

Diskussion der Vorträge am 16.6.1941.  
=====

Allgemeine Gesichtspunkte.

Ofters tritt die Notwendigkeit auf, technische Aufgaben zu lösen, die wissenschaftlich noch nicht klar sind. Wegen der Kompliziertheit der Verhältnisse ist es dabei notwendig, mit Fingerspitzengefühl weiter zu kommen. Außerdem ist engste Zusammenarbeit der verschiedenen Fachrichtungen untereinander grundsätzliche Voraussetzung. Die Bedeutung der Frage der einwandfreien Beurteilung brauchbarer Kraftstoffe geht aus der Tatsache hervor, daß die neuen synthetischen Anlagen Millionenwerte erfordern, die natürlich zweckmäßig angelegt werden müssen.

Der wesentlichste Einfluß auf den Klopfvorgang ist die Temperatur; aus diesem Grunde ist es notwendig, daß die Temperaturen der Motoren so niedrig als möglich gelegt und Wärmestauungen vermieden werden. Für das Klopfverhalten des Motors ist ja die Stelle mit der höchsten Temperatur ausschlaggebend, sodaß konstruktiv viel durch entsprechende Maßnahmen erzielt werden könnte. Die Versuchsmethode zur Bestimmung der Klopfestigkeit muß sich den praktischen Verhältnissen möglichst anpassen. Das Prüfverfahren (DVL-Überladeverfahren) hat verschiedene Schwächen, von denen die Kompliziertheit eine der wesentlichsten ist. Eine Vereinfachung des motorischen Klopfprüfverfahrens wäre notwendig und könnte wohl im Zusammenhang mit theoretischen Betrachtungen erzielt werden.

Bisher wurden bei der Beschaffung von Hochleistungskraftstoffen hauptsächlich die aromatischen Kraftstoffe herangezogen, weil weitere Neuanlagen für Iso-Paraffin-Herstellung in gleich kurzer Zeit unmöglich gebaut werden können. Man kann sagen, daß nur 20% des Gesamtbedarfes an Iso-Paraffinen hergestellt werden können, die restlichen 80% des Bedarfes müssen aber nach Möglichkeit ebenso klopfest sein wie Iso-Octan. Ein grundsätzlicher Nachteil der Aromaten ist die Temperaturempfindlichkeit, die theoretisch auch erfaßt ist; sie könnte allerdings durch Veränderung der Siedekurve und

der Konstitution der Aromaten beeinflusst werden. Ventilüberschneidung und Teileinspritzung erbringen Fortschritte, durch die eine Ausgleichung der Nachteile möglich ist; deshalb wäre es notwendig, daß der Motor sich praktisch den Kraftstoffen anpaßt. (Pier)

Der motorische Zustand muß einwandfrei geprüft werden, erst dann können mit einem Motor richtige Ergebnisse mit verschiedenen Kraftstoffen erhalten werden. Allerdings müßten sie auch mit dem Vollmotor übereinstimmen; deshalb müßten die Vollmotoren in ähnlicher Weise wie die Einzylinder-Motoren auf einwandfreien Zustand geprüft werden. Dazu ist die Verwendung eines lagerbeständigen Kraftstoffes notwendig.  
(v. Philippovich)

## Zu II. Chemisch-physikalische Erfassung des Klopfverhaltens.

Für die chemisch-physikalische Erfassung des Klopfverhaltens wird nun außer der adiabatischen Verdichtung auch ein Wert auf motorischer Erfahrungsgrundlage vorgeschlagen. Zwei Einflüsse wirken sich motorisch besonders stark aus, die bei dem Zündverzugsverfahren von Jost nicht erfaßt werden und zwar das Kraftstoffluftverhältnis und der Spülvorgang, d.h. die Menge Restgas, die im Zylinder verbleibt. Dementsprechend erscheint es wünschenswert, auf die Untersuchung dieser beiden Vorgänge bei der adiabatischen Verdichtung weiter einzugehen. Die Möglichkeit mit motorischen Erfahrungswerten und chemisch-physikalischen Eigenschaften der Kraftstoffe im voraus die Berechnungen der Klopfgrenzkurve vorzunehmen, erscheint interessant, müßte aber noch weiter untersucht werden. (v. Philippovich)

Auf Grund der Formel:

$$\tau = \frac{\text{Const}}{p^n} \cdot e^{-\frac{E}{RT_e}}$$

wurde von Fromherz und anderen Mitarbeitern Dr. Pier's der Einfluß von Druck und Luftüberschuß erfaßt.

Auch wurden Einflüsse motorischer Art auf ihre reaktionskinetische Bedeutung hin untersucht, und es konnte gezeigt werden, daß theoretische Klopfgrenzkurven herauskommen müssen, wie sie bei Ventilüberschneidung und anderen Ansaugtemperaturen motorisch gefunden werden. (Fromherz)

Die Mitarbeiter von Prof. Jost, Teichmann u. Rögner versuchten, in dem Ausdruck für den Zündverzug

$$\tau = f(p, \lambda \dots) e^{\frac{E}{RT}}$$

die Funktion  $f(p, \lambda \dots)$  experimentell zu ermitteln. Dabei ergab sich bei n-Heptan nur eine außerordentlich geringe Abhängigkeit von  $p$  u.  $\lambda$  nicht größer als den verbleibenden Unsicherheiten entspricht. (Vom Druck könnte  $\tau$  also höchstens wie eine niedrige negative Potenz von  $p$  abhängen.) Könnte man bei zunehmendem Luftüberschuß die Temperatur im Motor unverändert halten, so sollte nach allen Erfahrungen über die Oxydation von Kohlenwasserstoffen die Klopfneigung über ein weites Gebiet monoton abnehmen; die abweichende Erfahrung am Motor ist nur durch Temperatureffekte zu deuten. (Jost)

### III. Motorenprüfung auf Klopfestigkeit.

Bei der Übertragung der Ergebnisse vom Einzylinder-Motor auf den Vollmotor muß man Vorsicht walten lassen. Die Unterschiede zwischen Klein- und Vollmotor sind entschieden wesentlich größer als zwischen einem Flugmotoren-Einzylinder und dem Vollmotor. Der Vollmotorenversuch ist aber auch für Einzylindermotoren-Ergebnisse noch immer zur endgültigen Beurteilung notwendig. Welche Betriebsbedingungen für den Vollmotor allerdings eingehalten werden müssen, müßte grundsätzlich festgelegt werden. Die Verwendung von Kleinmotoren ist sicher sehr interessant. Die Frage, wie verschiedene Vollmotoren Kraftstoffe bewerten, soll heute nicht im einzelnen besprochen werden, obwohl sie von grundlegender Bedeutung ist. (v. Philippovich)

Seeber bemerkt zu seinem Vortrag ergänzend, daß die Fehlmessungen der Intava bei der 2. Versuchsreihe mit dem Kraftstoff CV 2b auf eine Verwechslung von Proben zurückzuführen sein könnte, da der zweite geprüfte Vergleichskraftstoff C 3 in ähnlicher Größenordnung bestimmt wurde wie von den übrigen Prüfstellen.

Wenzel ist der Ansicht, daß auch bei einem Vergleichsversuch mit CV 2b-RLM zwischen der I.G. und der Intava (Intava Bericht 89) eine Verwechslung von Kurven vorgelegen

habe.

Demgegenüber führt Witschakowski aus, daß in dem von Seeber erwähnten Falle eine Verwechslung wohl vorliegen könnte, daß aber bei den Vergleichsversuchen zwischen der Intava und dem Technischen Prüfstand eine Verwechslung von Kurven nicht vorläge. Durch diesen Vergleichsversuch wurde also, ähnlich der zuletzt durchgeführten zweiten Vergleichsreihe, ebenfalls festgestellt, daß die Klopfgrenzkurven des Überlademotors der Intava tiefer liegen. Es habe sich auch bei der Prüfung von Hochleistungsbenzinen stets ergeben, daß die Intava eine um etwa 3 at tiefere Lage der Klopfgrenzkurve mißt als der Technische Prüfstand.

Fromherz berichtet von einer Aussprache bei BMW, München. Man sei dort der Meinung, daß die zu niedrigen Werte der Intava auf hohe Zylindertemperaturen zurückzuführen seien.

Ähnliche Versuche, wie I.G.Oppau, führte die DVL 1937 im CFR-Motor bei konstanter Verdichtung mit veränderlichen Ladedrücken durch, wobei sich zeigte, daß bei einigen bestimmten Kraftstoffen bei  $\lambda = 0,9$  dieselbe Reihenfolge auftrat, wie im BMW 132-Einzylinder-Prüfmotor (DVL-Bericht FB 859/1). Versuche, im CFR-Motor mit Einspritzung zu arbeiten, zeitigen keine günstigen Ergebnisse. Versuche, im NSU-Motor Klopfgrenzkurven von Hochleistungskraftstoffen (C 2 usw.) selbst bei sehr scharfen Prüfbedingungen zu bestimmen, führten bei der DVL deswegen nicht zum Ziel, weil der Kraftstoff nicht über dem ganzen Luftüberschußzahlbereich zum Klopfen gebracht werden konnte. Die Arbeiten der DVL im Kleinmotor wurden damals deshalb nicht fortgesetzt, weil das RIM sich bei seiner Bewertung für Flugkraftstoffe, sowie bei Entwicklungstoffen allein auf die Untersuchungen im Flugmotoren-Einzylinder (BMW 132) stützen wollte. (Seeber)

Bei den Versuchen des Technischen Prüfstandes ist nur in einem Falle beobachtet worden, daß durch höhere Ventilüberschneidung die Klopfgrenzkurve im fetten Gebiet gesenkt wurde. (Penzig)

Was die Unterschiede der Richtung der Klopfgrenzkurve bei Ventilüberschneidung anbelangt, die zwischen DVL- und I.G.-Versuchen auftreten, ist es möglich, daß sie auf verschie-

dene Versuchstemperaturen (130 bzw. 80°C) zurückzuführen sind. (v.Philippovich)

Eine starke Begrenzung der Ventilüberschneidung liegt darin, daß bei Ventilüberschneidung über 100 bis 110° der Luftbedarf in der Höhe sehr stark zunimmt, weil die Lader sehr groß werden müssen. Andererseits ist auch bei großer Ventilüberschneidung der Laderlauf sehr schlecht. (Holfelder)

Bezüglich der Frage, ob die Klopfestigkeitskurve bei der Ventilüberschneidung nur durch die Temperatur oder auch durch Beeinflussung des Reaktionsablaufes derartig verändert wird, wurde darauf hingewiesen, daß man eigentlich nur eine Funktion von der Temperatur annehmen kann. (Fromherz)

Die Verhältnisse der Ventilüberschneidung können sich auch klopfördernd auswirken, wie z.B. infolge der Vergrößerung des Füllungsgrades. (Jost)

Die Frage, ob Messungen bei Klopfbeginn und starkem Klopfen (Ausschlag 50) die gleichen Ergebnisse zur Folge hätten, ist nach Versuchen von Stansfield positiv zu beantworten, andere Versuche sprechen wiederum dagegen. (v.Philippovich)

Die Auftragung über dem Ladedruck ist in der Industrie gebräuchlicher, weil die dort verwendeten Bord- und Prüfstandsgeräte sämtlich für die Anzeige des Ladedruckes ausgelegt sind. (Franke)

Zum Vorschlag der I.G.Farbenindustrie (Oppau), einen elektromagnetischen Geber zu verwenden, wird auf das DVL-Verfahren der zweiten Ableitung (s.Veröffentlichung "Kraftstoff" 17.Jahrgang 1941, Heft Juni/Juli) hingewiesen. (Wende)

Nach Erfahrungen von Penzig genügt eine rein optische Anzeige nicht. Der Indikator ist prinzipiell der gleiche, wie er von A.W.Schmidt, München, verwendet worden ist, d.h.er benötigt keine Extra-Bohrung.

#### Zu IV. Eich- und Bezugskraftstoffe.

Aromatenhaltige Kraftstoffe sollten bei der Octanzahlbestimmung mit aromatenhaltigen Bezugskraftstoffen verglichen werden, um das Auftreten von Fehlmessungen zu vermeiden, da sich der verschiedene Zustand der Prüfmotoren stark auswirkt,

wenn nicht gleichartige Kraftstoffe bei der Oktanzahlbestimmung miteinander verglichen werden. Deshalb gibt das paraffinisch-isoparaffinische Gemisch aus Bezugsbenzin und Z 1 bei der Untersuchung von Benzinen mit höheren Aromatengehalten größere Streuungen als bei der Prüfung mit einem paraffinisch-aromatischen Gemisch (Reinbenzol). Die Verwendung von Z 1 ist infolge der sich daraus ergebenden Schwierigkeiten bei der Abnahmeprüfung abzulehnen. (Knaffl)

Der Vorschlag der DVL zur Kontrolle des Motorenzustandes, Mischungen von Benzin und Benzol zu verwenden, brachte kein positives Ergebnis, auch wenn eine Mischung gebraucht wurde, die einem Gemisch aus 80% Iso-Octan und 20% n-Heptan gleichwertig war. Die I.G. ist grundsätzlich anderer Meinung als Knaffl, weil ja die Oktanzahl-Bestimmung selbst auch eine Messung gegenüber paraffinisch- bzw. isoparaffinischen Kraftstoffen darstellt. (Singer)

Singer stellt zu den Ausführungen von Knaffl fest, daß in den Beispielen die Begriffe "Temperaturempfindlichkeit" und "Meßgenauigkeit" verwechselt werden.

Allgemein versteht man unter der "Temperaturempfindlichkeit" eines Stoffes den Oktanzahlunterschied, der sich beim Wechsel der Betriebsbedingungen des Klopfmotors ergibt. Je nach Wahl der Prüfbedingungen und Kraftstoffart können hierbei Unterschiede bis zu 10 und mehr Oktanzahlen auftreten, also wesentlich mehr als aus den Beispielen des Knaffl hervorgeht. Wiederholt man jedoch, ohne die Betriebsbedingungen zu ändern, die Untersuchung eines Kraftstoffes, so läßt sich aus der Streuung der Meßwerte die Meßgenauigkeit angeben. Nach den Erfahrungen von rund 50 Prüfstellen ist die Meßgenauigkeit unabhängig von der Art der untersuchten Benzine; denn solche große Schwankungen in den Betriebsbedingungen, wie sie den Beispielen des Knaffl zu Grunde gelegt sind, kommen bei der Oktanzahlbestimmung nicht vor (z.B. 150° bis 95°C Gemischtemperatur). Aus diesem Grunde war es bis jetzt noch nicht möglich, aus dem Mischungsverhältnis von zwar klopfgleichen, aber sehr artverschiedenen Mischungen, wie es Oktan/Heptan- und Benzol/Heptangemische sind, irgendwelche Vorhersagen über den Motorenzustand und damit über die Meßgenauigkeit bei der Oktanzahlbestimmung machen zu können. Die Verwendung von pa-

raffinischen Unterbezugskraftstoffen bei der Klopfwertbestimmung ist somit gerechtfertigt, besonders auch deshalb, weil ja die Octanzahlbestimmung selbst auch eine Messung gegenüber rein paraffinischen Urbezugskraftstoffen darstellt. (Singer)

Wegen der starken Zunahme des Volumenanteiles Benzol gegenüber dem Benzin bei hohen Octanzahlen könnten sich bei Verwendung eines Gemisches von der OZ 87 Unterschiede ergeben, die bei weniger klopfesten Aromatenmischungen (OZ 80) nicht zu Tage treten würden. (v. Philippovich)

Gegen die Verwendung des Reinbenzols als Unterbezugskraftstoff wird eingewendet, daß es bei praktisch vorkommenden niedrigen Temperaturen erstarre. (Lange)

Es wurde vorgeschlagen, daß für die Kontrolle des Überladeprüfmotors anstelle von Eich C 3 und sonstigen hocharomatischen Kraftstoffen aus der Produktion ein synthetisches Gemisch von Aromaten verwendet wurde, das sich aus Benzol, Xylol und Äthylbenzol zusammensetzt. Dieses soll zu 40% mit 60% Bezugsbenzin vermischt werden und mit 0,12 Vol.% Blei aufgebleit werden. (Pier) Dehmlow (RIM) erklärt diesen Vorschlag für aussichtsreich und interessant.