

Probleme der Kraftstoffbewertung.

von

Prof. A. W. Schmidt

Die Bewertung der Kraftstoffe gehört mit zu den wichtigsten Aufgaben der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiet der Kraftstoffchemie. Die Zusammenhänge zu ergründen, die zwischen den gewollten Umsetzungserscheinungen im Motor einerseits und der Herstellung des Kraftstoffes andererseits bestehen, ist kurz gesagt, das Programm dieser Forschungsaufgaben. Die Reaktion im Motor bezeichnen wir als Verbrennung und gliedern sie damit in das grosse Gebiet der Oxydationsreaktionen ein. Diese Reaktion bestimmt und bestimmt die zukünftige Entwicklung der Anwendungsmöglichkeit der Kraftstoffe. Das bedeutet, dass diese Reaktion sowohl die Entwicklung der Motoren, als auch die Entwicklung der Herstellung der Kraftstoffe grundsätzlich beeinflusst.

Die wissenschaftliche Erforschung dieser scheinbar so einfachen Wechselwirkung zwischen Sauerstoff einerseits und Kohlenwasserstoff andererseits stellt uns allerdings heute noch Aufgaben, deren Lösungen nicht so ohne weiteres im Bereich der Möglichkeit liegen, so dass wir uns bei der wissenschaftlichen Bearbeitung dieses Hauptproblems einst-

weilen noch im Rahmen der Grundlagenforschung bewegen müssen. Die außerordentliche Bedeutung, die die Verbrennungskraftmaschine in unserem Wirtschaftsleben aber bereits erlangt hat, bedingt, dass wir neben dieser Grundlagenforschung uns auch noch mit Arbeiten befassen, die mehr auf dem Gebiet der Zweckforschung liegen. Es handelt sich hier vor allen Dingen darum, die Zusammenhänge zu klären, die zwischen Kraftstoff und Motor bestehen. Dabei besteht einerseits die Möglichkeit, dass im Verlauf dieser Forschung sich Probleme ergeben, die in das Gebiet der Grundlagenforschung, d.h. der Reaktionen zwischen Sauerstoff und Kohlenwasserstoffe als solchen gehören, und andererseits werden sich aus der Grundlagenforschung heraus Erkenntnisse ergeben, deren Stichhaltigkeit sich nur im Motor erweisen lässt.

In diesem Zusammenhang ist es außerordentlich interessant, die Entwicklung der Bewertung der Kraftstoffe in den letzten Jahrzehnten kurz zu streifen. Noch nach dem Weltkriege beschränkte man sich bei der Bewertung der Kraftstoffe auf die Feststellung gewisser physikalischer bzw. physikochemischer Daten. Nach unserer heutigen Erkenntnis können wir diese Bewertungsarten lediglich als Werte ansehen, die eine gewisse Bedeutung für die Erzeugung bzw. für den Verkauf besitzen. In jenen Zeiten war es der Motorenbau, der den Impuls gab, die bestehende Kraftstoffbewertung grundsätzlich zu ändern. Die Entwicklung der Verbrennungskraftmaschine war soweit fortgeschritten, dass dem Chemiker gezeigt werden konnte, dass die vorhandenen Kraftstoffe sich unterschiedlich in den einzelnen Motorentypen verhalten.

Es ist deshalb gar nicht verwunderlich, dass in jenen Zeiten der Motorenbauer dem Chemiker angeben konnte, welche Eigenschaften er von dem Kraftstoff verlangte. Ricardo

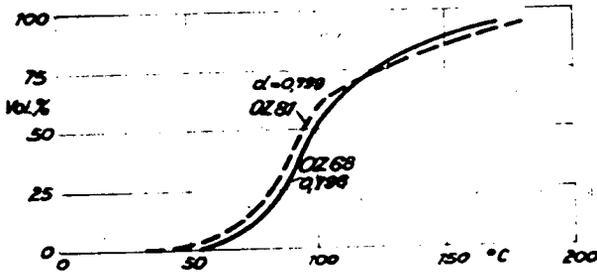
gebührt das Verdienst, weit über die durch sein Arbeitsgebiet gegebenen Grenzen hinaus dem Chemiker nicht nur gezeigt zu haben, dass zwischen den Kraftstoffen bei ihrer Verbrennung im Motor Unterschiede auftreten, sondern dass diese Unterschiede in der verschiedenen chemischen Konstitution der Kohlenwasserstoffgemenge, die wir als Kraftstoffe verwenden, begründet sind.

Diese grundsätzlich neuen Ideen auf dem Gebiet der Kraftstoffbewertung setzten sich erst nach Überwindung grosser Widerstände durch. In den ersten Jahren dieser Meinungsverschiedenheiten versuchte man immer noch die alten labormässigen Methoden gegenüber den neuen revolutionären Gedanken, die in der Forderung nach motorischen Prüfmethoden der Kraftstoffe gipfelten, zu verteidigen. Die hauptsächlichsten Gegengründe, die man gegen die Einführung der motorischen Prüfmethoden einwand, bestanden darin, dass man sich nicht damit einverstanden erklären konnte, anstelle der einfachen und leicht zu handhabenden laboratoriumsmässigen Untersuchungsmethoden die umständlichere und dem Chemiker wensensfremdere motorische Prüfmethode einzuführen.

Aus jenen Zeiten stammen noch Arbeiten von uns, die die aus Laboratoriumstesten gewonnenen Bewertungszahlen den neuen motorischen Versuchsergebnissen gegenüberstellten, und die einwandfrei zeigten, dass die rein laboratoriumsmässige Bewortung zu gründlichen Fehlschlüssen führen konnte. Die beiden folgenden Bilder zeigen die auch heute noch recht aufschlussreichen Ergebnisse jener Forschungen. In Bild 1 ist dargestellt, dass Benzine, die gleiche Siedekurven und gleiches spezifisches Gewicht besitzen, also nach den damaligen Anschauungen sich auch im Motor gleich oder wenigstens ähnlich verhalten müssten, ganz grundsätzlich verschiedene Oktanzahlen, die den Ausdruck der

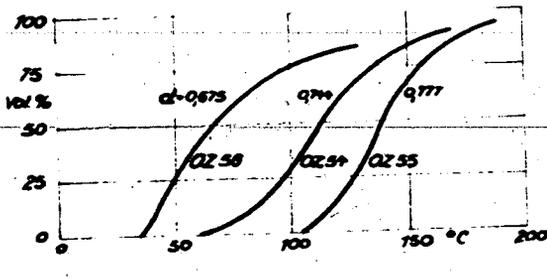
motorischen Bewertung darstellen, aufweisen.

Bild 1



Im Gegensatz dazu ist in Bild 2 dargestellt, dass Kraftstoffe, mit gleicher Oktanzahl, also gleichem motorischen Verhalten, grundsätzlich verschiedenes Siedeverhalten und spezifisches Gewicht besitzen können.

Bild 2



Die schlagende Beweiskraft dieser und ähnlicher Untersuchungen führte letzten Endes zum klaren Endsieg der Anhänger der motorischen Prüfmethode. Diese neue Methode wurde entsprechend ihrer Bedeutung sorgfältig ausgebaut und brachte die Schaffung eigener Prüfmotoren.

In Amerika entstand der CFR-Motor (Comporation of Fuel Research). In der devisenknappen Zeit, als die Beschaffung dieser Motorentype für uns in Deutschland sehr schwierig wurde, ist es das Verdienst der I.G. gewesen, einen eigenen deutschen Prüfmotor (den J.C. Prüfmotor) geschaffen zu haben. Es ist selbstverständlich, dass für die beiden Motoren auch die geeignetsten Untersuchungsmethoden festgelegt wurden.

Es hatte in jener Zeit den Anschein, als ob damit die Kraftstoffprobleme endgültig gelöst bzw. über diese Untersuchungsmethode weg zu lösen seien. Es steht fest, dass die Einführung der motorischen Prüfung, die in der Bewertung der Kraftstoffe nach Oktanzahlen zum Ausdruck kommt, der Kraftstoffchemie einen ausserordentlichen Aufschwung verliehen hat. Der schon von Ricardo erkannte Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution und Kraftstoffgüte brachte es mit sich, dass man daran gehen konnte, neue Kraftstofftypen zu schaffen. Das Gebiet der Mischkraftstoffe wurde in jenen Zeiten ausserordentlich erfolgreich entwickelt. Das Bestreben, einfache Destillatkraftstoffe durch Zusätze zu verbessern, führte zu der Entwicklung einer Unmenge von Zusätzen, die als Klopfbremsen-Verwendung finden konnten. Die wichtigsten, wie Benzol und Alkohol, besitzen heute noch eine beherrschende Bedeutung. Besonders aufsehenerregend und wirkungsvoll war die Entdeckung der Tatsache, dass bestimmte metallorganische Verbindungen in weit höherem Masse klopfbremsende Wirkung zeigen als rein organische Verbindungen. Hier ist besonders die Entwicklung der Bleitetraäthylzusätze zu erwähnen.

Es ist interessant, dass man in dieser Entwicklungsperiode selbst von Seiten des Motorenbaues zugeben musste, dass die Erfolge der Kraftstoffchemie für die Entwicklung des

Motorenbaues bedeutungsvoller gewesen sind als rein konstruktive Neuerungen.

Wenn auch die Erfolge der Einführung der motorischen Prüfmethode auf die Entwicklung der Kraftstoffqualitäten von ganz grundsätzlicher Bedeutung gewesen sind, so ergab sich doch bald die Feststellung einer gewissen Unzulänglichkeit der durch die Normung zur Oktanzahlbestimmung erstarrten motorischen Prüfmethode.

Diese Unzulänglichkeit zeigte sich zuerst, als man feststellen musste, dass sich zwischen dem Verhalten der Kraftstoffe im Einzylindermotor auf dem Prüfstand und ihrem Verhalten im Mehrzylindermotor auf der Landstrasse Unterschiede ergeben. Die ursprünglichen Bestrebungen, durch Modifikation der Prüfverfahren diese Diskrepanzen zu beheben, führten zu Versuchsreihen, die in besonders grossem Umfang in Amerika vorgenommen wurden. Diese Strassenklopversuche kosteten Summen und hatten schliesslich doch nur negative Ergebnisse. Beeindruckt durch die früheren Erfolge der Oktanzahlbewertung und bedingt durch die negativen Ergebnisse der Strassenversuche, liess man daher die hier anstehenden Probleme einige Zeit ruhen.

Die fortschreitende Entwicklung auf dem Gebiet des Flugzeugmotorenbaues brachte jedoch die hier vorliegende Problematik erneut ins Rollen. Die Tatsache, dass heute unsere Flugzeuge über Dauergeschwindigkeiten verfügen, die vor kurzer Zeit noch Weltrekorde darstellten, stellte auch an die Kraftstoffbewertung neue und höhere Aufgaben. Bei der Bearbeitung dieser Probleme erwies es sich nun erneut, dass die Bewertung der Kraftstoffe nach der genormten Oktanzahlmethode nicht ausreicht. Im Verein mit den früheren Kritiken, die aus den Ergebnissen der Strassenversuche resultierten, wurde die Meinung, dass die Bewertung der Kraftstoffe nach der Oktanzahl allen Anforde-

rungen genüge, stark erschüttert.

Es war deshalb die Zeit gegeben, nach neuen Methoden zu suchen, die einerseits die Vorzüge der motorischen Kraftstoff-Prüfmethode aufwiesen und andererseits ihre Nachteile vermieden. Schon beim Auftreten der ersten Zweifel an der bedingungslosen Sicherheit der Bewertung der Kraftstoffe durch die Oktanzahl war mir der Gedanke gekommen, dass diese Einpunktmethode durch andere Verfahren ersetzt werden müsste. Es konnte sich nicht darum handeln, die Eigenschaft des Kraftstoffes in einem willkürlich gewählten Bereich zu bestimmen, sondern man musste danach trachten, das gesamte Verhalten des Kraftstoffes in dem kritischen Teil seines Zersetzungsbereiches, den wir Klopfen nennen, zu untersuchen. Dabei musste man sich darüber klar sein, dass das Klopfen nicht eine Erscheinung ist, die plötzlich auftritt und ebenso plötzlich verschwindet, sondern dass das Klopfen ein Vorgang ist, der sich zuerst als leises und nicht allzuhäufig auftretendes Geräusch bemerkbar macht und allmählich häufiger, stärker wird, bis die Schläge sich zuletzt so häufen, dass der gesamte Verbrennungsvorgang sich nur in dieser unerwünschten Weise abzuspielen scheint.

Schon aus dieser Tatsache allein ergibt sich die Unzulänglichkeit der Feststellung der Klopferscheinungen durch das Einpunktverfahren der Oktanzahl. Dies führte zwangsläufig zu dem Gedanken, nach Methoden zu suchen, die es gestatten, das gesamte Klopfverhalten der Kraftstoffe zu ermitteln.

Die von mir entwickelte elektro-akustische Methode, über die bereits verschiedentlich in der Literatur berichtet wurde, schien diese Beobachtungsmöglichkeit in sich zu schliessen. Deshalb werden im Rahmen des Reichsforschungsrates in meinem Institut seit längerer Zeit Arbeiten unter Verwendung dieses Gerätes durchgeführt, die diesen Prob-

lemen nachgehen.

Inzwischen konnten wir zeigen, dass das Gerät die dargelegten Erwartungen voll und ganz erfüllte. Nicht nur im Einzylinderprüfmotor lässt sich das Klopfverhalten des Kraftstoffes einwandfrei ermitteln, sondern darüber hinaus ergibt sich die Möglichkeit, auch an einem Mehrzylindermotor derartige Untersuchungen durchzuführen. Dabei ist besonders wichtig, dass diese Methode beim Mehrzylindermotor nicht nur das Klopfgeräusch des Motors als solchen festhält, sondern dass auf der Oszillographenröhre zugleich der Klopfzustand jedes einzelnen Zylinders sichtbar gemacht wird. Das bedeutet, dass wir durch unsere Methode einen Einblick in die Wechselwirkung zwischen Kraftstoff und Motor erhalten, wie es bisher noch nicht möglich war. Bislang konnte man lediglich feststellen, ob der Motor als solcher klopft oder nicht klopft. Jetzt sind wir in der Lage, festzustellen, ob sämtliche Zylinder an dem Klopfvorgang beteiligt sind oder ob nur einzelne dieses Verhalten zeigen. Unsere Untersuchungen ergaben überraschenderweise, dass nur in den seltensten Fällen sämtliche Zylinder gleichzeitig klopfen. Dieses Ergebnis berechtigte uns zur Annahme, dass für den Klopfvorgang im Mehrzylindermotor nicht ausschließlich der Kraftstoff, sondern auch die Konstruktion des Motors verantwortlich zu machen ist. Damit finden wir gleichzeitig eine Erklärung für die Unmöglichkeit, das Verhalten eines Kraftstoffes, der im Einzylindermotor nach seiner Oktanzahl bewertet ist, in Einklang mit seinem Verhalten zu bringen, sobald er im Mehrzylindermotor Verwendung findet.

Darüber hinaus ergaben unsere Untersuchungen des Klopfverhaltens im Einzylindermotor, dass das mit dem Chronoskop festgestellte Klopfen nicht den gesamten Verlauf des Klopfvorganges darstellt. Zwischen dem einwandfreien Lauf des

Motors und dem mit dem Ohr wahrnehmbaren Klopfen liegt ein Bereich, wo die Klopferscheinungen bereits auftreten, ohne jedoch bisher wahrgenommen werden zu können. Die weiteren Arbeiten zeigten, dass diese Wahrnehmung sowohl für den Einzylinder-, als auch für den Mehrzylindermotor gilt. Die nächsten Bilder stellen diese Tatsache dar.

Im folgenden Bild ist das Verhalten eines Benzins im Einzylindermotor dargestellt.

Bild 3

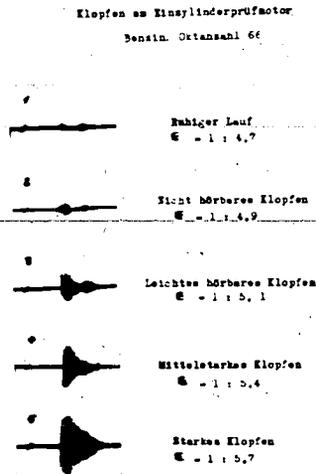


Bild 4 zeigt diesen Vorgang im Vierzylindermotor:

Bild 4

Vorlaufbilder eines Vierzylindermotors

Vorlaufung 0°
runder Lauf



2 4 3 1

Vorlaufung 20°
Zylinder 1, 2, 4 arbeiten
zu kipfen
Zylinder 3 hat
noch zu kipfen



2 4 3 1

Vorlaufung 60°
Kipfer nach kipfen
Kipfer
Zylinder 2 hat laut zu
kipfen
Zylinder 1 ist noch
ruhig



3 1 2 4

Vorlaufung 90°
Zylinder 3, 4 kipfen
sehr stark, Zylinder 2 noch
mäßig
Zylinder 1 beginnt zu
kipfen



2 4 3 1

Vorlaufung 120°
Antitische Zylinder
sind zu kipfen bereit
ligt, aber noch jetzt
noch Zylinder 1 in geringe
von Ruhe



1 2 4 3

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass selbst für die Bewertung der wechselseitigen Beziehungen zwischen Kraftstoff und Motor diese bisher nicht zu ermittelnde Spanne des nicht hörbaren Klopfens von grundsätzlicher Bedeutung ist. Sobald die Möglichkeit besteht, wollen wir der Klärung dieser Verhältnisse nachgehen.

Im weiteren Verlauf unserer Arbeiten auf diesem Gebiet finden sich zwei interessante Ergebnisse:

Beim Einzylinderprüfmotor kann man die Klopfausschläge, welche auf der Oszillographenröhre sichtbar gemacht sind, durch Anwendung eines gedämpften elektrischen Zeigergerätes in Millivolt- bzw. Milliampère ablesen. Daraus ergibt sich die Tatsache, dass man das Klopfverhalten des Kraftstoffgemisches graphisch darstellen kann. Man hat somit die Möglichkeit, die auf diesem Wege erhaltenen Klopfkurven aufzuzeichnen und zu vergleichen. In gleicher Weise kann man die Einwirkung von Zusätzen an ein und demselben Kraftstoff untersuchen, wobei besonders betont sein mag, dass hier das Gebiet des nicht hörbaren Klopfens zwangsläufig mit erfasst wird. Die graphische Darstellung derartiger Kraftstoffbewertungen ist in folgender Bild wiedergegeben:

- 72 -

Braunkohlenbenzin (Bokalt)

mit 04 07 10 % Blei

mit 10 20 30 % Benzol

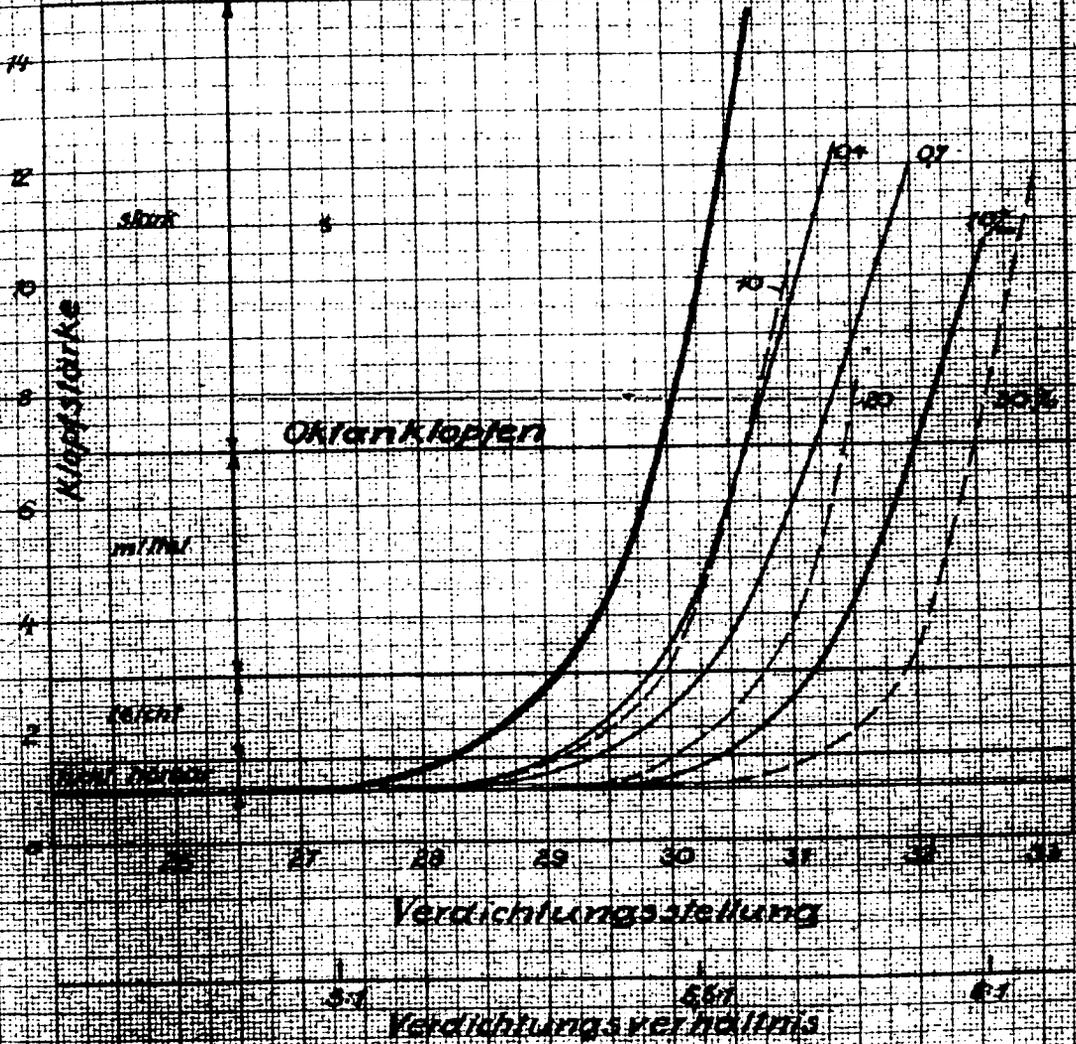


Bild 5 10084

Benennung

Zu Nr.

29.11.40

Datum

Das andere Ergebnis bestand darin, dass wir feststellten, dass die Klopfuntersuchungen an Mehrzylindermotoren auch im fahrenden Wagen durchgeführt werden können. Die nächsten Bilder zeigen die Gegenüberstellung derartiger Untersuchungen im Fahrzeug und auf dem Prüfstand. Es handelt sich hier um einen Vierzylindermotor, der mit dem gleichen Kraftstoff einmal auf dem Prüfstand und das andere Mal auf der Landstrasse untersucht wurde. In dem einen Bild sehen wir den einwandfreien Lauf des Motors dar, in dem andern ist das leichte, nicht hörbare Klappen und im dritten Bild deutlich wahrnehmbares Klappen ersichtlich.

Bild 6 - 8

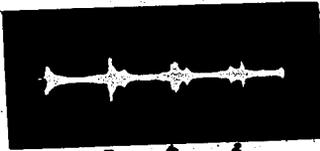
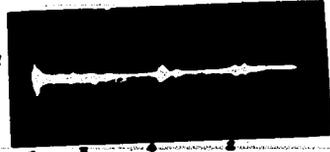
Peugeot 2,1 L.
Auf dem Prüfstand :



ruhiger Lauf

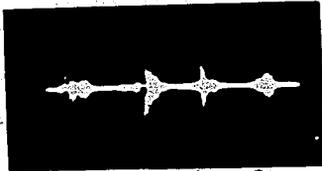
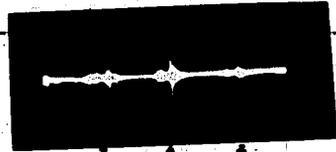
Bild 6

In Fahrweg :



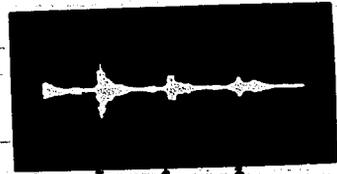
leichtes Klopfen

Bild 7



starkes Klopfen

Bild 8



Die Entwicklungsmöglichkeiten in der Fortsetzung der Erkenntnisse, die wir im Binzylindermotor gewonnen, liegen darin, dass hier die Aussicht besteht, zu einer neuen prüfstandsmässigen Bewertung der Kraftstoffe zu kommen, die den wirklichen Verhältnissen mehr Rechnung trägt als die Festlegung der Oktanzahl. Die Tatsache, dass wir weiterhin jetzt in der Lage sind, das Klopfverhalten eines Kraftstoffes im Fahrbetrieb zu untersuchen, wird sich für die künftige Entwicklung in mehrfacher Richtung auswirken. Es besteht damit die Möglichkeit, den Kraftstoff unter solchen Umständen zu untersuchen, wie sie seiner tatsächlichen Verwertung entsprechen. Dabei bin ich der Überzeugung, dass die Einwirkung auf das Klopfverhalten des Kraftstoffes nicht allein durch seinen chemischen Aufbau bedingt ist, sondern dass auch die Fahrweise, der motorische Zustand und die motorische Konstruktion ebenso einflussreich sind. Damit fällt die bisherige Ansicht, dass das Klopfverhalten lediglich als eine Eigenschaft des Kraftstoffes anzusprechen ist. Wie weit sich diese neue Erkenntnis auf die Gestaltung des Kraftstoffes und des Motors auswirken wird, lässt sich im Augenblick noch nicht überschauen. Es sind hierzu noch eine Reihe von Versuchsarbeiten notwendig, die bereits zusammen mit der Industrie und der Wehrmacht in Anlaufen sind.

Wenn bisher ausschliesslich von Ottokraftstoffen die Rede war, so ist das darin begründet, dass die Entwicklung der motorischen Kraftstoffprüfung vorwiegend diesen Treibstoff vorbehalten war. Auf dem Gebiet der Dieselmotoren hat man mit weit günstigeren Verhältnissen zu rechnen, insofern, als der Dieselmotor gegenüber dem Ottomotor wesentlich anspruchloser ist. Trotzdem hat die Einführung motorischer Prüfungen in Form der Oktanzahlbestimmung auch hier ausserordentlich viele Fortschritte mit sich gebracht. Anstelle von Oktanzahl 60, die früher für den Betrieb des

Dieselmotors für tätig erachtet wird. Inwiefern wir heute mit Cetanzahlen von 35 bis 40 ausstatten unsere deutschen Dieselmotoren betreffen. Allerdings war von vorher ein bei der Bewertung der Dieselmotorkraftstoffe durch die Cetanzahl, die die Ermittlung des Zündverzögerungs darstellt, klar, dass damit noch nicht alle Eigenschaften, die ein Dieselmotorkraftstoff haben muss, restlos erfasst werden. Neben dem Kälteverhalten und der Neigung zu Rückstands bildung war vor allen Dingen bei den einzelnen Dieselmotorkraftstoffen festzustellen, dass der Gang der Motoren je nach Wahl des Kraftstoffes unterschiedlich sein konnte.

Man machte in dieser Richtung Unterschiede und sprach von weichen bzw. weichen oder harten Gang des Dieselmotors. Diese rein empirische Feststellung wirkt sich so aus, dass der Korantrieb diesen Uebelstand dadurch abzuheben suchte, dass er vor Cetanzahl der durch dieses Verhalten belasteten Motor teil, unverändertlich robust fertigte. Damit wird zwar ein Schritt für die Sache der Dieselmotoren, verglichen mit den der Dieselmotoren. höher liegen.

Die guten Erfolge, die die elektrische optische Messmethode bei der Erklärung der Klopfvorgänge an Motoren erzielt hat, veranlassen mich, weitere Untersuchungen auch auf dem Gebiet der Dieselmotorkraftstoffe durchzuführen zu lassen. Hier ergibt sich die erwartete Tatsache, dass die Anwendungsgleichheit unserer Methode ebenfalls gegeben ist. Die bisherigen Forschungsergebnisse lassen eindeutig den Zusammenhang zwischen der Gangart und der angewendeten Kraftstoffqualität erkennen. Wir konnten bisher feststellen, dass die Verminderung des Zündverzögerungs gleichzeitig auch einen weichen Gang mit sich bringt. Damit eröffnet sich die Notwendigkeit, die Dieselmotorkraftstoffe auch in dieser Richtung zu untersuchen. vor allen Dingen deshalb weil es sich bereits ergeben hat, dass Dieselmotorkraftstoffe mit

gleichen Zündverzügen unterschiedliche Gangweise besitzen können. Hier besteht zweifelsohne wiederum ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Konstitution und motorischen Verhalten. Damit ist aber auch ein Hinweis gegeben, Untersuchungen darüber anzustellen, inwieweit durch Zusätze die Brauchbarkeit der Dieselmotoren beeinflusst werden kann. Diesem letzteren Gebiet, das gerade für uns in Deutschland von grundsätzlicher Bedeutung ist, ist leider noch sehr wenig Beachtung geschenkt worden. Diese Tatsache ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass bisher die Beobachtungsmöglichkeit, inwieweit sich diese Zusätze günstig oder ungünstig auswirken, fehlte.

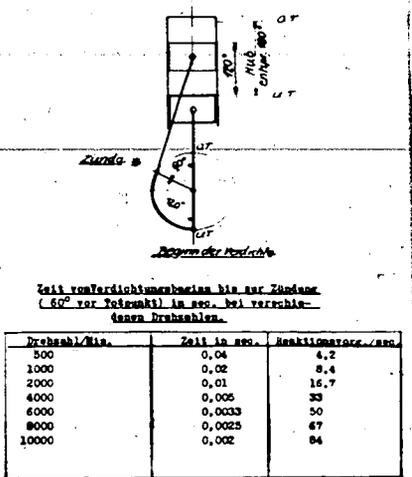
Die Notwendigkeit, durch exakte Bewertungsmethoden das Verhalten der Kraftstoffe eingehend kennen zu lernen, und damit der eingangs erwähnten Grundlagenforschung richtiggestellte Probleme zuzuführen, ist für die Weiterentwicklung der Kraftstoffchemie von grundsätzlicher Bedeutung. Soweit man eine derartige Entwicklung heute übersehen kann, scheint sich als besonderes Charakteristikum bei dem Motorenbau das Bestreben durchzusetzen, die Tourenzahl der einzelnen Motoren zu erhöhen und damit höhere Literleistungen und kleineres Leistungsgewicht zu erzielen. Diese beiden Forderungen, die für den Fahrzeug-, wie für den Flugmotor wichtig sind, scheinen augenblicklich die Entwicklungsrichtung im Motorenbau zu beherrschen. Betrachtet man diese Probleme von der Kraftstofftechnischen Seite, so wird man zu der Überzeugung kommen, dass die Kraftstoffe in ihrer augenblicklichen Qualität die in diesen Problemen enthaltenen Anforderungen nicht erfüllen können.

Gegenüber den heutigen Bestrebungen, die Kraftstoffe möglichst zerfallfest zu machen, liegt in den Planungen, die Tourenzahl der Motore zu erhöhen, das Problem begründet,

die Reaktionswilligkeit der Kraftstoffe zu steigern, da die für die Abwicklung der gesamten Reaktion zur Verfügung stehende Zeitspanne mit Steigerung der Tourenzahl ausserordentlich schrumpft.

Während wir bei einem Motor der entsprechend unserer heutigen Entwicklung mit einer Tourenzahl von 3 - 4000 ausgestattet ist, für den Ablauf der Reaktion im Zylinderkopf eine Zeitspanne von rund 5/1000 Sekunden zur Verfügung haben, würde die Zeit, in der die Reaktion sich abspielen muss, bei einem Motor, der 10.000 Touren dreht, rund 2/1000 Sekunden betragen müssen. Dabei ist nicht zu vergessen, dass derartige Motoren in unseren Rennwagen bereits Verwendung finden und dass damit die hier angeschnittene Problematik auf dem Gebiet der Kraftstoffe tatsächlich vor der Tür steht.

Bild 9.



Die Verminderung der Reaktionszeit von 5/1000 auf 2/1000 Sekunden bedeutet eine Verkürzung von mehr als der Hälfte der bisher zur Verfügung stehenden Zeit. Die Eigenschaften der hierzu benötigten Kraftstoffe empirisch zu entwickeln, würde vermutlich ausserordentlich viel Zeit und Geld kosten. Durch die von uns geschaffenen Bewertungsverfahren ergaben sich bisher schon soviel neue Einblicke in die Wechselwirkung zwischen Kraftstoff und Motor, dass die berechtigte Hoffnung besteht, auch diesen neuen Kraftstoffproblemen gerecht zu werden.