

Köln-Deutz, den 11.4.42

150

Technischer Bericht zur Normung der motorischen Prüfung
von Dieselkraftstoffen

Der entscheidende Kennwert eines Diesel-Kraftstoffes für seinen praktischen Einsatz ist die Centanzahl (Ca.Z). Dieser Wert gibt im Masstab einer konventionellen Skala die Zündwilligkeit eines Kraftstoffes zahlenmässig und damit vergleichbar an. Nachdem die Zündbereitschaft unter sonst gleichen Bedingungen eine im Kraftstoff liegende Eigenschaft seines chemischen Aufbaues ist, wird der Vergleich bezogen auf Mischungen von zwei eindeutigen Kohlenwasserstoffen, deren Zündverhalten extrem auseinander liegt, Die Vergleichsmischungen bestehen aus dem zündwilligem Cetan und dem zündträgen Alpha-Methyl-Naphtalin. Zur Kennzeichnung dient der Anteil der zündwilligen Komponente in Prozenten. Der Vergleich des Zündverhaltens muss grundlegend in Motoren erfolgen. So ist es möglich, den unbekanntem Kraftstoff tatsächlich den gleichen Einflüssen im Motor zu unterwerfen, für die sein Verhalten gekennzeichnet werden soll. Für den Vergleich der Standart-Mischungen mit den zu prüfenden Kraftstoffen sind nun verschiedene Prüfmotoren verwendet worden. Zunächst verwendet ^{man} grössere Langsamläufer. Die schwierigen Verhältnisse und damit schärferen Bedingungen sind aber bei kleineren Schnellläufern vorhanden, die heute für die Prüfmotoren in Anwendung sind. Die Verschiedenheit des Vorgehens bei den einzelnen Verfahren liegt in folgenden 2 Punkten:

- 1.) Der Veränderung der Zündbedingungen im Motor
- 2.) dem Merkmal gleichen Zündverhaltens der Kraftstoffe und der Standard-Vergleichs-Mischungen.

Wiederholte Feststellungen lehren, dass für die Zündbedingungen eines Dieselkraftstoffes praktisch ausschliesslich zwei Bedingungen von wesentlichem Einfluss sind, das ist die Temperatur und der Druck der Luft bei der Einspritzung. Dies bestätigen ebenfalls die Versuche von Wolfer¹⁾.

Die gebräuchlichsten Zündprüfmotoren beeinflussen die Zündbedingungen daher durch Verändern des Kompressions-Enddruckes oder des Kompressionsverhältnisses. Die Zündung wird entweder einfach durch Beobachten des Auspuffes kontrolliert, oder es wird das

¹⁾ Wolfer: Der Zündverzug im Dieselmotor, VDJ Forsch.-Heft 392.

Einsetzen der Verbrennung durch beliebig gearteten Druck oder Strahlungsindikatoren angezeigt. Je nach Verfahren wird nun entweder eine Grenzstellung der Zündbedingungen aufgesucht (Aussetzer- oder Zündgrenze bzw. konstanter Zündverzug), oder es wird der Zündverzug bei konstanter Einstellung der Zündbedingungen als Masstab der Zündwilligkeit zu Grunde gelegt.

Die Eichung findet jeweils mit den oben genannten Vergleichs-Mischungen unter den gleichen Einstellungen statt. Hierbei ist das Vorgehen bei den Verfahren verschieden. Teils kann eine beständige Eichlinie zu Grunde gelegt werden, teils ist es aber zweckmässiger den Vergleich gleich mit einer Standard-Mischung jeweils in unmittelbarem Anschluss an die Messung des Kraftstoffes zu wiederholen.

Breitere Anwendung haben im Reich vorwiegend zwei Prüfdieself gefunden. Es ist dies das JG-Verfahren und das HWA-Verfahren. Der JG-Prüfdiesel kann aus einer überaus grossen Zahl von Veröffentlichungen als bekannt vorausgesetzt werden. Dieser Prüfmotor stellt die Zündbedingungen nach dem Zündverzug ein. Die Messung des Zündverzuges erfolgt mit einem Quarzindikator. Die Beobachtung geschieht durch einen Kathodenstrahl-Oszillographen mit Braunscher Röhre. Die Zündbedingungen im Verbrennungsraum werden durch Verändern des Verdichtungsverhältnisses auf einen konstanten Zündverzug eingestellt. Hierzu muss der Motor mit einem verschiebbaren Zylinder und entsprechend anpassungsfähiger Ventilsteuerung versehen sein. Der Motor hat ein Hubvolumen von 1 Liter und eine Messdrehzahl von 1000 U/min unmittelbare Einspritzung mit Einlochdüsen. Die Eichlinie ist eine leicht geschwungene S-Linie. Die Einspritzung erfolgt dauernd während der Messung.

Über das HWA - Verfahren ist wegen begreiflich starker Jnan-spruchnahme der hierfür massgebenden Stellen nur wenig bekannt geworden. Gewisse fremde Darstellungen geben aber ein unzutreffendes Bild. Eine nähere Betrachtung des HWA-Prüfdiesels wurde von Dr. Hagemann und Dr. Hammerich vor allem für die Belange der Wehrmacht vorgeschlagen. In den Grundlagen griff dieses Verfahren auf das bereits mehrfach angewendete Drosselverfahren zurück (u.a. Drosselverfahren nach Le Mesurier und Stansfield). Vor allem für die Heeresstellen bestand die Notwendigkeit einer Prüfung der Dieselmotorkraftstoffe, im allgemeinen auf ihre Zündwilligkeit, im Besonderen auf ihr Anlassverhalten. Das Verfahren war daher zunächst auf die seinerzeit vor-dringliche Bewertung des Anlassverhaltens der handelsüblichen Dieselmotoren von 30 - 70 Ca.Z. abgestimmt. Es setzte sich ausgesprochen

zum Ziel, einen robusten Motor mit einem gegen Störungen unempfindlichen Messverfahren und einer allgemein einfachen Einsatzfähigkeit zu schaffen.

Ein für diese Anwendungsbereiche geeigneter Prüfdiesel musste neben einer genügenden Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen vor allem unbelastet von jeder unübersichtlichen und störungsempfindlichen Messapparatur sein. Ausserdem sollte die Ausstattung sparsam sein.

Der HWA-Prüfdiesel besteht aus einem Deutz-Einzyylinder-Dieselmotor von 2 l Hubvolumen mit unmittelbarer Strahleinspritzung. Der Motor wird elektrisch angetrieben und läuft mit einer Drehzahl von 940 U/min. Die Luft saugt der Motor durch ein Heizrohr, in dem diese auf eine gewünschte Temperatur elektrisch angewärmt wird. Durch eine Drosselklappe kann der Ladedruck verändert werden. Der Unterdruck im Saugrohr gegenüber der Atmosphäre wird in einem Quecksilber-Manometer abgelesen. Der Ansaugunterdruck ist unter sonst gleichen Verhältnissen ein Mass für die im Motor herrschenden Zündbedingungen. Alle sonst wesentlichen Bedingungen, wie Verdichtungsverhältnis, Kühlwasser- und Lufttemperatur werden konstant gehalten. Durch Betätigen der Drossel wird die Grenze der Zündfähigkeit einer Brennstoffprobe aufgesucht. Es ergibt sich eine scharfe Grenze, an der Aussetzer und sichere Zündungen sich scheiden. Ausgehend von einer so starken Drosselung, bei der ausschliesslich Fehlzündungen zu erreichen sind, wird durch Vermindern der Drosselung ein Gebiet durchschritten, das Zündungen und Aussetzer vermischt aufweist. Es ergibt sich dann bei weiterem Vermindern der Drosselung die oben erwähnte scharfe Grenze, wo ausschliesslich Zündungen unter Minimal-Bedingungen auftreten. Diese Grenze gilt es bei der Prüfung der Zündwilligkeit von Dieselölen aufzusuchen. Die Einspritzpumpe ist mit einer Auslösevorrichtung versehen, sodass in Ruhestellung die Einspritzung unterbleibt, bei Betätigung aber jeweils eine Einspritzung in beliebigem Abstand möglich ist. Es werden nach einer zunächst tastenden Grundeinstellung 10 Einspritzgruppen im Abstand von 20 Sekunden und je Gruppe bestehend aus drei Einzelspritzungen in den Brennraum geschickt. Die Beobachtung des Auspuffes durch Gehör und Gesicht entscheidet, ob Zündung oder Aussetzer vorliegt. Es ist auf diese Weise möglich, sowohl für unbekannte Dieselöle als auch für Eich-Mischungen bekannter Ce-tanzahlen die Grenzstellung der Drossel festzulegen. Diese Einstellung ist bestimmt durch den absoluten Anfangsdruck beim

Kompressionshub des Motors. Die Zuordnung des kennzeichnenden Saugrohr - Unterdruckes an der Grenzstellung und der Cetanzahl ergibt die grundlegende Eichlinie. Für die Cetanzahlbestimmung eines unbekanntes Kraftstoffes kann nach Feststellen seiner Grenzstellung aus der Eichlinie die Ca.Z. abgelesen werden. Es bleibt unbenommen durch sofortigen Vergleich mit zwei einschließenden Eichmischungen und Interpolieren den Cetanwert zu kontrollieren.

Um eine absolute Vergleichsbasis für die Festlegung der Zündbedingungen mittels des Ansaugunterdruckes zu haben, wird dieser auf einen Barometerstand von $b = 760$ mm QS bezogen. Mit dem HWA-Verfahren wird eine einwandfreie Reproduzierbarkeit erreicht. Das Streubereich unter den einzelnen Motoren liegt unter Berücksichtigung sämtlicher vorhandenen Motoren nach den letzten Versuchen bei $\pm 1,5$ Ca.Z. Das Messbereich umfasst 20 - 100 Ca.Z., es kann aber auch bis 0 Ca.Z. erweitert werden.

Für das HWA war das Ansprungsverhalten der Dieseldieselkraftstoffe in erster Linie wesentlich. Es ist dies naturgemäss auch für alle Dieselmotoren primär ausschlaggebend, denn diese Prüfung schliesst die günstigeren Betriebsbedingungen mit ein. In den bereits früher veröffentlichten Versuchen, die an der Versuchsanstalt für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeuge der T.H. Berlin durchgeführt wurden, ist der unmittelbare Zusammenhang der im HWA-Prüfmotor gemessenen Ca.Z. mit dem tatsächlichen Verhalten der Treibstoffe beim Anlassen von Motoren erwiesen. ¹⁾ Die Wirkung von Zündbeschleunigern erwies sich auch bei diesen Versuchen ebenso wenig messbar wie sie durch einen anderen Prüf-diesel gekennzeichnet wird.

Eine Abwandlung kann der HWA-Prüfdiesel durch einen Trägheitsindikator nach Dr. Neumann erhalten. Es ist damit die Möglichkeit geschaffen, den Zündverzug zu messen bzw. die Zündgrenze nach dem Zündverzug einzustellen. ²⁾ Das Gerät besteht aus zwei Trägheitskontakten, die jeweils den Primärkreis einer Zündspule öffnen. Der Sekundärkreis erzeugt einen Stromstoss, der eine mit dem Schwungrad umlaufende Neon-Röhre in diesem Augenblick aufleuchten lässt. In einer feststehenden Skala kann

1) Öl und Kohle 1940, S.78, Weber: Untersuchungen über die Beziehungen der HWA-Prüfmotoren gemessenen Ca.Z. u.d. Anlasswert v. Dieseldieselkraftstoff in der Praxis.

2) ATZ 1939, S.263, Neumann: Einfaches motorisches Prüfverfahren für Dieseldieselkraftstoffe.

die Kurbelstellung im Moment des Aufleuchtens abgelesen werden. Je einer der Trägheitskontakte befindet sich in Berührung mit der Düsenadel bzw. einer Membrane, die Verbrennungsraum und Atmosphäre trennt. Die Stösse, die einmal vom Einspritzdruck das andere Mal vom Verbrennungsdruck auf Düsenadel bzw. Membrane ausgeübt werden, lösen die Trägheitskontakte aus und zeigen sich so durch Aufleuchten der Neon-Röhre ablesbar an. Der Motor erhält dabei dauernd Einspritzungen. Durch Drosseln der Ansaugluft wird eine Stellung aufgesucht, bei der der Zündbeginn am o.T. steht. Die Beziehung zur Cétanskala erfolgt durch unmittelbaren Vergleich mit den Bezugsgemischen. Es ist dies eine Abwandlung der Messung nach dem normalen Drosselverfahren. Die Einstellung auf die Zündgrenze entspricht hier einer Einstellung auf den etwas früher liegenden Punkt des konstanten Zündverzuges. Die Beobachtung erfolgt in einem Falle durch Auge und Ohr, im anderen Falle durch Trägheitskontakte und Neon-Röhre. Es ist damit eine Möglichkeit vorhanden, das bewusst einfach gehaltene HWA-Drosselverfahren durch eine Zusatzeinrichtung zu einem Zündverzugsverfahren zu erweitern. Das erstere Verfahren hat die grössere Einfachheit für industrielle und fiskalische Zwecke voraus, das zweite Verfahren bietet dafür eine Kontrolle der Einstellung auf konstanten Zündverzug.

Zusammenfassend kann man bei Vergleich der beiden Verfahren an die vorgenannte Einteilung anschliessend sagen, es geschieht bei dem:

	HWA-Verfahren	JG-Verfahren
1.) das Verändern der Zündbedingungen dch.	Drosseln	Ändern des Verdichtungsverhältnisses
2.) als Beobachtungsmerkmale gleichen Verhaltens dienen	Zündknalles an der Zündgrenze (Auge und Ohr)	Konstanten Zündverzugs (Quarzindikator mit Kathodenstrahl-Oszillograph)

So betrachtet ergibt sich ein in der Wirkung gleiches Vorgehen bei den beiden Verfahren; denn

- 1.) Massgebend für die Zündbedingungen ist der Druck und die Temperatur der Luft im Augenblick der Einspritzung. Das HWA-Verfahren verändert vorwiegend ~~den~~ den Druck. Die Temperatur ändert sich nur in geringen Grenzen. Das JG-Verfahren verändert Druck und Temperatur.

2.) Die Beobachtung des gleichen Zündverhaltens geschieht beim HWA-Verfahren durch Beobachten des Auspuffknalles oder durch Beobachten des Zündverzuges mittels Trägheitsindikator nach Dr. Neumann. Das JG-Verfahren stellt auf konstanten Zündverzug ein, den es mittels Quarzindikator und Braunscher Röhre misst. Gerade unter dem mehrfach betonten Gesichtspunkt, dass es Ehrensache der deutschen Technik sein müsse, auf Grund ihrer Verpflichtung an das Vaterland des Dieselmotors auch in der Prüfung der Dieselkraftstoffe vorbildlich zu sein, möchten wir auf folgendes hinweisen:

Aus unseren gemeinsamen Bemühungen ist sowohl das Zündverzugsverfahren der JG als auch das Drosselverfahren ^{des HWA} zur oben näher umrissenen Einsatzfähigkeit gelangt. Es stehen damit der Technik zwei Verfahren zur Verfügung, die übereinstimmende Ergebnisse liefern. ¹⁾ Im Vorgehen unterscheiden sich die Verfahren auf der einen Seite durch das bewusste Vermeiden aller empfindlichen Messgeräte und trotz grösster Einfachheit und sparsamster Mittel durch Erzielung einer hinreichenden Genauigkeit, auf der anderen Seite durch die Anwendung der neuzeitlichsten Messeinrichtung zur genauen Einstellung auf einen konstanten Zündverzug. Trotzdem bei beiden Verfahren nach letzten Feststellungen die Fehlergrenze mit $\pm 1,5$ Ca.Z. gleich liegt, dürfte sich mit dem höheren Aufwand an Messeinrichtungen noch eine grössere Genauigkeit mit dem Indizierverfahren erzielen lassen.

Es ist aber nicht zu vermeiden, dass eine kommende Zeit das einfachere und robustere Gerät sich zu nutze machen wird; denn Ziel der Technik ist nicht der Grosseinsatz an Mitteln, sondern die Einfachheit. Es ist daher klug, beide Möglichkeiten einer zahlenmässigen motorischen Bewertung der Zündwilligkeit von Dieselkraftstoffen durch eine Normung als deutsche Standard-Geräte der Welt zur Verfügung zu stellen. Es wird damit dem oben angeführten Grundsatz und unserer gemeinsamen Verpflichtung am besten gedient.

KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ
Aktiengesellschaft
Köln-Deutz

1) Siehe A.W.Schmidt: Öl und Kohle 1941 S.409, Tafel 4