

Nur zum Dienstgebrauch im Geschäftsbereich des Empfängers

79

000595

Deutsche Kraftfahrtforschung

im Auftrage des

Reichs-Verkehrsministeriums

TECHNISCHER FORSCHUNGSBERICHT

Zwischenbericht Nr. 54

über ein

Motorisches Verfahren zur Prüfung von Dieselmotoren

Bearbeiter: H. Ernst
W. Gross

— Bericht aus dem
Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren
an der Technischen Hochschule Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. 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 Verschluss zu halten.

000596

Deutsche Kraftfahrtforschung

im Auftrage des

Reichs-Verkehrsministeriums

TECHNISCHER FORSCHUNGSBERICHT

Zwischenbericht Nr. 54

über ein

Motorisches Verfahren zur Prüfung von Dieselmotoren

Bearbeiter: H. Ernst
W. Gross

Bericht aus dem
Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren
an der Technischen Hochschule Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. W. Kamm

Bibliothek

der
Ruhrchemie Aktiengesellschaft
Oberhausen-Holten

Eingetragen unter

Nr. ~~210 33~~ 1065

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 Ver-
schluß zu halten.

Übersicht

Zur Klärung des Einflusses der verschiedenen Betriebszustände auf den Zündverzug wurden Untersuchungen mit Hilfe eines besonders entwickelten Meßverfahrens durchgeführt. Die unter Verwendung dieses Verfahrens durchgeführte Kraftstoffprüfung bewertet den Kraftstoff nach der Länge seines Zündverzugs.

Gliederung

- I. Stand der Prüfverfahren für Dieselmotorkraftstoffe
 1. Laboratoriumsverfahren
 2. Prüfung in Verbrennungsbomben
 3. Motorische Prüfverfahren
- II. Untersuchungen über die Einflüsse auf den Zündverzug
 1. Meßgeräte
 2. Ergebnisse
- III. Kraftstoff-Prüfung mit dem F K F S - Verfahren
- IV. Schlußbemerkung

Der Bericht umfaßt: 10 Seiten Beschreibung,
9 Abbildungen.

Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen
und Fahrzeugmotoren an der
Technischen Hochschule Stuttgart

Abteilungsleiter:

Bearbeiter:

L. H u b e r

H. E r n s t / W. G r o s s

Stuttgart, den 22. Dezember 1938 .

Stand der Prüfverfahren für Dieselkraftstoffe

Die Beurteilung von Dieselkraftstoffen verlangt neben anderen Messungen hauptsächlich die Feststellung des Zündverhaltens, für das man drei verschiedene Verfahrensarten kennt:

1. Laboratoriumsverfahren,
2. Prüfung in Verbrennungsbomben,
3. Motorische Prüfverfahren.

1. Die Laboratoriumsverfahren wurden entwickelt, um die Prüfung sowohl hinsichtlich Dauer wie Umfang möglichst weitgehend zu vereinfachen und um die Umsetzung des Kraftstoffes unter motorischen oder motorähnlichen Aufwendungen zu vermeiden. Zur Wertung des Zündverhaltens werden gewisse chemische oder physikalische Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe verwendet, die einen empirisch gefundenen Zusammenhang mit dem Zündverhalten aufweisen.

Das von Kreulen [1] angegebene Verfahren bestimmt mit Hilfe der Ringanalyse die Anteile der verschiedenen, gut und schlecht zündenden Kohlenwasserstoffe und hieraus mit einer empirisch aufgestellten Gleichung den Cetenwert des Kraftstoffs.

Weitere Verfahren verwenden den ebenfalls empirisch festgestellten Zusammenhang einer einzelnen physikalischen Größe mit dem Zündverhalten. Solche Größen sind Dieselindex bzw. Anilinpunkt, Brechungsindex, Heizwert, Kohlenstoff-Wasserstoffverhältnis, Zähigkeits-Dichteverhältnis, Parachor bzw. Dichte.

Heinze und Marder [2] haben darauf hingewiesen, daß außer einer dieser Größen auch jeweils das Molekulargewicht bzw. die dem Molekulargewicht ungefähr verhältliche Siedekennziffer zu berücksichtigen ist. Je größer das Molekulargewicht einer Kohlenwasserstoffreihe, desto größer ist die Zerfallsneigung und damit desto besser die Zündeigenschaft.

Bei der Zündwertermittlung mit dem Zündwertprüfer nach Jentzsch werden Kraftstofftropfen dem veränderlichen Einfluß von Sauerstoffdichte und Temperatur unter gewöhnlichem Luftdruck ausgesetzt. Sauerstoffblasenzahl, Temperatur und Zündverhalten bilden die Grundlage für die Ermittlung einer Vergleichszahl für den Cetenwert.

Diese Laboratoriumsverfahren sind sehr einfach im Aufbau und deshalb billig in der Anschaffung. Die Wiederholbarkeit der Ergebnisse ist im allgemeinen gut; auch die Zündwertprüfung soll neuerdings durch Berücksichtigung des Einflusses der Luftverhältnisse gut wiederholbare Ergebnisse liefern. Die Bewertung des Kraftstoffs wird unabhängig von einer bestimmten Motorausführung durchgeführt.

Diesen Vorteilen steht, da der Vergleich empirisch gewonnen wird, der Nachteil einer gewissen Abweichmöglichkeit von den mo-

Die in eckigen Klammern befindlichen Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

torisch ermittelten Werten gegenüber, die auch bei dem jetzigen Entwicklungsstand der Verfahren noch vorhanden ist.

Eine Bewertung des Kraftstoffs muß stets von seinem Verhalten im Motor und damit auch im Prüfmotor ausgehen. In dem Maße, wie es den Laboratoriumsverfahren gelingt, die motorische Bewertung zu treffen, können sie im jeweiligen Falle an deren Stelle treten, diese jedoch nie ausschalten.

2. Die Prüfung in Verbrennungsbomben ist unter Verhältnissen möglich, welche den im Motor während der Einspritzung und Zündung herrschenden Zuständen im wesentlichen entsprechen. Da die Verbrennung unter gleichbleibenden Raumverhältnissen vor sich geht, weicht sie von dem Vorgang im Motor vor allem in der zweiten Hälfte ab. Die Abweichung während der Zeit des Zündverzugs ist offensichtlich gering. Wie den Messungen von Selden [3] zu entnehmen ist, ergeben sich bei richtiger Wahl der Versuchsbedingungen Zündverzugswerte der gleichen Größe, wie sie bei Verwendung des gleichen Kraftstoffs im Motor beobachtet werden.

Mikkailowa und Neumann [4] führten eine vollständige Cetenbewertung in einer Verbrennungsbombe auf der Grundlage der Zündverzugsbestimmung durch und verglichen sie mit den im Waukesha-Motor festgestellten Werten. Die Ergebnisse in der Bombe zeigten mit den motorisch ermittelten Werten innerhalb der versuchsmäßigen Fehlergrenzen gute Übereinstimmung.

In der Bombe ist somit eine Prüfung des Kraftstoffs auf der Grundlage der Zündverzugsfeststellung an sich möglich. Die Prüfung ist jedoch sehr zeitraubend und der Umfang der gesamten Versuchsanlage ist so groß, daß die Verbrennungsbombe für eine praktische Kraftstoffprüfung wohl nicht in Frage kommen kann.

3. a) Eine erste Gruppe von motorischen Prüfverfahren prüft den Kraftstoff in dem Grenzfall eines Betriebszustandes, z.B. beim kleinsten Verdichtungsverhältnis oder beim niedersten Ansaugdruck, bei dem noch Zündung eintritt. Der Kraftstoff wird dabei nach der Lage dieses Grenzfalls im Vergleich zu der von entsprechenden Bezugs-Kraftstoffmischungen bewertet.

Diese Verfahren kennzeichnen im wesentlichen das Anlaßverhalten des Kraftstoffs.

An praktischen Prüfverfahren dieser Art ist das Verfahren von Pope und Murdock [5] bekannt, welches das kleinste sogenannte kritische Verdichtungsverhältnis des Kraftstoffs bestimmt. Durch die lange Einspritzzeit von 3 s ist bei Nichtzündung die Gefahr der Verschmutzung des Brennraums vorhanden.

Die Waukesha Motor Co. verbesserte dieses Verfahren, indem auf 60 Umdrehungen jeweils nur 2 Brennstoffschüsse gegeben werden.

Beim DVL-Aussetzerverfahren wird die Verdichtung so weit herabgesetzt, bis sich Aussetzer zeigen.

Beim Prüfverfahren des Heereswaffenamts [6] wird durch Verändern der Drosselstellung derjenige Unterdruck eingestellt, bei dem mit 10 aufeinander folgenden Einspritzungen noch Zündung eintritt. Um eine Aufheizung des Brennraums zu vermeiden, erfolgen die Einspritzungen in Abständen von je 10 s.

Die praktisch in Anwendung befindlichen Anlaßverfahren haben den Vorzug verhältnismäßig geringen baulichen Aufwands und leichter Bedienbarkeit. Das Einhalten von Grenzbedingungen hat jedoch zur Folge, daß z.B. Zündverzüge bis 180° KW auftreten können, daß die Zündung u.U. von Reaktionen ausgeht, die sich im Zündungsverhalten vom eingespritzten Kraftstoff erheblich unterscheiden können und daß ferner der Zündungsvorgang sich bei Temperaturen von 250 bis 400 °C gegenüber dem üblichen Motorbetrieb bei 500 bis 800 °C abspielt.

Das Anlaßverhalten eines Kraftstoffs ist also nicht ohne weiteres auf den üblichen Betriebszustand eines Motors zu übertragen.

b) die zweite Gruppe der motorischen Verfahren prüft den Kraftstoff bei gewöhnlichem Arbeiten des Motors unter Beurteilung einer den Betriebszustand kennzeichnenden Größe wie z.B. des Verdichtungsverhältnisses oder des Zündverzugs.

Es ist zweckmäßig, diese Prüfung unter motorisch schwierigen Verhältnissen durchzuführen, also z.B. mit unmittelbarer Einspritzung, weil die so geprüften Kraftstoffe bei Motoren mit konstruktiven Zünderleichterungen keinesfalls versagen werden.

Bei der Bewertung des Kraftstoffs wird der Einfluß der Kraftstoffeigenschaft auf eine Veränderliche festgestellt, während der übrige Betriebszustand unverändert gehalten wird. Als veränderliche Größe kann die Einspritzmenge nicht verwendet werden, da sie praktisch keinen Einfluß auf den Zündungsvorgang hat. Ferner sind auch die Drehzahl und der Spritzbeginn wegen meßtechnischer Schwierigkeiten vorerst nicht verwendbar, so daß sich bis jetzt nur Verfahren bei veränderlicher Verdichtung und bei veränderlichem Zündverzug durchsetzen konnten.

Das Verfahren mit veränderlicher Verdichtung wurde in Amerika am CFR-Motor von Schweitzer und Hetzel [7] entwickelt. Auch in neuester Zeit [8] wurde von der A.S.T.M. dieses Verfahren unter Verwendung einer von Rendel entwickelten Meßanordnung zur Bestimmung des Zündverzugs als einheitliches Prüfverfahren für Dieselmotoren vorgeschlagen.

Das bekannte Verfahren der -I.G. Farben [9] prüft auf der gleichen Grundlage. Die genaue Gleichhaltung des Zündverzugs wird bei diesem Verfahren dadurch gewährleistet, daß der Verlauf des Verbrennungsdrucks mit einer Braun'schen Röhre aufgenommen wird und der durch einen Einspritzkontakt und den Knick im Druckdiagramm gekennzeichnete Zündverzug durch ein besonderes Zeitablenkgerät auseinandergezogen wird.

Das Verfahren mit veränderlicher Verdichtung und gleichbleibendem Zündverzug bietet zweifellos gewisse meßtechnische Vorteile. Die Verdichtungsstellung kann sehr genau bestimmt werden. Das

Ende des Zündverzugs, der mit dem Einsetzen der Zündung verbundene Druckanstieg, kann in die Nähe des o. T. gelegt werden, so daß er verhältnismäßig leicht bestimmt werden kann, insbesondere bei niedriger Drehzahl. Der gesamte praktisch in Frage kommende Cetenzahlbereich kann mit der gleichen Grundeinstellung durchgemessen werden. Mit der Veränderung der Verdichtung ist jedoch grundsätzlich eine Veränderung des Brennraums verbunden. Die Kraftstoffe werden bei sehr unterschiedlichen Temperaturzuständen im Motor geprüft, was bei dem Verstellbereich der Verdichtung von 10 bis 25 nicht ohne Einfluß sein dürfte.

Das Prüfverfahren, das bei gleichbleibendem Verdichtungsverhältnis den Kraftstoff nach der Länge seines Zündverzugs bewertet, wurde von Boerlage zuerst vorgeschlagen. Nach seinem Vorbild wurde auch bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt an einem Slowak-Einzylindermotor ein Verfahren entwickelt, bei dem die Prüfung des Kraftstoffs durch Zündverzugsbestimmung bei verschiedenen, aber jeweils gleichbleibenden Verdichtungsstufen durchgeführt wird.

Die Untersuchung des Kraftstoffs nach der Länge seines Zündverzugs entspricht den praktischen Motorbedingungen am besten. Dagegen ist dieses Verfahren meßtechnisch am schwierigsten zu beherrschen, denn einerseits kann der Zündbeginn je nach der Güte des Kraftstoffs wesentlich vor oder nach O. T. liegen und ist damit aus einem Druckdiagramm nicht ohne weiteres mit ausreichender Genauigkeit feststellbar. Andererseits nimmt der Zündverzug mit höherer Cetenzahl immer weniger ab, so daß bei Kraftstoffen mit sehr guter Zündwilligkeit eine große Meßgenauigkeit erforderlich ist. Gegen dieses Verfahren wird weiter noch eingewendet, daß gute Kraftstoffe zu kurze, schlechte Kraftstoffe aber zu lange Zündverzugszeiten ergeben [10]. Diese Verhältnisse werden sich jedoch auch im praktischen Motorbetrieb zeigen, der ja gleichbleibendes Verdichtungsverhältnis voraussetzt.

Wenn man auch im Gegensatz zu den Prüfverfahren an Otto-Motoren nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen [11] besonders bei gleichartigen Verfahren verhältnismäßig geringe Unterschiede in der Beurteilung der Dieselmotorkraftstoffe feststellen konnte, so sollte man doch bestrebt sein, das Prüfverfahren den beim praktischen Motorbetrieb vorliegenden Verhältnissen möglichst weitgehend anzupassen.

Das im Stuttgarter Kraftfahrinstitut entwickelte Prüfverfahren für Dieselmotorkraftstoffe führt deshalb die Bewertung nach der Länge des Zündverzugs durch und läßt den übrigen Betriebszustand des Motors unverändert.

Untersuchungen über die Einflüsse auf den Zündverzug

1. Meßgeräte

Der für die Messungen verwendete FKFS-Dieselmotormotor wurde für grundsätzliche Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Motor und Kraftstoff entwickelt. Ohne besondere bauliche Änderungen kann an diesem Motor in kurzer Zeit eine weitgehende Änderung der Betriebsverhältnisse durchgeführt werden. Bei 100 mm Bohrung und 130 mm Hub beträgt der Hubraum 1 Liter.

Die höchste Betriebsdrehzahl liegt bei 2500 U/min. Kurzzeitig kann auch mit 3000 U/min gefahren werden. Der Zylinderkopf erlaubt den Betrieb des Motors sowohl nach dem Otto- wie auch nach dem Dieserverfahren. Durch einfaches Umstecken von Brennern, Einsätzen und Einspritzdüsen können vier verschiedene Dieselarbeitsverfahren verwirklicht werden:

unmittelbare Einspritzung,
Vorkammer-,
Luftspeicher- und
MAN - Schußkanalverfahren (Abb. 1).

Dabei ist auf die möglichst genaue Angleichung an die Ausführung handelsüblicher Motoren geachtet worden. Für die ausschließliche Verwendung als Kraftstoffprüfmotor ist eine vereinfachte Ausführung des Zylinderkopfes vorgesehen. Mit Hilfe eines Schnecken- und Schraubentriebes kann die Zylinderstellung gegenüber dem Kurbelgehäuse verändert werden, so daß sich Verdichtungsverhältnisse zwischen 5 und 25 verwirklichen lassen (Abb. 2). Die Einspritzmenge, der Spritzbeginn und die Steuerzeiten können beliebig verändert werden. Ebenso kann durch entsprechende Heizung die Temperatur der Ansaugluft und durch Kühlanlagen die des Kühlwassers und des Schmieröles geregelt werden. Prüfmotor und elektrische Bremsanlage sind auf einem gemeinsamen Sockel aufgebaut.

Der FKFS-Dieselfprüfmotor erlaubt also, alle praktisch in Frage kommenden Betriebsgrößen durch bequeme bauliche Änderungen beliebig einzustellen, so daß auch fast alle Kraftstoffprüfverfahren mit ihm durchgeführt werden können.

Zur Feststellung des Zündverzugs dient das FKFS-Zündverzugsmeßgerät. Der Spritzbeginn wird dabei mit einem besonders entwickelten Kontakt, der Verbrennungsbeginn mit Hilfe einer Photozelle angezeigt. Der Zündverzug kann laufend an einem Drehspulgerät abgelesen werden +).

Für genaue Messungen ist es notwendig, das Quarzfenster in Richtung auf den Zündherd einzubauen. Für diesen Fall stimmt auch die Anzeige der Photozelle mit der durch die Zündung hervorgerufenen Druckerhöhung überein, soweit diese aus einem Druckdiagramm mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden kann.

2. Ergebnisse

Im einzelnen wurde die Abhängigkeit des Zündverzugs von folgenden Veränderlichen festgestellt:

1. Drehzahl,
2. Verdichtungsverhältnis
3. Spritzbeginn,

+) Eingehende Beschreibung des Zündverzugsmeßverfahrens siehe: "Deutsche Kraftfahrtforschung im Auftrag des RMV. Technischer Forschungsbericht, Zwischenbericht Nr. 45 "Beschreibung zum Zündverzugsmeßgerät Bauweise FKFS".

4. Temperatur der Ansaugluft,
5. Temperatur des Kühlmittels,
6. Eingespritzte Kraftstoffmenge.

Der Zündverzug wurde in der für den motorischen Betrieb wichtigen Maßeinheit von $^{\circ}$ KW ermittelt. Zum Vergleich seiner absoluten Größe wird er auch in Sekunden angegeben.

Mit zunehmender Drehzahl verkürzt sich der auf die Zeit bezogene Zündverzug (Abb. 3). Da in der Zeiteinheit mehr Wärme umgesetzt wird, erhöht sich die mittlere Temperatur im Brennraum und die Aufbereitung des Kraftstoffs bis zur Entzündung geht schneller vor sich. Diese Verbesserung der Wärmeverhältnisse im Brennraum reicht aber nicht aus, um bei Drehzahlerhöhung den Anteil des Zündverzugs am Kreisprozeß gleich zu halten. Dieser Anteil in $^{\circ}$ KW nimmt deshalb gleichmäßig mit der Drehzahl zu. Die Änderung des Zündverzugs wird dabei vom Spritzbeginn nicht wesentlich beeinflusst. Im Gegensatz zu der stetigen Zunahme des in $^{\circ}$ KW ausgedrückten Zündverzugs erreicht der auf die Zeit bezogene Zündverzug einen Mindestwert bei ungefähr 2100 U/min. Eine weitere Drehzahlsteigerung wird den Zündverzug nachteilig vergrößern, da der Zündungspunkt, auf die Kurbelstellung bezogen, (o.T.) zunehmend später liegt.

Die Steigerung des Verdichtungsverhältnisses hat durch die höhere Verdichtungstemperatur eine Verkürzung des Zündverzugs zur Folge (Abb. 4). Wie die Bombenversuche von Selden [3] ergeben haben, nimmt der Zündverzug nicht entsprechend der Temperaturerhöhung ab, die Abnahme wird vielmehr mit höherer Temperatur immer kleiner. Mit steigender Verdichtung werden auch die Wärmeverluste an die Brennraumwände sowie die Undichtigkeitsverluste immer größer. Daher ergibt sich insgesamt eine Abhängigkeit des Zündverzugs, sowohl auf $^{\circ}$ KW wie auf die Zeit bezogen, die mit höherem Verdichtungsverhältnis einem Grenzwert zustrebt. Die erwähnten Verluste bei größerer Verdichtung gehen anteilmäßig mit höherer Drehzahl immer mehr zurück, was sich z.B. bei Aufnahme einer Wärmeverteilung in einer entsprechenden Änderung der Kühlwasser- und Abgasanteile zeigt. Dadurch bleibt im Gebiet hoher Verdichtung der auf $^{\circ}$ KW bezogene Zündverzug mit zunehmender Drehzahl gleich bzw. verkürzt sich entsprechend auf die Zeit bezogen. Demgegenüber tritt bei niedriger Verdichtung keine Verkürzung des Zündverzugs mit höherer Drehzahl ein.

Für den Einfluß des Spritzbeginns auf den Zündverzug ist der Temperaturverlauf bei der Verdichtung maßgebend (Abb. 5). Dieser überschreitet ähnlich wie der Verdichtungsdruck im Bereich des o.T. einen Höchstwert. Infolgedessen wird der Zündverzug in den Stellen höchster mittlerer Temperatur einen Kleinstwert erreichen. Für die vorliegenden Messungen liegt der Bestwert bei 10 bis 15 $^{\circ}$ KW Voreinspritzung. Ein höheres Verdichtungsverhältnis verlangt einen späteren Spritzbeginn für den kürzesten Zündverzug, weil durch den höheren Temperaturzustand der Zündverzug an sich schon kleiner ist und dadurch näher am oberen Totpunkt seinen Kleinstwert erreicht.

Bei adiabatischer Verdichtung wirken sich Unterschiede in der Anfangstemperatur auf die Endtemperatur viel stärker aus. Bei Erhöhung der Ansaugtemperatur wird daher die Verdichtungsendtempe-

ratur entsprechend stärker erhöht (Abb. 6). Dadurch wird der Zündverzug mit höherer Temperatur der Ansaugluft gleichmäßig verkürzt.

Der Einfluß der Kühlwassertemperatur ergibt einen ähnlichen Verlauf. Durch den geringeren Einfluß der Wandtemperatur auf die Temperatur im Brennraum ist die Wirkung kleiner.

Bei höheren Drehzahlen ist der Einfluß verschiedener Kühlwassertemperaturen im Zündverzug nicht mehr bemerkbar.

Die eingespritzte Kraftstoffmenge zeigt selbst bei genauerster Gleichhaltung der Versuchsbedingungen auch bei verschiedenen Drehzahlen und Ansaugtemperaturen für Einspritzmengen zwischen 20 und 50 mg/Hub keinen meßbaren Einfluß auf den Zündverzug.

Eine ähnliche Meßreihe wurde auch mit Vorkammerbetrieb durchgeführt. Es zeigen sich, von gewissen Besonderheiten der Vorkammer abgesehen, die gleichen Verhältnisse. Der Zündverzug war durchschnittlich größer, da er auf das Erscheinen der ersten Flamme im Hauptbrennraum bezogen wurde.

Aus den angeführten Ergebnissen ist zu folgern, daß, meßtechnisch gesehen, zweckmäßig ein Betriebszustand für die Prüfung eines Kraftstoffes angewandt wird, bei dem unmittelbare Einspritzung mit möglichst langem Zündverzug, also hohe Drehzahl und möglichst niederes Verdichtungsverhältnis, vorliegt.

Kraftstoff-Prüfung mit dem F K F S - Verfahren

Auf Grund der Vorversuche wurden die Betriebsverhältnisse des Motors für die Kraftstoff-Prüfung folgendermaßen festgelegt:

1. Unmittelbare Einspritzung
2. Drehzahl 1800 U/min
3. Voreinspritzwinkel, 20 ° KW v.o.T.
4. Verdichtungsverhältnis 13
5. Temperatur der Ansaugluft 45 °C
6. Temperatur des Kühlmittels 70 °C
7. Temperatur des Schmieröls 70 °C
8. Eingespritzte Kraftstoffmenge 35 mm³/Arbeitshub
9. Einspritzdruck 180 atü.

Die Prüfung wird mit unmittelbarer Einspritzung, also dem motorisch empfindlichsten Verfahren, durchgeführt.

Die Drehzahl wurde zu 1800 U/min gewählt, damit der Kraftstoff in einem für neuzeitliche Schnellläufer in Frage kommenden Drehzahlgebiet geprüft wird. Nebenbei ergaben sich damit mit dem größeren Zündverzug in °KW auch meßtechnische Vorteile.

Für die Festlegung des Voreinspritzwinkels auf 20 °KW v.o.T. war maßgebend, daß wohl zur Erhöhung der Meßgenauigkeit ein größerer Zündverzug erwünscht wäre. Das Früherlegen des Spritzbeginns

ist jedoch dadurch begrenzt, daß infolge Schwierigkeiten bei der Verbrennung und durch mechanische Beanspruchung des Motors beim Betrieb mit schlechten Kraftstoffen die untere betriebsfähige Cetenzahlgrenze heraufgesetzt wird.

Mit dem Verdichtungsverhältnis 13 können alle praktisch für Fahrzeugmotoren in Frage kommenden Cetenzahlen von 40 bis 80 geprüft werden. Für etwas niedrigere oder höhere Cetenzahlen, die an sich mit gleicher Einstellung geprüft werden könnten, empfiehlt es sich, die Verdichtung auf 12 bzw. 15 zu verändern. Damit kann auch für diese Kraftstoffe die Bewertung genau durchgeführt werden.

Die Temperatur der Ansaugluft wird auf 45 °C gehalten, damit auch bei hoher Raumtemperatur noch ausreichende Einstellmöglichkeit vorliegt. Die Temperaturen des Kühlmittels und Schmieröls liegen innerhalb der praktisch üblichen Grenzen.

Die Einspritzmenge entspricht mit 35 mm³/Arbeitshub einem mittleren Belastungszustand. Sie wurde nicht größer gewählt, da einerseits der Zündverzug von der eingespritzten Menge unabhängig ist, andererseits eine Verschmutzung des Quarzfensters, die bei höherer Belastung eher eintritt, vermieden wird. Der Abspritzdruck wurde auf einen üblichen Wert eingestellt.

Die Durchführung einer Prüfung wird auf folgende Weise vorgenommen:

Nachdem sich die erforderlichen gleichmäßigen Prüfbedingungen am Motor eingestellt haben, wird der Zündverzug mit den Kraftstoffproben ermittelt. Zu dieser Zündverzugsmessung, die je Kraftstoff etwa 5 Minuten in Anspruch nimmt, wird eine Eichkurve mit drei oder vier Bezugs-Kraftstoffmischungen aufgestellt, wie sie Abb. 7 zeigt. Aus ihr kann dann der Cetenwert der einzelnen Proben entnommen werden. Die Meßgenauigkeit beträgt ungefähr + 0,25 OKW, was einer Genauigkeit in Cetenzahlen von + 1,5 entspricht. Nach Prüfung von durchschnittlich 10 Kraftstoffen ist es zweckmäßig, das Quarzfenster zwecks Reinigung auszuwechseln.

Abb. 8 stellt das Ergebnis der Durchprüfung einer Reihe von Kraftstoffen dar. Zugleich sind die Grenzwerte aller motorischen Verfahren eingezeichnet, welche vom Ausschuß für Kraft- und Schmierstoffe in der Arbeitsgemeinschaft für Kraftfahrwesen für die gleichen Kraftstoffe festgestellt wurden [1]. Die obere Grenze des bezeichneten Gebietes wird im allgemeinen von den Werten des HWA-Motors und CFR-Motors, die untere Grenze vom DVL-Aussetzerverfahren gebildet. Die mit dem FKFS-Zündverzugs-Verfahren allerdings erst nachträglich nach Fertigstellung des Verfahrens festgestellten Cetenwerte liegen durchschnittlich etwas unterhalb der Mitte des eingegrenzten Gebiets. Abb. 9 zeigt einen Vergleich der mit dem HWA-Verfahren, I.G.-Prüfdieselfverfahren und dem FKFS-Verfahren festgestellten Cetenwerte der untersuchten Kraftstoffe.

Schlußbemerkung

Für die Bewertung eines Diesel-Kraftstoffs im motorischen Betrieb sind die Verfahren mit veränderlicher Verdichtung und veränderlichem Zündverzug zweckmäßig.

Das Verfahren mit veränderlichem Zündverzug und gleichbleibender Verdichtung wurde zur Betriebsreife entwickelt, da es als einziges Verfahren den Betriebszustand des Motors nicht ändert und dem des heutigen Fahrzeugmotors weitgehend entspricht. Die Meßeinrichtung erlaubt ein Arbeiten ohne Oszillographen.

Dieses Verfahren ist

1. für die Bewertung der Dieselkraftstoffe brauchbar und kann auch
2. für die Zuordnung eines Kraftstoffs zu verschiedenen Motorverfahren dienen.

Zur Klärung des Einflusses gewisser Randgrößen auf diese Prüfung, wie z.B. der Drucksteigerung und des Höchstdruckes, sind weitere Untersuchungen vorgesehen.

Schrifttumsangaben

- [1] J.Inst.Petrol.Technologists 23 (253-265) 1937 DJW.
Kreulen, "Beiträge zur Kenntnis der physikalischen und chemischen Konstanten von Gasölen mit verschiedenen Cetanzahlen"
- [2] J.Inst.Petrol.Technologists, Vol. 23 Nr.168, Oct. 1937.
R. Heinze und M. Marder: "The Determination of the Ignitability of Diesel Oils on a Laboratory Scale"
- [3] NACA Report Nr.617, 1938 R.F.Selden: "Auto-Ignition and Combustion of Diesel Fuel in a Constant-Volume-Bomb"
- [4] C.R. de l'Académie des Sciences de l'URSS 1936, Volume II Nr.4 M.N. Mikkailowa and M.B. Neumann: "The Cetene Scale and the Induction Period Preceding the Spontaneous Ignition of Diesel Fuels in Bombs"
- [5] SAE-Transactions, März 1932 S.136-142 A.W. Pope and J.A. Murdock: "Compression-Ignition Characteristics of Injection-Engine Fuels"
- [6] Oel und Kohle 12, H.18 Mai 1936, S.371 A. Hagemann und Th. Hammerich: "Neuzeitliche Prüfung von Kraftstoffen für den schnelllaufenden Fahrzeug-Dieselmotor"
- [7] SAE-Journal, Mai 1936, S.206-216, Schweitzer and T.B.Hetzler: "Cetane Rating of Diesel-Fuels"
- [8] SAE-Journal, Vol.43 (1938) Nr.5, S.453 "Proposed Method of Test for Ignition Quality of Diesel Fuels"
- [9] VDI Bd.82 (1938) Nr.39, S.1135 W. Wilke: "Prüfmotoren zur Klopfwertbestimmung von Kraftstoffen"
- [10] VDI Bd.82 (1938) Nr.44, S.1285 Zinner: "Zündverzugs-messung zur Dieselkraftstoffprüfung"
- [11] Oel und Kohle 14, 1938 S.341-350 Kessler: "Vergleichende Eignungsprüfung von Kraftstoffen durch motorische und laboratoriumsmäßige Prüfverfahren"

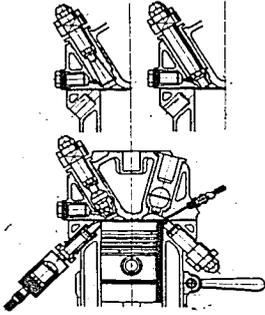


Abb. 1

Verbrennungsverfahren
des FKFS-Dieselpfprüfmotors

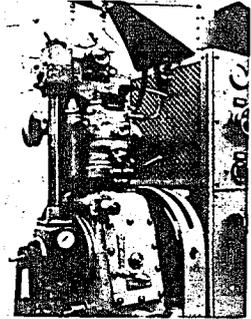


Abb. 2

Motorteil des
FKFS - Dieselpfprüfmotors

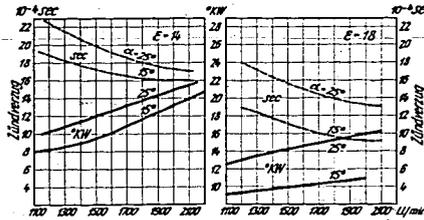


Abb. 3

Zündverzögerung und Drehzahl

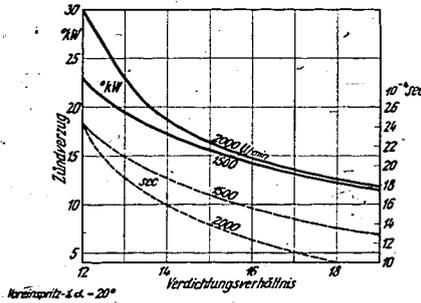


Abb. 4

Zündverzögerung und Verdichtungsverhältnis

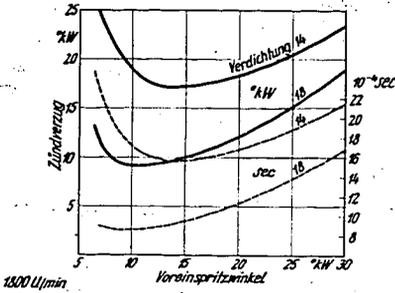


Abb. 5

Zündverzugs und Voreinspritzwinkel

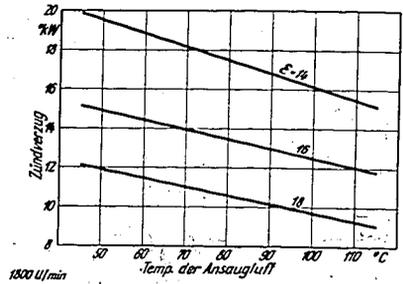


Abb. 6

Zündverzugs und Temperatur der Ansaugluft

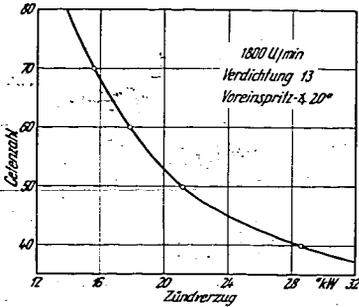
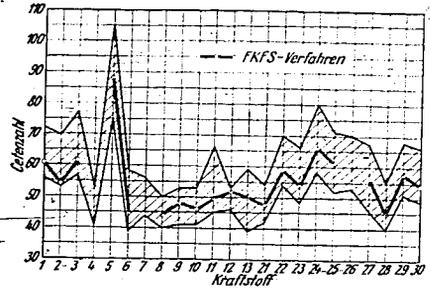


Abb. 7

Zündverzugs-Eichkurve



1) nach Kessler

Abb. 8

Cetanzahlwerte verschiedener Kraftstoffe mit Grenzwerten sämtlicher motorischen Verfahren 1)

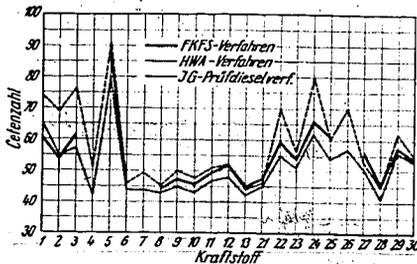


Abb. 9

Cetanzahlwerte aus verschiedenen motorischen Prüfverfahren