, n-Heptan = + 60 CaZ.

Bemerkenswert ist, daß ein Kraftstoff mit der Octanzahl 40 nach der Formel eine Cetanzahl von ebenfalls 40 ergibt.

Obwohl teilweise Abweichungen auftreten können, ist die Wilke-Formel als Faust-Formel gut anwendbar.

Früher wurde die Cetanzahl ausschließlich von Dieselmotoren bestimmt. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Übereinstimmung der Ergebnisse bei Verwendung von Prüfmotoren mit verschiedenen Verbrennungsverfahren (Direkt-einspritzer, Vorkammer, Wirbelkammer) durchaus zufriedenstellend war. An Hand der neuesten Untersuchungen bei der Bestimmung der Zündwilligkeit von Ottokraftstoffen muß diese Feststellung insofern eingeschränkt werden, als der Direkteinspritzmotor anscheinend etwas höhere Cetanzahlwerte liefert als der Wirbelkammer- bzw. Vorkammermotor.

Abb. 41 zeigt eine Gegenüberstellung der Octan- und Cetanzahlen von wichtigen und gebräuchlichen Kraftstoffen.

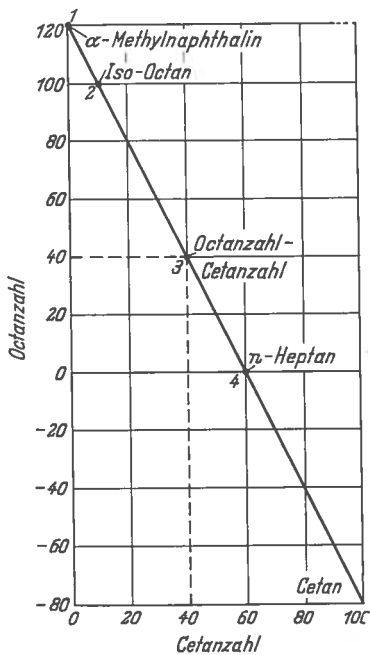


Abb. 40. Verhältnis Octanzahl zu Cetanzahl nach der Wilke-Formel.

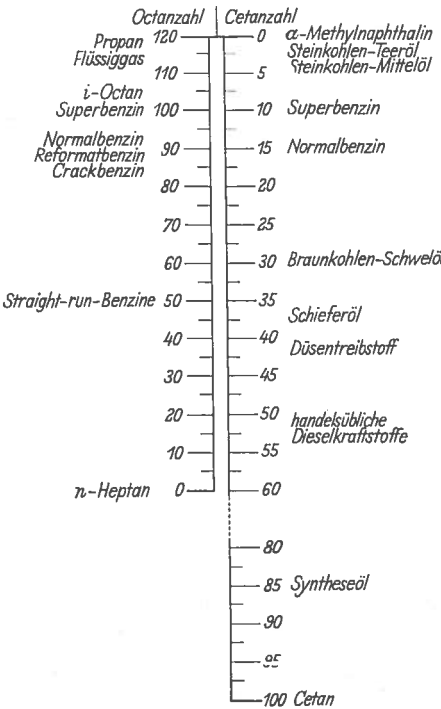


Abb. 41. Octanzahlen und Cetanzahlen verschiedener Kraftstoffe und einiger reiner Kohlenwasserstoffe.

12. Mischcetanzahl

Normale Prüfdieselmotoren haben eine untere Meßgrenze von etwa CaZ 30. Soll in einem solchen Prüfaggregat ein Kraftstoff mit einer niedrigeren Cetanzahl gemessen werden, wird die Untersuchung über die Mischcetanzahl durchgeführt. Dabei wird ein Kraftstoff bekannter hoher CaZ mit dem zu untersuchenden Kraftstoff in bestimmtem Verhältnis gemischt und die nun wieder über der unteren Meßgrenze des Prüfdieselmotors liegende Cetanzahl der Mischung bestimmt.

Aus folgender Mischformel ist dann die gesuchte CaZ zu errechnen:

$$ax + by = 100z,$$

$$x = \frac{100z - by}{a},$$

wobei x = gesuchte CaZ eines Kraftstoffes, y = bekannte CaZ eines Kraftstoffes, z = ermittelte CaZ der Mischung, a = Anteil von x in der Mischung und b = Anteil von y in der Mischung ist.

Grundsätzlich sollte der Anteil des zu untersuchenden Kraftstoffes in der Mischung möglichst groß sein. Um dennoch in jedem Fall über die untere Meßgrenze hinauszukommen, muß eine Mischkomponente mit hoher Cetanzahl verwendet werden. Es wird daher empfohlen, die Mischung 75 Vol.-% des zu untersuchenden Kraftstoffes + 25 Vol.-% Cetan zu verwenden.

In Abb. 42 sind die Ergebnisse der CaZ-Bestimmung eines Dieseldieselfkraftstoffes sowie eines Normalbenzins in verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Cetan

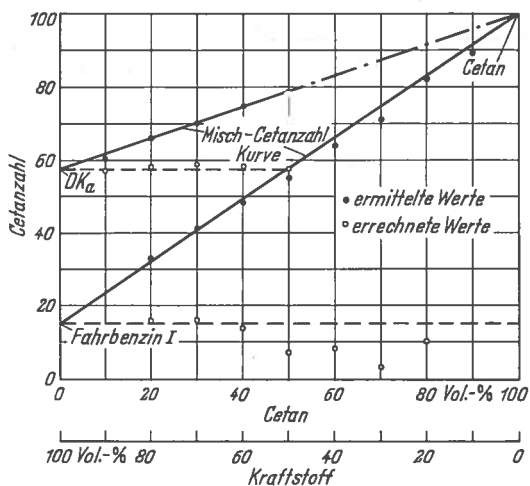


Abb. 42. Mischcetanzahlen eines Dieseldieselfkraftstoffes und eines Normalbenzins in Mischung mit Cetan.

in Form von 2 Geraden in das Diagramm eingezeichnet. Die daraus für den Dieseldieselfkraftstoff und das Normalbenzin errechneten Cetanzahlen sind ebenfalls eingetragen. Es ist daraus zu ersehen, daß die aus den verschiedenen Mischungen errechneten Mischcetanzahlen für das Normalbenzin zu stark streuen.

Es wurde verschiedentlich vorgeschlagen, auch bei der Bestimmung der Octanzahl auf eine Kraftstoffeigenschaft zurückzugreifen, wie sie der Zündverzögerung bei der Cetanzahlmessung darstellt. Dies ist auf Grund der modernen Verbrennungstheorie möglich, nach der auch das Klopfen auf eine Selbstzündung zurückgeführt

wird. Ihre Kenntnis müßte dann geeignet sein, das Verhalten im Motor abhängig von Bauart und Betriebsbedingungen zu erklären. Als Grundlage für ein solches Prüfverfahren kann die von SEMENOFF¹ auf Grund der Kettenreaktionstheorie für den Zündverzögerung Z_x (m/sec) aufgestellte Beziehung

$$Z_x = a \frac{e^{b/T}}{p^n}$$

gelten.

Hierin bedeuten T die Temperatur in °K und p der Druck in ata, sowie a , b und n vom Kraftstoff abhängige Konstanten, die für bestimmte Druck- und Temperaturunterschiede als unverändert angesehen werden können. Von WITSCHAKOWSKI² wurden die Konstanten a , b und n für eine Anzahl von Kohlenwasserstoffen und sauerstoffhaltigen Verbindungen aus Zündverzögerungsmessungen im Motor ermittelt, und er konnte nachweisen, daß die Druck- und Temperaturabhängigkeit beim Zünd- und Klopfvorgang durch die Konstanten b und n und die Empfindlichkeit eines Kraftstoffes gegenüber klopfverbessernden oder zündbeschleunigenden Zusätzen durch den Wert a wiedergegeben werden kann. Ihre Kenntnis ist also geeignet, das Verhalten eines Kraftstoffes im Motor abhängig von Bauart und Betriebsbedingungen zu erklären. Grundsätzlich kann man sagen, daß ein Kraftstoff mit hohem a -Wert klopfest, d. h. wenig zündwillig ist; wie er sich im Vergleich zu einem anderen Kraftstoff gleichen a -Wertes in einem anderen Motor und unter anderen Betriebsbedingungen verhält, darüber geben seine b - und n -Werte Aufschluß. Die Untersuchungen beweisen demnach auch, daß für die Beurteilung des Klopfverhaltens drei Kennwerte erforderlich sind, womit bestätigt würde, daß mit einer Größe, wie es die Octanzahl ist, nicht der Vorgang erklärt werden kann. Hier dürften die Möglichkeiten gegeben sein, tatsächlich Materialkonstanten für das Klopfverhalten der Kraftstoffe zu ermitteln.

Ähnlich sind die Untersuchungen zu werten, die von DEUBLEIN³ durchgeführt wurden, um mittels eines graphischen Verfahrens das Klopfverhalten eines Kraftstoffes auf Grund des Zündverzögerung zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden die Zusammensetzung des Gemisches im Zylinder nach dem Ansaugen und der Druckanstieg bei Verdichtung und Verbrennung für verschiedene Betriebsbedingungen berechnet. Die von Druck und Temperatur abhängige Zündverzögerung bestimmt, ob die Explosion vor dem Ende der normalen Verbrennung des Gemisches eintritt oder nicht. Das nach diesem Verfahren ermittelte Klopfverhalten stimmt mit Versuchen überein, die an laufenden Motoren durchgeführt wurden.

¹ SEMENOFF, G.: Chemical Kinetics and Chain Reactions. Oxford 1935.

² WITSCHAKOWSKI, W.: Über eine einheitliche, auf Zündverzögerungsmessung beruhende Bewertung von Kraftstoffen. Diss. Karlsruhe 1949.

³ DEUBLEIN, O.: Graphische Prüfung der Klopfestigkeit eines Brennstoffes auf Grund des Zündverzögerung. Forsch.-Arb. Ing.-Wes. 16 (1949) 51.