

BAG No. 3896

HANNOVER

27. UTILIZATION OF LOW
OCTANE No. FUELS

Gm Rm

3896

14. März 1945
Dr. Sch./H.

----- 21047/48

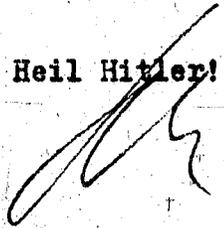
Herrn
Dr.-Ing. habil F. Kneule
Vorstand des Institutes für Chem. Technologie
Mineralölforschung der T.H.
München

BAG Taroot
3896 HANNOVER

Sehr geehrter Herr Kollege!

Durch Herrn Bokemüller, dem Leiter des Forschungskreises 5 des RfRuK, erhielt ich Einblick in Ihren November-Teilbericht über die Verwendungsmöglichkeit niederoktoniger Kraftstoffe durch Abgaszusatz. Mich interessieren rein wissenschaftlich Ihre Untersuchungen; ich wäre Ihnen daher für die Übersendung einer Kopie ausserordentlich dankbar.

Heil Hitler!



DER REICHSMINISTER FÜR RÜSTUNG UND
KRIEGSPRODUKTION

DIE KRAFTFAHRZEUGKOMMISSION

Forschungskreis 5: "Kraft-,
Schmier- und Kühlstoffe"

Leiter: Dipl. Ing. Bokemüller
Brf. Nr. 1008/45

(17a) Gaggenau/Baden, d.
i. H. Daimler-Benz AG.

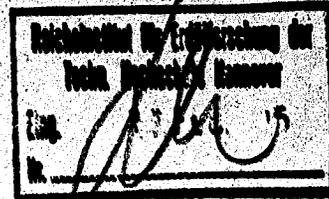
od. (20) Bad Harzburg, den 15.2.45
Burgstr. 28. - Tel. 222.

BAG Tarent

Einschreiben! HANNOVER

Reichsinstitut für Erdölforschung
der Technischen Hochschule

(20) Hannover
Am kleinen Felde 12.



Betr. Abgaszusatz bei Otto-Kraftstoffen OZ 60 und OZ65.
Ihr Schrb. v. 26.1.45. - Ihr Zeichen: Dr. Sch./H.

Die beim Institut für Chemische Technologie der TH München angeforderten weiteren Berichte, die an die interessierten Institute und Prüfstellen der Industrie zur Verteilung gelangen sollten, sind noch nicht eingegangen.

Da das Münchner Institut möglicherweise infolge Feindeinwirkung kurzfristig die nachverlangten Abzüge nicht beibringen kann, überlasse ich dem Reichsinstitut einstweilen meinen Bericht zur Einsichtnahme. Ich bitte um gelegentliche Rücksendung an meine Ausweichstelle Bad Harzburg.

Der diesem Schreiben gleichzeitig beigelegte Abzug des Prospektes "Surcarburex" kann bei Ihren Akten verbleiben.

Heil Hitler!

Bokemüller
(Bokemüller)

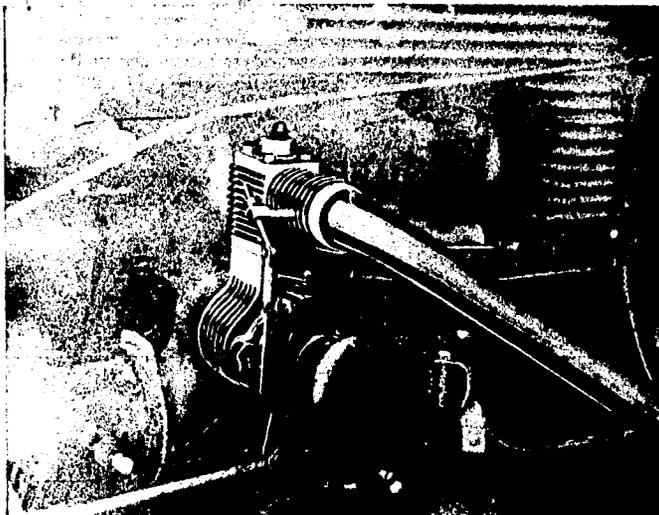
Anlagen: 1 Ber. TH Mü, zurückerbeten,
1 Prosp. "Surcarburex", zum Verbleib.

BAG Target
3896 HANNOVER

"SURCARBUREX"

DER KNALLSICHERE AUSPUFFGASBEIMISCHER
FÜR MOTORE HOHER KOMPRESSION

SYSTEM BLANC & PAICHE



Patent eingereicht

Internationales
Modell eingereicht

*SURCARBUREX auf einem 6 Zylinder Saurer Motor montiert
(mit horizontalem Vergaser)*

Der knallsichere Auspuffgasbeimischer SURCARBUREX ermöglicht bei einer Leistungssteigerung von 5 - 10% die Verwendung normalen 65 Oktanbenzins für Motore sehr hoher Kompression (beispielsweise 8:1 oder 10:1) ohne Klopfen des Motors oder irgend ein Risiko für den Mechanismus und mit einer Brennstoffersparung von 15 bis 25%, je nach dem Kompressionsverhältnis.

Dieser automatisch funktionierende Apparat wird zwischen dem Vergaser und dem Motor eingebaut.

VERWENDUNG BEI GENERATORFAHRZEUGEN.

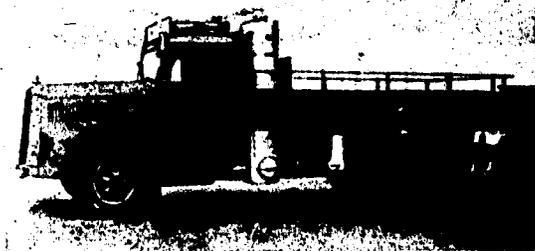
Der SURCARBUREX kann ausnahmslos für alle Generatorfahrzeuge verwendet werden, deren überkomprimierte Motore mit normalem Benzin betrieben, übermäßig klopfen und schweren mechanischen Schaden ausgesetzt sind.

Generatorfahrzeuge, die mit dem knallsicheren Auspuffgasbeimischer SURCARBUREX ausgestattet sind, bieten folgende Vorteile:

1. Sie können sofort mit Benzin anfahren und später auf Gasbetrieb umgeschaltet werden, wobei jeglicher Zeitverlust vermieden wird. In den Garagen können die Fahrzeuge ohne Inbetriebsetzung des Generators leicht verschoben werden.

2. Im Falle einer Generatorpanne oder mangels Generatorbrennstoff, kann die Fahrt mit gewöhnlichem Benzin bei voller Geschwindigkeit und geringerem Verbrauch fortgesetzt werden, und zwar ohne Klopfen und ohne Gefahr für den Motor. Mangelt der Generator bei einer starken Steigung an Kraft, so kann man zur Ueberwindung der kritischen Strecke, augenblicklich auf Benzin umschalten.

3. Auch Abschaffung der Benzinrationierung können diese Fahrzeuge ohne jede Veränderung, wirtschaftlich gerechtfertigt, im Betrieb gelassen werden, da ihr Verbrauch an gewöhnlichen Benzin dank dem Auspuffgasbeimischer SURCARBUREX äusserst gering ist. Die sehr hohen Kosten, die durch den Umbau des Motors auf seinen ursprünglichen Zustand entstehen, werden auf diese Weise vermieden.



*Lastwagen Saurer-Diesel 105 PS. 8 L.
Kompression 9,1 mit Anhänger,
Gesamtbelastung 16.200 kg.
Mit SURCARBUREX ausgerüstet*

EINLAGE
193947

VERWENDUNG BEI BENZINMOTOREN.

Der knallsichere Auspuffgasbeimischer SURCAREUREX kann auf allen Benzinmotoren für Automobile, Flugzeuge oder andere Verwendungszwecke eingebaut werden. Er gestattet das Kompressionsverhältnis auf 8:1 bis zu 10:1 zu erhöhen. Auf diese Weise wird die Leistungsfähigkeit der Motore ohne Klopfgefahr wesentlich erhöht, wobei die Brennstoffersparung bis zu 25% betragen kann.

VERWENDUNG BEI FLUGZEUGMOTOREN.

Der Auspuffgasbeimischer SURCAREUREX kann für die Flugzeugmotore von grosser Bedeutung werden, denn er gestattet die vollkommene Ausschaltung des bisher für den einwandfreien Betrieb von hochleistenden Motoren unumgänglich notwendigen Flugbenzins von 90 und 100 Oktanen und dessen Ersatz durch gewöhnliches 65-Oktanbenzin oder dessen Ersatzstoffe.

VERWENDUNG BEI MOTOREN FÜR ERSATZTREIBSTOFFE.

Der SURCAREUREX kann auch auf allen Motoren eingebaut werden, die mit auflodernden Ersatztreibstoffen betrieben werden. Auf diese Weise kann die Beimischung von Alkohol und Wasser, die gegenwärtig erforderlich ist, um das Klopfen der Motore zu verhindern, stark herabgesetzt werden.

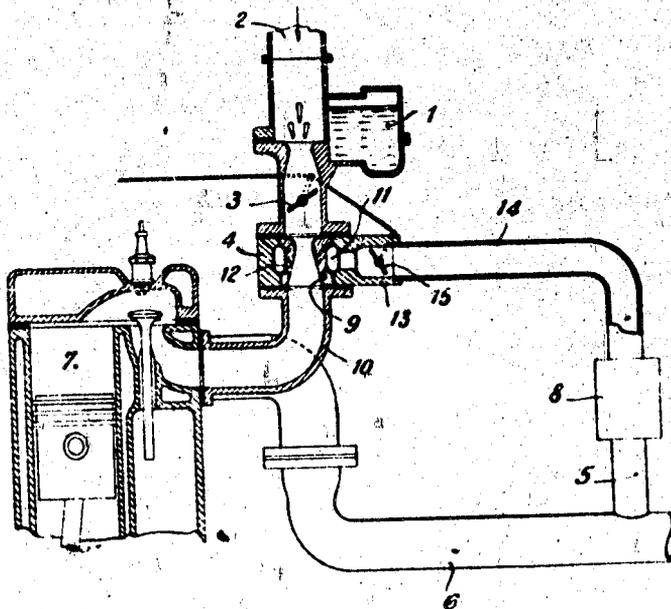
WIE ARBEITET DER KNALLSICHERE AUSPUFFGASBEIMISCHER «SURCAREUREX».

Dieser Apparat arbeitet nach folgendem Prinzip:

Das vom Vergaser kommende Brennstoffgemisch wird vor seinem Eintritt in die Zylinder durch ein inaktives Gas verdünnt, welches den Heizwert des Brennstoffgemisches herabsetzt und so jegliche Möglichkeit der Selbstzündung ausschaltet. Der Zufuhrhebel des Apparates ist mit dem des Vergasers synchronisiert.

Das verwendete inaktive Gas ist in diesem Fall das Auspuffgas selbst des Motors, welches beim Austritt aufgefangen und nach Passieren eines Flammenschutzfilters dem Auspuffgasbeimischer zugeführt wird, wo die Beimischung in einer Diffuserkammer erfolgt. Das Gemisch wird, im Verhältnis zur gewünschten Leistung bestimmt. Die Einstellung wird ein für alle Mal besorgt und der Apparat benötigt keine Instandhaltung.

Der Auspuffgasbeimischer SURCAREUREX lässt sich sehr leicht auf allen Motoren mit interner Verbrennung montieren.



Schematischer Schnitt der SURCAREUREX Anlage.
 (mit vertikalem Vergaser)

**BERICHT ÜBER
 OFFIZIELLE VERSUCHE:**

Auf Verlangen des Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartements, Sektion für Kraft und Wärme, wurde der Auspuffgasbeimischer offiziellen Versuchen unterzogen. Ein diesbezüglicher Bericht wurde vom Eidg. Materialprüfungsamt in Zürich ausgestellt. Die Versuche wurden mit zwei ganz verschiedenen Motoren durchgeführt.

1. Mit einem Saurer Lastwagen von 5-6 Tonnen, Type 5 BLD, 6 Zylinder, Bohrung 110 mm., Hub 150 mm. Kompressionsverhältnis 9:1, in Verwendung auf Bergstrecke.

2. Mit einem Motor Opel-Olympia, 4 Zylinder 1937, Bohrung 65,9 mm., Hub 90 mm., Kompressionsverhältnis 6.8 in der Eidg. Material-Prüfungsanstalt in Zürich.

Das offizielle Gutachten bestätigt die ausgezeichneten Resultate, die bei den zwei obigen Versuchen mit dem Auspuffgasbeimischer erzielt wurden. Dieser 16-Seiten läng und genauest ausgearbeitete Bericht kann allen Interessenten jederzeit zur Verfügung gestellt werden.

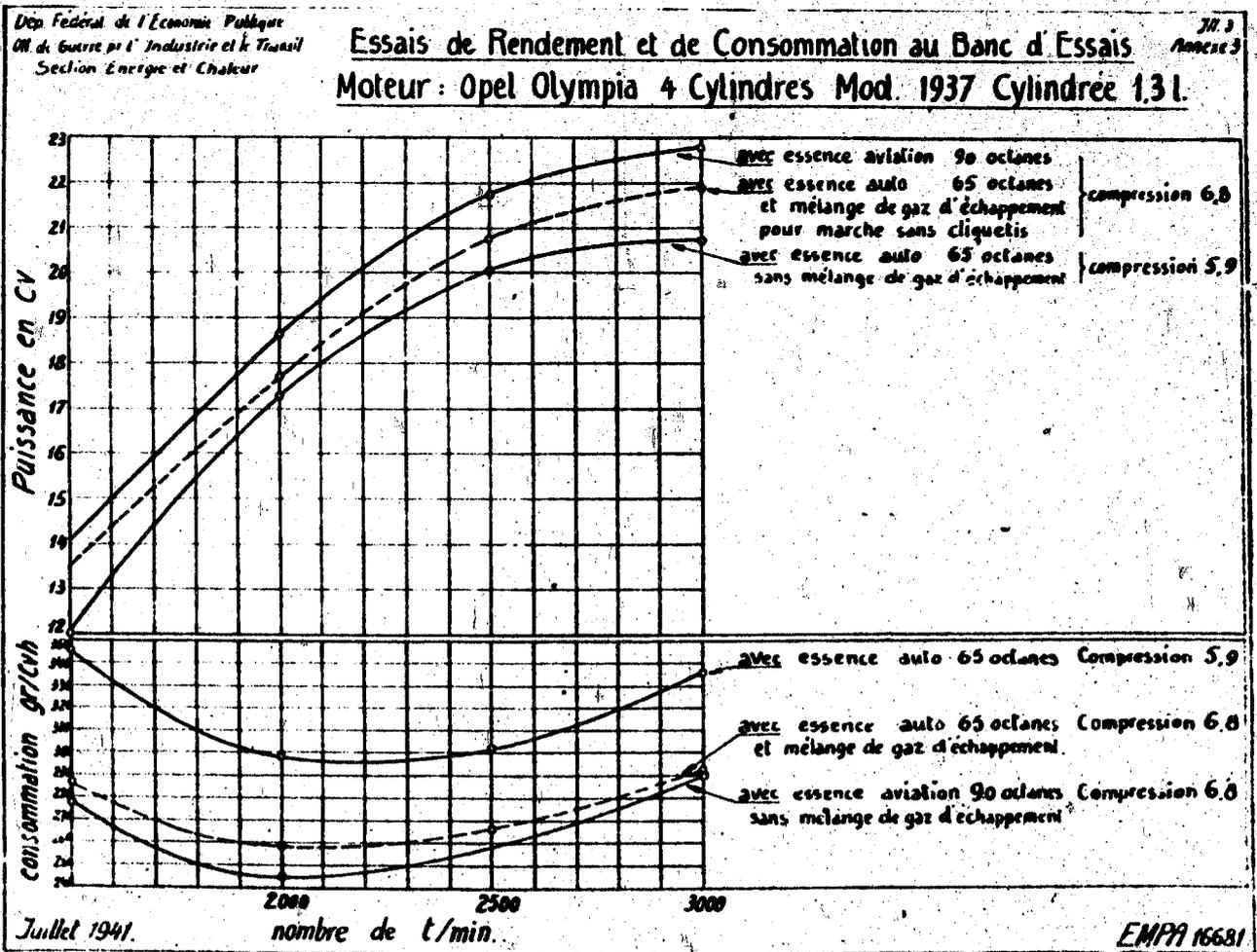
Nachstehend die dem offiziellen Bericht entlehnten Schlussfolgerungen :

Praktische Versuche auf Bergstrecken.

Aus den Ergebnissen der praktischen Versuche ist der Schluss zu ziehen, dass der Apparat SURCARBUREX eine gangbare Lösung darstellt zur Vermeidung der Schwierigkeiten in Bezug auf das Brennstoffklopfen bei Dieselwagen, bei deren Motoren die Verdichtung auf z. B. 9 erniedrigt wurde, zwecks Betrieb mit Holz- Holzkohlengas, oder bei Wagen, die von Benzinbetrieb auf Betrieb mit Holz- oder Holzkohlengas unter Erhöhung der Verdichtung umgebaut wurden und die unter Beibehaltung der hohen Verdichtung von 8 - 9 wieder mit Benzin betrieben werden sollen.

Ergebnisse auf dem Prüfstand.

Bei den Versuchen auf dem Prüfstand mit einem OPEL-OLYMPIA bei Anwendung der Auspuffgasbeimischung und der erhöhten Kompression von 5,9 auf 6,8, konnte der Entfall jeglichen Motorklopfens, eine mittlere Erhöhung der Leistung von 5,9% und eine Verminderung des spezifischen Brennstoffverbrauchs von 14% festgestellt werden. (Siehe untenstehendes Diagramm).



SURCARBUREX
BLANC & PAICHE
RUE DU LÉMAN, 6
GENÈVE

Institut für Chemische Technologie und Mineralölforschung.

K. Vorstand: Dr.-Ing. habil. F. Kneute.

BAG Tareet
3886 HANNOVER

Teilbericht

zum Forschungsauftrag des Bevollmächtigten für Mineralölforschung im
Reichsforschungsrat,

Klopfeß SS 4891-0204 (1674/14) -II/43

Verwendungsmöglichkeit niederoktaniger Kraftstoffe durch
Abgemessensatz.

Inhaber des Auftrages:

Bearbeiter

Dr. Kneute
Dr. Jute

Technische Hochschule München

November 1944.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung.....	1
II. Die klopfende Verbrennung.....	1
A. Klopfmindernde Maßnahmen.....	1
B. Der Einfluß von Abgasen auf die Verbrennung....	3
III. Französische Versuche	6
IV. Versuchseinrichtung	8
V. Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse	10
VI. Schlußbetrachtungen	13

I. Einleitung.

Um der augenblicklich gespannten Kraftstofflage gerecht zu werden, ist es notwendig, auch die niederoktanigen Benzine möglichst in dem Zustand zu verwenden, wie sie bei der Erzeugung anfallen. Die bei der Fischer-Synthese anfallenden Benzine können bis jetzt wegen ihrer hohen Klopfempfindlichkeit ohne besondere vorherige Vergütung (Mischung mit klopfesten Komponenten, Zugabe von Bleitetraäthyl, Abtrennung der besonders klopfempfindlichen Fraktionen) in normalen Motoren nicht benutzt werden. Wenn auf dem Gebiet der Kraftfahrzeug- und Panzermotoren klopfeste Mischkraftstoffe oder Bleitetraäthyl eingespart werden könnten, so würden derartige Maßnahmen eine fühlbare Entlastung auf dem Sektor der Flugkraftstoffe bringen, wo man auf hohe Klopfestigkeit noch unbedingt angewiesen ist. Im Interesse einer kurzfristigen Lösung darf es sich bei der Verwendung niederoktaniger Kraftstoffe nur um Maßnahmen handeln, die einfach und in allen schon in Betrieb stehenden Motoren durchführbar sind. Das in Frankreich von einigen Forschern benutzte Verfahren einer Abgasbeifügung zu den Frischgasen, das die gewünschte klopfmindernde Wirkung bei gleichzeitiger Erfüllung der Forderung nach Einfachheit aufweist, dürfte diesen Forderungen am ehesten genügen.

II. Die klopfende Verbrennung.A. Klopfmindernde Maßnahmen.

Nach den heutigen Anschauungen ist das Phänomen des Klopfens auf eine Selbstentzündung des noch nicht verbrannten Gemischrestes im Zylindertotraum zurückzuführen. Eine solche Selbstentzündung kann durch Variation der Betriebsbedingungen beeinflusst werden; zur Hauptsache ist sie aber durch die molekulare Struktur der im verwendeten Kraftstoff enthaltenen Kohlenwasserstoffe (KWs) bestimmt. Es ist bekannt, daß die langen paraffinischen Kws leichter zerfallen, d.h. eher zum Klopfen

weisen, als die optischen Verbindungen.

Wie aus den obigen Erläuterungen hervor geht, läßt sich das Klopfen durch 2 grundverschiedene Maßnahmen beheben und zwar sowohl durch Änderung der Betriebsbedingungen, als auch durch Beeinflussung der Verbrennungseigenschaften der Kraftstoffgemische.

1. Zur Verminderung des Klopfens durch Änderung der Betriebsbedingungen können wohl hauptsächlich 3 Maßnahmen in Betracht und zwar:

- a) Verminderung des Verdichtungsverhältnisses,
- b) Zurückverlegung des Zündzeitpunktes und
- c) Erhöhung der Drehzahl und dadurch Erzielung einer zwangsläufigen Herabsetzung der Reaktionszeit.

Für die praktischen Sofortmaßnahmen an vorhandenen Motoren scheidet die 1. Maßnahme der Verminderung des Verdichtungsverhältnisses aus zeitlichen Gründen aus. Wie sich eine Zurückverlegung des Zündzeitpunktes auf die Leistungsabgabe des Motors, die ja praktisch hauptsächlich interessiert, reagiert, ist am hiesigen Institut von F. K n e u l e an einem Mehrzylindermotor ausgiebig untersucht worden. ¹⁾ Auch eine Heraufsetzung der Drehzahl ließe sich bei vorhandenen Motoren nicht ohne Änderung der Ventilsteuerseiten (Nockenformen) und der konstruktiven Kolbengestaltung durchführen.

2. Die zweite Maßnahme zur Erzielung einer klopfreien Verbrennung im Motor wurde bis heute wohl ausschließlich durch Zugabe von hochoktanigen KWe oder durch Metallsätze (TAL) erreicht. KWe können die Klopfseigenschaften nur bei entsprechend weitgehender Beigabe genügend beeinflussen, so daß dieses Verfahren von der vorhandenen Menge der betreffenden KWe abhängig wird. Wenn auch metallische Zusätze schon in kleinsten Mengen die Klopfseigenschaften

¹⁾ F. Kneule, Einfluß der Oktanzahl auf den Betrieb von Fahrzeugmotoren, Forschungsbericht des R.F.R.

weltgehandelt beeinflussen, so muß auch wegen des Mangels an Pb bei dem steigenden Kraftstoffbedarf der Mehrmacht nach anderen Mitteln gesucht werden. In Zukunft dürfte die Zugabe von Abgasen zum Brennstoff-Luftgemisch, die ebenfalls zu der zweiten Gruppe der klopfmindernden Maßnahmen zu zählen ist, eine immer weitere Bedeutung erlangen, weshalb in der vorliegenden Arbeit gerade auf dieses Problem näher eingegangen werden soll.

B. Der Einfluß von Abgasen auf die Verbrennung.

Um einige Anhaltspunkte über die klopfmindernde Wirkung von Abgasbeigaben zu erhalten, sollen zunächst einige in Frage kommende chemische Reaktionseigenschaften diskutiert werden.

Die klopfmindernde Wirkung von Abgaszusätzen ist wohl auf folgende 3 Partialwirkungen zurückzuführen.

1. Durch die Zugabe von Abgasen (ungefähre Zusammensetzung 5% CO, 10% CO₂, 1 bis 2% O₂, 75% N₂ und rund 6% H₂O) werden zunächst infolge der zusätzlichen Anwesenheit von Stickstoff und Kohlendioxyd die aktiven Bestandteile des Brennstoffluftgemisches verdünnt und ihre Partialdrücke herabgesetzt, so daß wieder zur Erhöhung ihrer Partialdrücke und zur Erzielung der ursprünglichen Reaktionsgeschwindigkeit das Verdichtungsverhältnis entsprechend erhöht werden muß, oder mit anderen Worten, bei gleichem Verdichtungsverhältnis wird die Reaktion träge verlaufen als ohne Zusatz.
2. Als ein zweiter Punkt, der als klopfmindernder Faktor durch die Zugabe von Abgasen gewertet werden kann, ist ihr Gehalt an CO. Wenn auch CO sich mit O₂ unter Wärmeabgabe (Flammerscheinung) zu CO₂ verbindet, so muß doch berücksichtigt werden, daß das CO äußerst schwer zu entzünden ist und selbst bei einer erfolgten Zündung sich sehr träge umsetzt. Erst die Gegenwart von Wasserdampf bewirkt eine gewisse Erhöhung der Verbrennungsgeschwindigkeit, die aber trotzdem noch nicht an diejenige unserer klopfreudigen Benzine heranreicht. Da aber der

CO-Anteil im Abgas nur etwa 5% beträgt und da sich der Abgaszusatz auch nur in geringen Grenzen bewegt, (maximal etwa 20% der Frischluft), so wird wohl den Einfluß der trägen CO-Verzögerung, nicht die ausschlaggebende Rolle der klopfhemmenden Wirkung von Abgaszusatz zukommen. Vielmehr dürfte ein weiterer Punkt eine erheblich größere Rolle spielen.

3. Außer einer Verdünnung des CO_2 , die chemisch gesehen als neutrale Wirkung zu werten ist, kommt dem CO_2 unter den gegebenen Motorbedingungen in Hinsicht auf die Verbrennungsförderung noch ein ausgesprochen negativer Einfluß und zwar derjenige, der Dissociation zu, worauf nachfolgend noch kurz hingewiesen werden soll.

Jede chemische Reaktion



verläuft mit einer gewissen Geschwindigkeit, der sogenannten Reaktionsgeschwindigkeit v'

$$v' = k' \cdot \sqrt[A]{A}^m \cdot \sqrt[B]{B}^n$$

wobei die Geschwindigkeitskonstante k' eine reine Temperaturfunktion ist. Gleichzeitig tritt eine analoge rückläufige Reaktionsgeschwindigkeit v''

$$v'' = k'' \cdot \sqrt[C]{C}^p \cdot \sqrt[D]{D}^q$$

ein, die mit steigender Temperatur immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Mit fortschreitender Umsetzung wächst infolge der Zunahme von C und D v'' , während v' abnimmt, so daß für $v' = v''$ ein Gleichgewichtszustand eintritt, bei dem die Reaktion scheinbar zur Ruhe kommt, also

$$k' \cdot \sqrt[A]{A}^m \cdot \sqrt[B]{B}^n = k'' \cdot \sqrt[C]{C}^p \cdot \sqrt[D]{D}^q$$

wird.

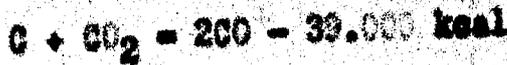
Hieraus folgt die Gleichgewichtskonstante

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2} \cdot p_C}}{\frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2} \cdot p_C}} = f(T)$$

Zur Erklärung des Einflusses von Abgasen auf die Verbrennung durch eine Gleichgewichtsreaktion dürfte zunächst die Boudouard'sche Gleichgewichtsreaktion

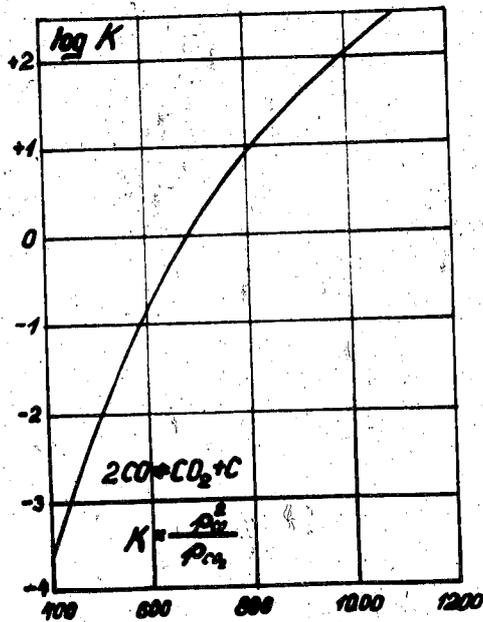


der Wärmebilanzgleichung



interessieren, da wie aus

hervorgeht, die beträchtliche Wärme von 39.000 kcal/mol gebunden wird. Da im Abgas besonders bei einer fetten Einstellung außer dem CO_2 noch reduzierte Kohlenstoffbestandteile (Rußteilchen) vorhanden sind, so wird sich, wie aus der



Boudouard'sches Gleichgewicht.

Abb. 1

Abb. 1 hervorgeht, bei den hohen Temperaturen im Zylinder das Boudouard'sche Gleichgewicht sehr weit nach links verschoben, so daß also bei entsprechenden Kohlenstoffgehalt eine beträchtliche Wärme gebunden werden kann.

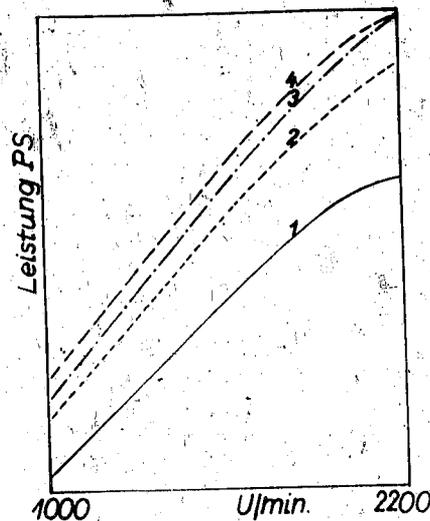
Soweit der vorhandene Kohlenstoff zu gering ist, um mit dem CO_2 eine Reduktion eingehen zu können, treten dann bei den höheren Temperaturen über $1500^\circ C$ (das Boudouard'sche Gleichgewicht verlagert sich schon bei weit geringerer

Temperatur sehr weit nach links) Spaltungserscheinungen (Dissociation) des CO_2 immer merklicher in Erscheinung, wobei nach der Gleichung



der nicht unbedeutende Betrag von 68.000 kcal/mol gebunden wird. Es wird somit ein mit steigender Temperatur wachsender Betrag an Wärme in den Dissociationsprodukten latent gebunden, der erst nach Absinken der Temperatur und Herstellung eines neuen Gleichgewichtszustandes wieder umgesetzt wird und die vollständige Verbrennung verzögert. Infolge der nun noch von außen durch das Abgas zugeführten CO_2 -Anteilen kann diese Erscheinung einen solchen Einfluß ausüben, daß sich dadurch bei anderen klopfreudigen Benzinen eine klopfmindernde Wirkung einstellt. Dieser dritte Punkt dürfte in Zusammenwirken mit dem zusätzlich durch das Abgas eingeführten H_2 wohl die Hauptursache der Abgaswirkung darstellen.

III. Französische Versuche.



Leistungskurven erhalten am gleichen Motor.

Abb.2

Die ersten Versuche einer Abgasbefügung zur Herabminderung bzw. Ausschaltung des Klopfens wurde von dem Franzosen E. Genety ¹⁾ durchgeführt, von dessen Ergebnissen hier einige angeführt werden sollen. Die Kurven der Abb.2 fassen kurz eine gewisse Anzahl von Versuchsergebnissen zusammen, wie sie an einem Motor von rund 65 PS bei einem

1) Genety: L'utilisation des essences à bas indice d'octane sur des moteurs surcomprimés

Verdichtungsverhältnis von 4,6 mit einem Kraftstoff der OZ 60 und an einen Motor (gleicher Motor) von ungefähr 100 PS bei einem Verdichtungsverhältnis von 6,2 mit einem Brennstoff von OZ 75 aufgenommen wurden.

Die Kurve 1 stellt die Leistungskurve des Motors mit einem gewöhnlichen Brennstoff (OZ 60) bei einem Verdichtungsverhältnis von 4,6 ohne Abgasbeifügung dar. Die Kurve 2 zeigt die maximale Leistungskurve unter Verwendung des gleichen Kraftstoffes (OZ 60) bei einem Verdichtungsverhältnis von 6,2 mit Abgasbeifügung.

Die Kurve 3 gibt die Leistungskurve des Motors mit einem gewöhnlichen Kraftstoff (OZ 75) bei einem Verdichtungsverhältnis von 6,2 ohne Abgasbeifügung wieder.

Die Kurve 4 stellt die Leistungskurve mit einem gewöhnlichen Kraftstoff (OZ 60) bei einem Kompressionsverhältnis von 6,6 mit Abgasbeifügung dar.

Man beachtet aus diesen Kurven, daß eine Abgasbeifügung erlaubt:

1. bei gleichbleibender Kompression, den Motor mit Kraftstoffen von niederen Oktanzahlen zu speisen als den üblichen Verdichtungsverhältnis entspricht.
2. Bei gleichbleibender Oktanzahl das Verdichtungsverhältnis des Motors über das für den verwendeten Kraftstoff normal zulässige zu erhöhen und
3. die beiden vorher genannten Effekte zu kombinieren und mit einem gegebenen Kraftstoff eine gegebene Leistung zu erreichen und zugleich einen wirtschaftlichen Verbrauch und eine geringere Temperatur zu verwirklichen.

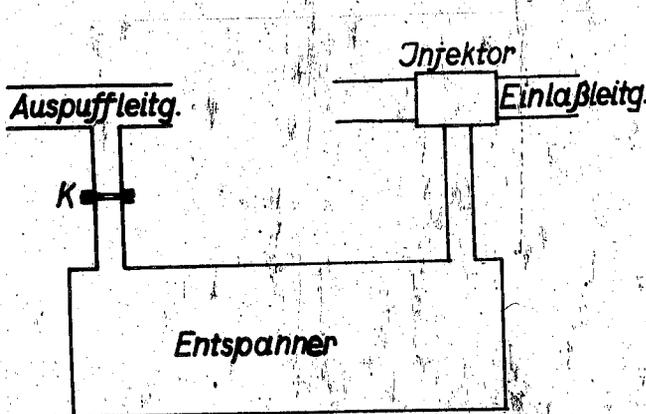
Weiter liegen nach Angaben des französischen Verfassers Versuchsergebnisse aus den praktischen Fahr- und Flugbetrieb vor.

IV. Versuchsanordnung.

Um eine wirksame Anordnung einer Abgasbeifügung zu erzielen, waren folgende 3 Punkte zu beachten:

1. Die Abgase müssen auf einen konstanten Druck (≈ 1 ata) entspannt und abgekühlt werden.
2. Sie müssen sich dann innig mit der Verbrennungsluft vermischen können, so daß sie nachher ein vollkommen homogenes Gemisch bilden und
3. müssen sie während des Betriebes so dosiert werden können, wie es der augenblickliche Betriebszustand des Motors verlangt, bzw. wie es der verwendete Kraftstoff zum klopfreien Betrieb erfordert.

Zur Erzielung dieser 3 Fundamentalforderungen wurde folgende Anordnung verwendet (Abb. 3). Die zuzusetzenden Abgase wurden der Auspuffleitung entnommen und dann durch eine kalibrierte Öffnung K einem Entspanner zugeleitet. Dieser Entspanner, der nichts anderes darstellt, als ein aus Blech gebogener Zylinder, hat die Aufgabe, die noch heißen Auspuffgase abzukühlen und sie auf einen konstanten Druck, dessen Größe durch die kalibrierte Öffnung eingegrenzt wird, zu entspannen. Die französischen Versuche haben ergeben, daß es zweckmäßig ist, den Entspannerdruck bei Atmosphärendruck zu wählen, der an einem angebrachten Manometer kontrolliert werden kann.



Anordnung der Abgasbeifügung

Abb. 3

Zur Erzielung der Forderungen 2 und 3 d.h. zur inangemessenen Vermischung der Abgase mit Verbrennungsluft und zur Variation der Abgasleistung wurde vom Verfasser eine Injektdüse (Abb. 4) entworfen. Die Ansaugluft passiert eine mit Lavalansatz versehene Düse, wodurch sie infolge Erhöhung der Geschwindigkeitsenergie im engsten Querschnitt F an dynamischer Druckhöhe verliert und somit in Stande ist, aus dem Ringraum R, der mit der Abgaszuführung aus dem Entspanner in Verbindung

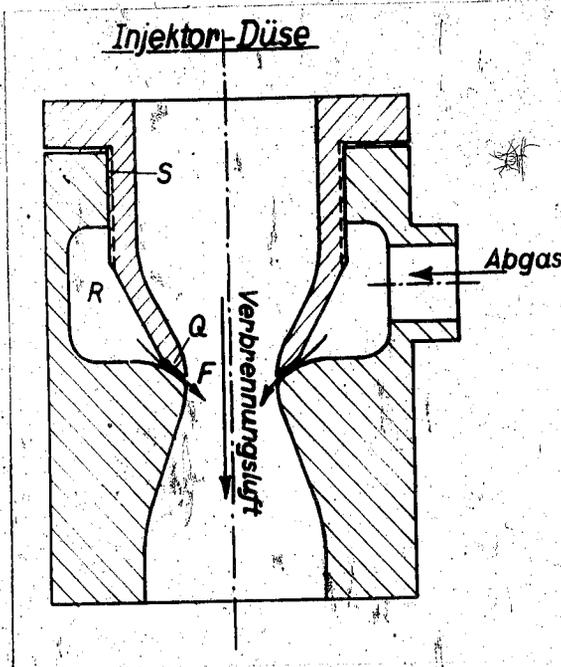


Abb. 4

steht, durch den Querschnitt Q sich die Abgase über den gesamten Umfang anzusaugen. Eine Schraubenführung S gestattet durch einfache Drehung eines Handrades die Größe des Querschnittes Q zu variieren und somit die beizuführende Abgasmenge kontinuierlich zu verändern.

Die Versuche wurden an einem Einsylinder-Versuchsmotor von 500 ccm Hubraum und rund 3,5 PS Leistung bei $n = 800$ U/Min.

durchgeführt, der es gestattet, die Verdichtung während des Laufes zu variieren. Weiter läßt der angebaute IC-Vergaser eine kontinuierliche Variation des Brennstoff-luftverhältnisses zu, so daß es in dieser Versuchseinrichtung gleichgültig war, ob die Abgase vor oder nach dem Vergaser eingeführt wurden. Zunächst sollte auch nur das Verhalten der verschieden hochoktanigen Benzine bei veränderlicher Verdichtung und Abgasbeifügung untersucht werden, da diese Fragestellung heute wohl an aktuellsten

ist. Somit konnte das Brennstoffluftverhältnis, für das eine etwas fette Einstellung gewählt wurde, konstant gehalten werden. Es spielte also zunächst keine Rolle, daß der Vergaser hinter der Abgasbeifügung angebracht war und daher, gleich welcher Luft-Abgaszusammensetzung, immer die gleiche Kraftstoffmenge pro Hub lieferte. Für Versuchszwecke soll auch weiterhin diese einfache anzu- bringende Anordnung beibehalten werden, da es mit dieser Vergaserkonstruktion möglich sein wird, je nach der Abgasbeigabe die Brennstoffmenge zu regulieren. Bei Betriebsmotoren, bei denen der Brennstoff durch eine fest eingebaute kalibrierte Düse dosiert wird, dürfte es bei variabler Abgasbeigabe zweckmäßig sein, die Abgasinjektordüse hinter den Vergaser zu schalten, um die Brennstoffmenge immer nur entsprechend der angesaugten Luft zu bemessen.

V. Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse.

Vier verschieden klopfeste Benzine in Abstand von je 5 Oktaneinheiten (55 - 70) wurden unter den verschiedensten Abgasbeigaben auf bei konstanter Zündeneinstellung auf ihre Leistungsabgabe hin untersucht.

Die Kurven der Abb. 5 stellen die Leistung für die verschieden hochoktanigen Benzine abhängig von der Abgasbeigabe für je ein Verdichtungsverhältnis dar. Die Klopfgebiete, welche der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet sind, beginnen kurz rechts des jeweiligen Leistungsmaximums und nehmen nach links hin an Intensität zu. Aus Bild 2 ($\xi = 7,2$) geht hervor, daß der Kraftstoff der OZ 70 ohne Abgasbeigabe seine größte Leistung hergibt. (Der Zustand reicht schon ins Klopfgebiet hinein, was schon durch den allmählich flacher werdenden Verlauf der Kurve zu ersehen ist.) Mit zunehmender Abgasbeigabe fällt die Leistung. Dagegen zeigt die Darstellung, daß bei dieser Verdichtung ein Kraftstoff der OZ 55 infolge des zu starken Klopfens - abgesehen von der Zerstörung des

**Leistung verschiedenoktaniger Benzine
abhängig vom Abgaszusatz**

für je ein Verdichtungsverhältnis.

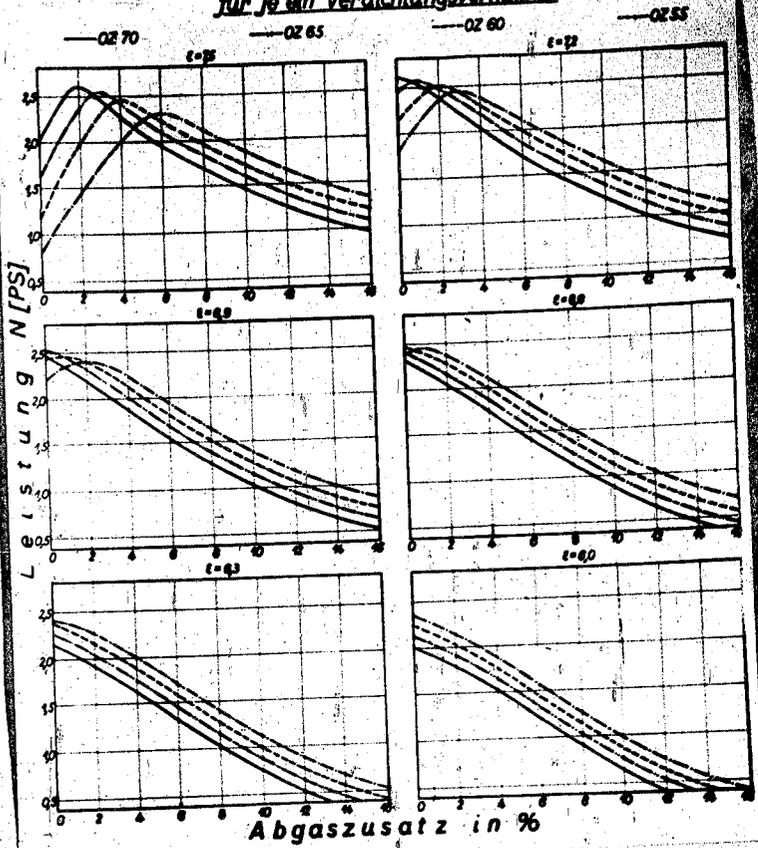


Abb. 5

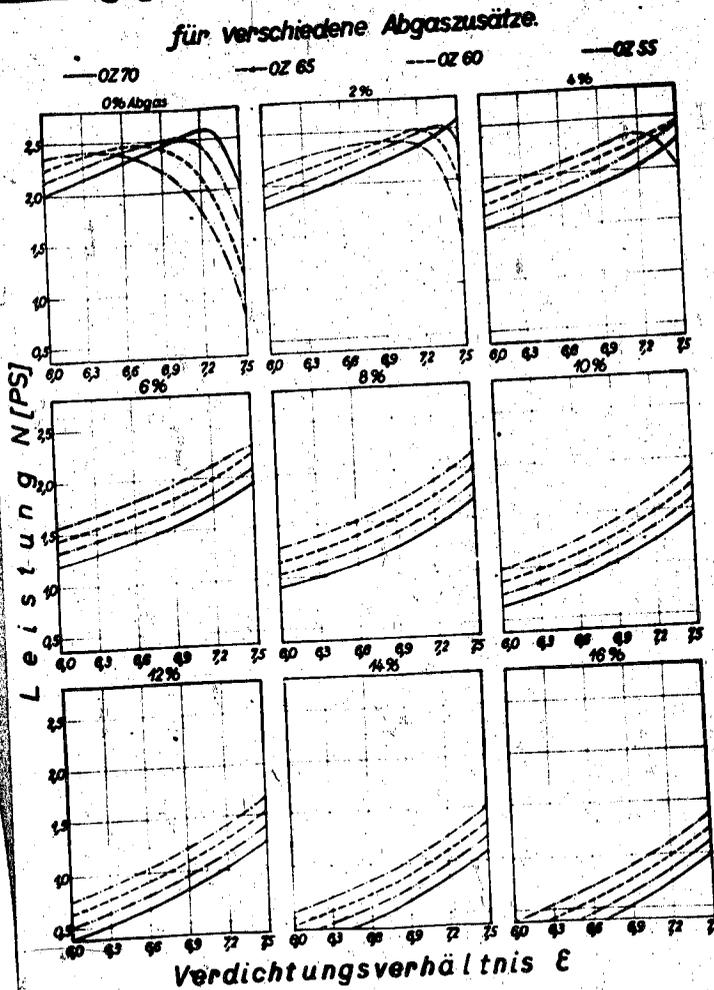
Zusammenhang zwischen dem Kraftstoff der OZ 70 auch leistungsfähig nicht bestehen kann. Erst bei einer gewissen Abgasabgabe wird das Klopfen soweit herabgedrückt, und somit die Leistung entsprechend verbessert, daß er mit dem Kraftstoff OZ 70 einigermaßen konkurrieren kann. Bei einer weiteren Abgasabgabe tritt auch hier wieder ein Leistungsabfall ein, aber wie

die Kurve zeigt, liegen nun die Leistungspunkte für OZ 55 höher als die entsprechenden Punkte der OZ 70. Dies ist wohl auf die größere Zündwilligkeit der niederoctanigen Benzine zurückzuführen. Die Kurven der OZ 60 und 65 nehmen eine Mittelstellung ein. Während nun mit OZ 55 ohne Abgas infolge des Klopfens bei einer unvollständigen Beanspruchung des Motors nur etwa 70% der Leistung, die mit OZ 70 zu erzielen wäre, erreicht wird, steigt die Leistungsabgabe des Motors bei einer geringen Abgasabgabe auf 94% der mit OZ 70 maximal zu erreichenden Leistung. Es wird also nur noch ein Leistungsabfall von

von 66 gegenüber 70 bei 02 70 zu Kauf zu setzen sein.
Bei 02 60 wird ~~...~~ mit Abgasabgabe der Leistungs-
verlust so gering ($\sim 4\%$), daß er in praktischen Fahrbetrieb
wohl ohne Einfluß bleibt. Ähnliches Verhalten zeigen
die Kurven bei niederen Verdichtungsverhältnissen. Hier
rücken die Maxima weiter nach links, so daß also bei Ver-
wendung höher oktanziger Benzine das Maximum praktisch

nicht mehr erreicht
wird und somit die
Leistungsabgabe stets
unterhalb derjenigen
bei Verwendung der
niederen 02 bleibt,
d.h. die höheroktanigen
Benzine können
bei dem geringen
Verdichtungsverhält-
nis nicht voll aus-
genutzt werden.

Leistung verschiedenoktaniger Benzine
abhängig vom Verdichtungsverhältnis ϵ



Interessant ist wei-
ter die Darstellung
der Abb. 6, wo die
Leistung für die
verschiedenen 02 in
Abhängigkeit von Ver-
dichtungsverhältnis
je für eine abgas-
stellung aufgetragen
ist. Die unteren
& Bilder (6 bis 16%
Abgas) zeigen bei
ähnlich abnehmen-
der Leistung immer
die gleiche Tendenz
und zwar steigt die

Abb. 6

Leistung bei einem Übergang mit der Verdichtung an. Erst bei den Verdichtungen von 4,2 und 6 % erreichen besonders die niederoktanigen Benzine bei höher verdichteten Verdichtungen ein Maximum, um dann bei steigender Verdichtung wieder abzufallen. Das Bild ohne Abgasbeigabe zeigt, daß mit dem Kraftstoff der OZ 55 bei $\epsilon = 6,3$ ein Maximum an Leistung zu erreichen ist, das etwa 8% unter der maximalen Leistung, die mit OZ 70 bei $\epsilon = 7,2$ zu erreichen wäre, liegt. Auch aus dieser Darstellung geht hervor, daß der Kraftstoff OZ 70 bei einem Verdichtungsverhältnis von 7,5 und einem Abgasanteil von 2% seine maximale Leistung erreicht. Ebenfalls zeigt diese Darstellung, daß bei den niederen Verdichtungsverhältnissen und bei den höheren Abgasgehalten die niederoktanigen Benzine eine höhere Leistung als die hochoktanigen Benzine hergeben.

VI. Schlußbetrachtungen.

Bei den Versuchen wurde gezeigt, daß bei verbundenen Motoren die beim Übergang auf Kraftstoffe niederer OZ auftretenden Probleme hinsichtlich des Klopfens, die sowohl in einer zu frühzeitigen Zerstörung des Triebwerks als auch in einer Leistungssenkung zu suchen sind, durch eine Abgasbeifügung weitgehend beherrscht werden können. Die beiden Abbildungen 5 und 6 geben eine Gegenüberstellung der sich bietenden Variationsmöglichkeiten von Abgasbeigaben in Vergleich zu dem auf Seite 2 erwähnten Verfahren einer Herabsetzung des Verdichtungsverhältnisses. In großen und ganzen dürfte es leistungsmäßig gerechener auf das gleiche herauskommen, welche der beiden Maßnahmen angewendet wird. Das beim Vergleich der beiden Abbildungen ersichtliche bessere Abschneiden der Abgasbeifügung kann auf Meßungengenauigkeiten beruhen, so daß also der Abgasbeifügung von Standpunkte der Leistungsabwände dem Verfahren der Verminderung des Verdichtungsverhältnisses kein ins Auge fallender Vorteil ausgesprochen werden kann.

Eine Überlegenheit von Abgasabgaben dürfte vielmehr unter anderen Gesichtspunkten zu suchen sein. So bietet die Abgasabgabe den großen Vorteil, daß sie ohne Einriff in die Motorstruktur mit einfachsten Mitteln vorgenommen werden kann. Weiter erlaubt die Abgasabgabe in normalen Zeiten wieder eine sofortige Umstellung auf Kraftstoffe höherer Okt. bei thermisch voll ausgenutzter Leistungsfähigkeit des Motors. Eine ausschlaggebende Bedeutung dürfte die Abgasabgabe bei einer vorübergehenden Umstellung von Generatorgas auf Benzin erlangen.

Die bis jetzt erwähnten Punkte sind rein absolut vergleichender Natur. Wichtig ist auch, sich bei einer evtl. vorzunehmenden Umstellung auf minderwertige Kraftstoffe darüber im klaren zu sein, wie häufig und wie lange im praktischen Fahrbetrieb hochklopfende Kraftstoffe benötigt werden. Schon der praktische Fahrer weiß, daß die Verwendung eines klopfesten Benzins nur zur Überbrückung von besonders kritischen Motorsuständen, die nur kurzzeitig auftreten, eine Rechtfertigung erlangen würde. Offiziell wurde hier im Institut auf Grund umfangreicher Fahrversuche von A.V. Schmidt festgestellt, daß die Spitzenbelastungen unserer Motore auf der Bergfahrt und während des Beschleunigungsvorganges zu suchen sind. Außerhalb dieser kritischen Zustände könnten die Mehrzahl unserer heutigen Fahrzeugmotoren ohne weiteres mit weniger hochwertigen Benzin einwandfrei betrieben werden. Eine Anpassungsregulierung braucht also nur kurzzeitig zu erfolgen. Hier zeigt nun das Verfahren der Abgasabgabe seine große Überlegenheit. Es ließe sich denken, daß während solcher kritischen Augenblicke eine mechanisch arbeitende Vorrichtung die Abgasregulierung auslösen kann.

Die Gegenüberstellung der beiden Maßnahmen zur Vermeidung des Klopfens durch Abgasabgabe, bzw. durch Herabsetzung des Verdichtungsverhältnisses zeigt, daß die Abgasabgabe gegenüber der Umstellung auf ein niederes Verdichtungsverhältnis wesentlich größere Variationsmöglichkeiten ohne besonderen wirtschaftlichen Aufwand bietet. Auch wirkungsgradmäßig gesehen dürfte die Abgas-

beigabe der Umstellung auf ein niederes Verdichtungsverhältnis überlegen sein, da im ersten Fall bei zunehmendem Abgasgehalt die Brennstoffmenge entsprechend der nun weniger verbrauchten Frischluft bemessen wird. Die angeführten Punkte dürften wohl zweifelsohne der Abgasbefähigung zukünftig größere Anwendungsgebiete erschließen.