

Genehmigung
mittet
nur durch
setzer

v Kraut
bronn
GäBl. 16

Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift

"Nainen Kikan" (Die Brennkraftmaschine)

Band 6, Heft Nr.65, November 1967, Seite 26 - 32

Die Abgasvorschriften und der Vergaser

von H.Yuzawa

Firma Hitachi Seisakusho

1. Vorwort

Hand in Hand mit dem immer schneller werdenden Anwachsen des Automobilverkehrs in den großen Städten ist in den letzten Jahren die Verunreinigung der Luft durch die Auspuffgase zu einem sehr ernst zu nehmenden sozialen Problem geworden. Man hat in Tokyo in den Bezirken mit besonders hoher Verkehrsdichte die Verunreinigung der Luft gemessen und man hat auch gesetzliche Vorschriften ausgearbeitet, um die schädlichen Bestandteile in den Auspuffgasen zu verringern.

In Amerika, dem altehrwürdigen Lande des Automobilverkehrs hat man dieses Problem sehr ernst genommen und insbesondere in Kalifornien, wo die durch die geographische Lage dieses Landes gegebenen Bedingungen eine wichtige Rolle spielen, hat man im Jahre 1964 als erstes Beispiel für die ganze Welt Vorschriften für die aus dem Kurbelgehäuse ausströmenden Stoffe erlassen; sodann hat man im Jahre 1966 für den Kohlenmonoxydgehalt und den Gehalt an Kohlenwasserstoffen in den Auspuffgasen Vorschriften ausgearbeitet, und es ist eine Tendenz der weiteren Verschärfung dieser Vorschriften vorhanden. Vom Jahre 1968 an sollen, wie man hört, diese Vorschriften für ganz Amerika Geltung bekommen. Andererseits aber sind auch bei uns hier in

Japan seit dem September 1966 alle neu entwickelten Kraftfahrzeuge und seit dem September 1967 alle neu hergestellten Kraftfahrzeuge entsprechenden Vorschriften unterworfenen zufolge die Konzentration des in den Auspuffgasen enthaltenen Kohlenmonoxydes aufgrund eines "4-mode cycle test" unterhalb von 3% bleiben muß.

Als Quellen der Luftverunreinigung durch die Kraftfahrzeuge sind zu nennen die durch das Auspuffrohr der Kraftfahrzeuge ausgestoßenen Auspuffgase, die aus dem Kurbelgehäuse kommenden "blow by"-Gase, der Vergaser und das Verdunsten des Kraftstoffes aus dem Kraftstofftank. Als schädliche in diesen Gasen enthaltenen Bestandteile sind zu nennen: das Kohlenstoffmonoxyd (CO), die Kohlenwasserstoffe (HC), die Stickstoffoxyde (NO_x) usw.; das CO ist für Mensch und Tier unmittelbar schädlich. HC und NO_x erzeugen durch fotochemische Reaktionen den Smog.

Um eine Verringerung der schädlichen Bestandteile zu erreichen, werden sich auf viele Gebiete erstreckende Forschungen durchgeführt, so z.B. Forschungen, welche eine Verbesserung der Verbrennungskammer des Motors, der Ansaug- und Auspuffsysteme, der Zündsysteme, der Vergaser usw. zum Ziele haben, Forschungen, die eine Oxydation der Auspuffgase, eine erneute Verbrennung der Auspuffgase etwa durch Lufteinspritzung in die Auspuffgase oder durch einen Katalysator erreichen wollen.

Die in den Auspuffgasen enthaltenen schädlichen Bestandteile verdanken ihre Entstehung dem Ergebnis der Verbrennung des Kraftstoffes mit der Luft, dabei ist die Rolle

des Vergasers besonders wichtig. Um eine vollständige Verbrennung des vom Vergaser her zugeführten Luftkraftstoffgemisches zu erreichen, empfiehlt es sich zwar, dieses Gemisch möglichst mager zu machen, andererseits ist man jedoch gezwungen, den Motor ein solches Gemisch zuzuführen, daß die Leistung des Motors nicht schädlich beeinflusst wird; um dieses Ziel zu erreichen, müssen durch eine Verbesserung des Vergasers, Hand in Hand mit einer Erhöhung seiner Genauigkeit und einer Verringerung der Schwankungen die beiden Probleme gelöst werden, nämlich das Problem der Auspuffgase einerseits und das Problem der Motorleistung andererseits.

In der vorliegenden Arbeit soll nun über den heutigen Stand des Vergasers im Hinblick auf die bestehenden Auspuffgasvorschriften, sowie über die erforderlichen Maßnahmen berichtet werden.

2. Das Luftkraftstoffgemisch und die Zusammensetzung der Auspuffgase

Das vom Motor verlangte Luftkraftstoffverhältnis ist je nach dem Betriebszustand verschieden. Im Leerlauf und beim Betrieb mit niedrigen Drehzahlen muß dem Motor, da das angesaugte Luftkraftstoffgemisch durch die im Zylinder zurückgebliebenen Gase verdünnt wird, ein fetteres Gemisch zugeführt werden. Bei Vollastbetrieb muß das Gemisch im Hinblick auf die verlangte Leistung ebenfalls fetter sein.

Die Abb.1 zeigt die Charakteristik des Luftkraftstoffverhältnisses eines Vergasers. Wenn man aus dem Leerlauf die Drosselklappe zu öffnen beginnt, dann wird das Luftkraft-

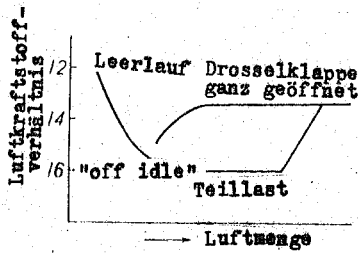


Abb.1 Die Charakteristik des Luftkraftstoffverhältnisses eines Vergasers

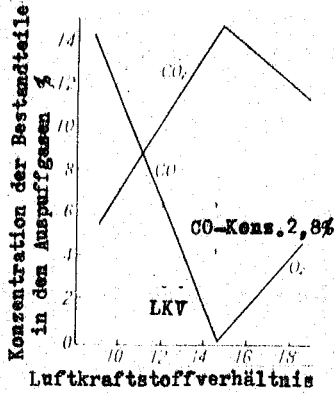


Abb.2 Das Luftkraftstoffverhältnis und die Konzentration der Bestandteile der Auspuffgase

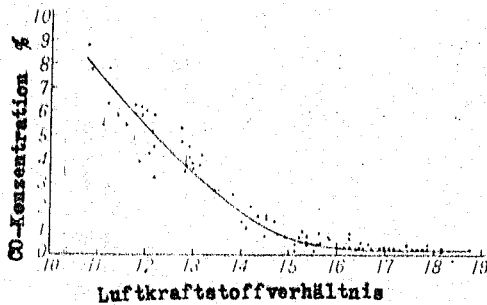


Abb.3 Das Luftkraftstoffverhältnis und die Konzentration des Kohlenmonoxydes in den Auspuffgasen

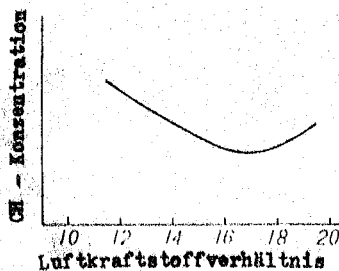


Abb.4 Das Luftkraftstoffverhältnis und die Konzentration der Kohlenwasserstoffe

stoffverhältnis ganz allmählich magerer, wenn man vom "slow system" zum "main system" übergeht, wird das Luftkraftstoffverhältnis im wesentlichen konstant. Wenn man die Drosselklappe weiterhin öffnet, dann wird bei einem "power system" bzw. bei einem Duplex-Vergaser der sekundärseitige Vergaser in Betrieb gesetzt und das Gemisch wird fetter, die Drosselklappe wird vollständig geöffnet. Wenn sodann bei vollständig geöffnet bleibender Drosselklappe die Luftdurchströmung verringert wird, dann erhält man die oben liegende Kurve, welche das fette Luftkraftstoffgemisch bei vollständig geöffneter Drosselklappe angibt.

Die Abb.2 zeigt die Beziehung zwischen dem Luftkraftstoffverhältnis und der Konzentration des CO, des CO₂ und des O₂ in den Auspuffgasen¹⁾. Die CO-Konzentration nimmt mit magerer werdendem Luftkraftstoffverhältnis in einem ungefähr konstanten Abnahmeprozentsatz ab, sie wird gleich null, wenn das theoretische Luftkraftstoffverhältnis von 14.7 : 1 ungefähr erreicht ist. Wir sehen weiterhin aus dieser Abbildung, daß dann, wenn das Gemisch magerer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, die CO-Konzentration zwar vollständig gleich null geworden ist, da jedoch das vom Vergaser her zugeführte Luftkraftstoffverhältnis nicht vollkommen gleichmäßig ist und da die Verteilung auf die einzelnen Zylinder nicht gleichförmig ist, entstehen lokale Konzentrationen, die eine unvollkommene Verbrennung zur Folge haben. Die Abb.3 zeigt die Beziehung zwischen dem Luftkraftstoffverhältnis und der CO-Konzentration, die man für drei verschiedene Motoren gefunden hat²⁾, man sieht daraus deutlich, daß je nach

dem Motor größere oder kleinere Unterschiede vorhanden sind. Auch dann, wenn das Gemisch magerer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis beträgt die CO-Konzentration immerhin noch ungefähr 0.3 - 0.7%.

Ganz allgemein steht die CO-Konzentration in einem ganz engen Zusammenhang mit dem Luftkraftstoffverhältnis, während die Motordrehzahl, die Motorbelastung, der Unterdruck in der Ansaugleitung usw. keinen allzu großen Einfluß auf die CO-Konzentration haben. Wie man auch schon aus der Abb.2 ersehen kann, ändert sich bei einer Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses um 1 die CO-Konzentration um 2.8%, d.h. also schon eine ganz geringe Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses hat einen sehr starken Einfluß auf die CO-Konzentration.

Die Abb.4 zeigt den Zusammenhang zwischen der Konzentration der Kohlenwasserstoffe (HC) und dem Luftkraftstoffverhältnis. Da sich die HC-Konzentration nicht nur in Abhängigkeit vom Luftkraftstoffverhältnis, sondern auch in Abhängigkeit von der Zündwinkelvorverstellung und von den verschiedenen Eigenschaften des Motors ändert, so kann man hierüber nicht ohne weiteres eine allgemein gültige Aussage machen, jedoch hat die HC-Konzentration ihren niedrigsten Wert bei einem Luftkraftstoffverhältnis von ungefähr 17-18, und wenn dann das Gemisch weiterhin noch magerer wird, dann nimmt die HC-Konzentration wieder zu.

3. Die Maßnahmen zur Einhaltung der Auspuffgasvorschriften und die sich daraus für den Vergaser ergebenden problematischen Punkte

Die Konzentration des Kohlenmonoxyds und der Kohlenwasser-

stoffe in den Auspuffgasen wird in hohem Maße durch das dem Motor vom Vergaser her zugeführte Luftkraftstoffverhältnis beeinflusst. Wenn wir die Konzentration des Kohlenmonoxydes und der Kohlenwasserstoffe verringern wollen, dann genügt es, das Luftkraftstoffverhältnis mager zu machen, da jedoch die einfache Verdünnung des Luftkraftstoffgemisches einen schlechten Einfluß auf die Leistung des Motors ausübt, so müssen wir unter Berücksichtigung der nachstehend aufgeführten Punkte eine Verbesserung anstreben. Da die Maßnahmen zu einer Verbesserung ganz verschieden sind je nach den einzelnen Eigenschaften des Motors und des Vergasers, so muß jeweils eine den Problemen entsprechende Lösung geplant werden.

(1) In einem Vergaser haben wir verschiedene Kraftstoffdüsen, das Leerlaufloch (idle hole), die Nebenschlußöffnung (by pass port) und die Hauptdüse (main nozzle); wenn wir nun die Drosselklappe öffnen, dann wird dem Motor Kraftstoff zugeführt, wobei sich diese Kraftstoffdüsen der Reihe nach ablösen. Ganz allgemein ist dieses Umschalten von der einen Düse zur anderen der schwache Punkt des Vergasers, der andererseits auf das engste mit der Fahrleistungscharakteristik eines Kraftfahrzeuges zusammenhängt. Insbesondere bei einem Vergaser, in welchem Maßnahmen zur weitgehenden Verringerung der in den Auspuffgasen enthaltenen schädlichen Bestandteile verwirklicht sind (im folgenden kurz als "Auspuffschutzvergaser" bezeichnet) braucht man ein mageres Luftkraftstoffgemisch und muß deshalb grundsätzlich die damit zusammenhängende Leistungscharakteristik verbessern.

(2) Das dem Motor zuzuführende Luftkraftstoffgemisch wird im Vergaser nicht allzu stark vergast, sondern es gelangt in der Form kleiner Tröpfchen in die Ansaugleitung. Deshalb bleiben diese kleinen Tröpfchen unterwegs an der Drosselklappe und an den Wänden der Ansaugleitung hängen und haften dort fest, und da so ein Teil des Gemisches wieder verflüssigt wird, ist es außerordentlich schwierig, den einzelnen Zylindern ein gleichmäßiges Gemisch zuzuführen. Um also einen stabilisierten Betriebszustand des Motors zu erhalten, muß das zuzuführende Gemisch etwas fetter sein als eigentlich notwendig wäre. Im Hinblick hierauf muß eine Verbesserung des Venturis und der Kraftstoffdüsen des Vergasers ins Auge gefaßt werden und es muß die Richtfähigkeit (?) beseitigt und die Verteilungscharakteristik des Gemisches auf die einzelnen Zylinder verbessert werden.

(3) Bei den Motoren mit vier und weniger Zylindern werden durch die Pulsation des Ansaugsystems Resonanzerscheinungen hervorgerufen. In diesen Punkten wird dann das Luftkraftstoffgemisch unnötig angereichert oder verdünnt. Auch im Hinblick auf diese Erscheinungen müssen wir darnach trachten, durch Verbesserungen des Vergasers und des Ansaugsystems den Einfluß der Resonanz zu verringern und auf diese Weise dem Motor das genau richtige Luftkraftstoffgemisch zuzuführen.

4. Der "four mode cycle" und die Vergaserleistungskennlinie

Als Prüfverfahren zur Messung der Auspuffkonzentration ist bei uns hier in Japan die Anwendung des vom schiffbau-

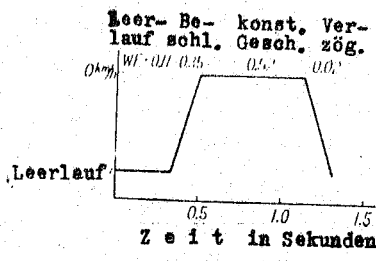


Abb.5 Der "four mode cycle"

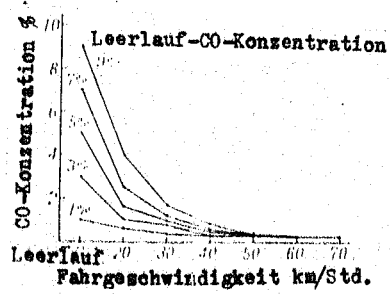


Abb.6 Die CO-Konzentration bei den einzelnen Fahrgeschwindigkeiten bei verschiedenen Leerlauf-CO-Konzentrationen

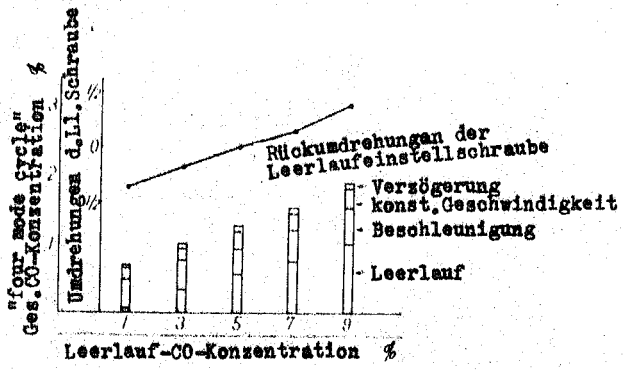


Abb.7 Der Einfluß der Leerlauf-CO-Konzentration

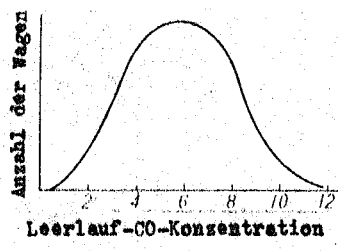


Abb.8 Das Ergebnis der Untersuchung der CO-Konzentration im Leerlauf bei ungefähr 1000 Kraftfahrzeugen in Kalifornien

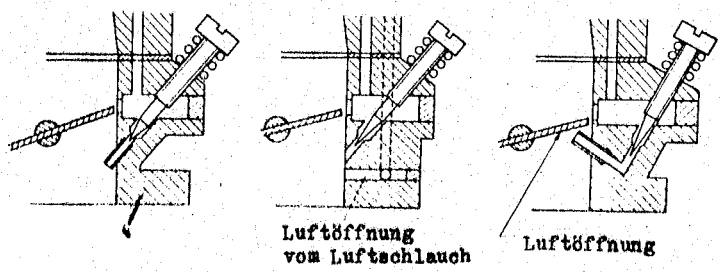


Abb.9 Leerlaufdüsen mit Maßnahmen zur Vernebelung

technischen Forschungsinstituts des Transportministeriums festgelegte "four mode cycle"-Verfahrens vorgeschrieben worden. Bei einem vereinfachten Prüfverfahren, bei welcher der Fahrzustand des praktischen Wagens dargestellt wird, haben wir diesen Fahrzustand in vier Teilzustände aufgeteilt, nämlich in den Leerlauf, die Beschleunigung, die konstante Geschwindigkeit und die Verzögerung. Die Abb.5 zeigt ein Musterbeispiel dieses Vierfahrzustandszyklus (four mode cycle) und gibt außerdem die Bewertungskoeffizienten der einzelnen Teilfahrzustände (modes) an.

Wir haben versucht, den Zusammenhang der nach diesem "four mode cycle"-Verfahren gemessenen CO-Konzentration mit dem Vergaser zu untersuchen.

4.1 Der Leerlauf

In der Abb.6 ist die CO-Konzentration für die einzelnen Geschwindigkeiten des Fahrzeugs angegeben, wobei man die CO-Konzentration im Leerlauf sich auf 1-9% ändern ließ. Der Einfluß der Leerlaufregulierung macht sich bis ungefähr 40 km/Stunde bemerkbar, bei den höheren Geschwindigkeiten jedoch ist die Leerlaufregulierung nahezu ohne Einfluß.

Die Abb.7 zeigt den Einfluß der Leerlaufregulierung auf die gesamte CO-Konzentration des "four mode cycle" (d.h. bei allen vier Fahrzuständen). Bei der CO-Konzentration im Leerlauf geht der Bewertungskoeffizient nicht über 0.11 hinaus, da jedoch der absolute Wert dieses Bewertungskoeffizienten größer ist als bei den anderen Fahrzuständen des Motors, also größer als beim Beschleunigen, bei der konstanten Geschwindigkeit und beim Verzögern, so

ist auch im Leerlauf der Einfluß auf die gesamte CO-Konzentration aller Fahrzustände am größten.

In der Abb.8 sehen wir die in Kalifornien bei ungefähr 1000 Fahrzeugen in der Stadt gemessene CO-Konzentration im Leerlauf³⁾, wie wir aus dieser Abbildung ersehen, schwankt die CO-Konzentration zwischen 1% und 12%, und ihr Mittelwert beträgt 5.7%. Der Wert der prozentualen CO-Konzentration ist zwar verschieden, je nach der Größe des Motors und je nach der Art des Motors, wie berichtet wird, soll man jedoch ganz allgemein bei der besten Leerlaufeinstellung ungefähr auf 4-6% kommen.

Somit ist also die Leerlaufeinstellen ein sehr wirksames Mittel, um die CO-Konzentration in den Auspuffgasen zu verringern. Selbst dann, wenn man praktisch die CO-Konzentration bei Leerlauf auf 3-4% einstellt, gibt es viele Fälle, in denen man dadurch einen ausreichend guten Leerlauf bekommt, so gibt es beispielsweise ein Verfahren, bei welchem man die Leerlaufeinstellschraube nur um $1/8$ Drehung über die "beste Leerlaufstellung" hinaus hineinschraubt oder ein Verfahren, bei welchem man die Leerlaufdrehzahl nur um ungefähr 20 U/Min. niedriger als die "beste Leerlaufdrehzahl" einstellt. Um die CO-Konzentration im Leerlauf wesentlich zu verringern, muß man für eine gute Vernebelung des Kraftstoffes und für eine Erhöhung der Gemischqualität sorgen. Man hat deshalb, wie dies die Abb.9 zeigt⁴⁾, alle möglichen verschiedenen Leerlaufdüsen in Betracht gezogen. Bei allen diesen Düsen ist eine derartige Vernebelung geplant, daß der vom Leerlaufloch (idle hole) her zugeführte Kraftstoff, ohne daß er

auf die Wände des Vergasers übertragen wird, unmittelbar in den Luftstrom hineingespritzt wird.

4.2 Die konstante Geschwindigkeit

Bei der "four mode cycle"-Prüfung hat man die Messung bei einer konstanten Geschwindigkeit des Fahrzeugs von 40 km/ Stunde durchgeführt. Wie man aus der Abb.6 ersieht, nimmt, je mehr die Geschwindigkeit des Fahrzeugs vom Leerlauf an ansteigt, die CO-Konzentration sehr schnell ab, bei einer Geschwindigkeit von 40 km/Stunde erreicht sie einen Wert von ungefähr 0.5%. Bei den darüberliegenden Geschwindigkeiten wird der Wert verschwindend klein.

Gewöhnlich wird bei einem Fahrzustand von 40 km/Stunde der Kraftstoff sowohl von dem "slow system", wie auch von dem "main system" des Vergasers her zugeführt, man ist also hier praktisch an der Stelle, wo diese beiden Systeme zusammentreffen. Da demzufolge des Luftkraftstoffverhältnisses in diesem Punkte auf das engste mit dem Fahrzustand zusammenhängt, so muß man hier übereinstimmende Prüfungen sowohl im Hinblick auf die CO-Konzentration, wie auch im Hinblick auf die Fahrleistung durchführen. Um ganz allgemein eine Verringerung der CO-Konzentration bei 40 km/ Stunde zu erreichen, haben wir das Venturi, das Emulsionsrohr (emulsion tube), die Düsen (jet) usw. untersucht und dabei festgestellt, daß eine Verzögerung des Beginns der Tätigkeit des "main system" in dieser Richtung sehr wirksam ist.

4.3 Die Beschleunigung

Bei der Beschleunigung aus dem Leerlauf auf 40 km/Stunde

ist der Prozeß von Ghiacensi (?) enthalten und da hier auch der Öffnungsgrad der Drosselklappe und die Änderungs- und Übergangserscheinungen mit hereinkommen, so wird dieser Vorgang außerordentlich kompliziert. Die Abb.10 zeigt den Zusammenhang zwischen der CO-Konzentration beim Fahrzustand der Beschleunigung und der Fördermenge der Beschleunigungspumpe, dabei stellen wir jedoch keinen allzu großen Einfluß auf die CO-Konzentration fest. Viel eher könnte man von einem Einfluß des "main system" auf die CO-Konzentration des Fahrzustandes vor der Beschleunigung sprechen, da hierbei die Drosselklappe weit geöffnet ist.

4.4 Die anderen Fahrzustände

Beim Fahrzustand der Verzögerung ist der Einfluß auf die gesamte CO-Konzentration nur ganz gering, da hierbei der Bewertungskoeffizient klein ist. Die CO-Konzentration bei vollständig geöffneter Drosselklappe wird im Hinblick auf die Leistungskennlinie mit 4-5% angenommen.

5. Die Erhöhung der Genauigkeit des Vergasers

Die Toleranzen der Leistungskennlinie der bisher hergestellten Vergaser sind mit bezug auf die Leistung des Vergasers und auf den Kraftstoffverbrauch festgelegt worden, bei einem Auspuffschutzvergaser jedoch will man ja das Luftkraftstoffverhältnis möglichst dünn machen und deshalb ist zu befürchten, daß an der unteren Verdünnungsgrenze die Fahrleistung in Frage gestellt wird, während an der oberen Konzentrationsgrenze die Konzentration des Kohlenmonoxydes und der Kohlenwasserstoffe übermäßig ansteigt, so daß man deshalb die Genauigkeit des Vergasers steigern muß.

Die Prüfungen bei der Fertigung des Vergasers werden so durchgeführt, daß anstelle des Motors eine Vakuumpumpe für die Ansaugung der Luft sorgt und daß die vom Vergaser her ausströmende Kraftstoffmenge gemessen wird. Zur Messung der durchströmenden Luftmenge wird eine Durchströmöffnung (orifice) verwendet und die durchströmende Luftmenge wird aus dem Unterschied des Druckes vor und nach dieser Durchströmöffnung errechnet, die durchströmende Kraftstoffmenge wird mit Hilfe eines Läufermessers gemessen (rotor meter). Als zu messende Größen hat man die durchströmende Luftmenge und den Unterdruck oder die Öffnung der Drosselklappe des Vergasers zugrunde gelegt, man hat etwa 4-6 Punkte ausgewählt und festgelegt und zwar den Leerlauf, den verschobenen Leerlauf (off idle) (gemeint ist der Leerlauf, bei welchem die Drosselklappe etwas mehr geöffnet ist als bei der gewöhnlichen Leerlaufstellung), die Halblast und den Zustand bei vollständig geöffneter Drosselklappe.

Die für Kraftfahrzeuge verwendeten Vergaser reichen von den kleinen Vergasern mit 360 ccm bis zu den ganz großen mit 4000 ccm. Bei den großen Vergasern ist der Toleranzbereich wesentlich enger als bei den kleinen Vergasern, und auch bei einem und demselben Vergaser ist es im Bereich der niedrigen Drehzahlen, wo die durchströmende Luftmenge und die durchströmende Kraftstoffmenge klein sind, außerordentlich schwierig, für die Herstellung und für die Messung enge Toleranzen festzulegen. Bei den in Amerika hergestellten Vergasern sollen, wie man hört, die Toleranzen enger sein als bei den hier in Japan hergestellten Vergasern, dies hängt jedoch damit zusammen, daß bei den in Amerika als klein bezeichneten Motoren in hohem

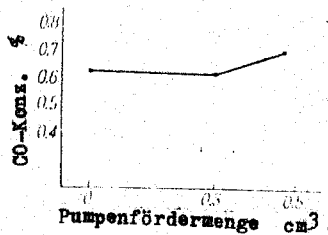


Abb. 10

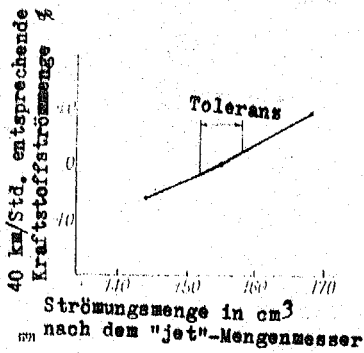


Abb. 11 Ein Beispiel für den Einfluß des "main jet"

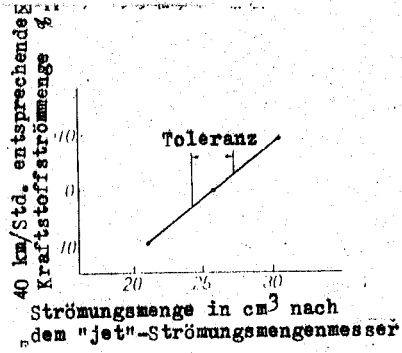


Abb. 12 Ein Beispiel für den Einfluß des "slow jet"

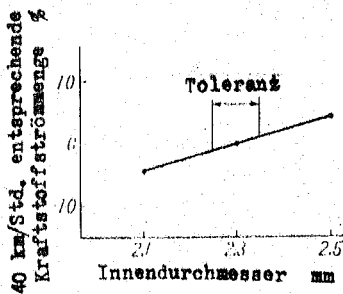


Abb. 13 Ein Beispiel für den Einfluß des Innendurchmessers der Hauptdüse (main nozzle)

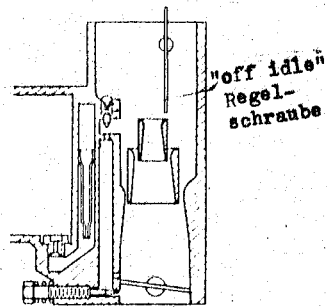


Abb. 14 Vergaser mit verschobener LeerlaufEinstellung (off idle)

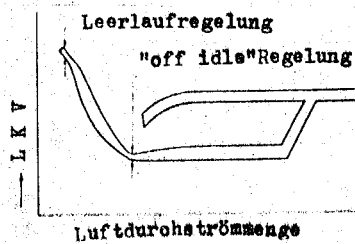


Abb. 15 Die Toleranzen eines Vergasers mit LeerlaufEinstellung und mit verschobener LeerlaufEinstellung (off idle)

Maße Motoren mit 2500 ccm und darüber beteiligt sind. Es ist jedoch im Hinblick auf die Auspuffgasvorschriften unerlässlich, die Toleranzen enger zu machen, mindestens müssen für den Leerlauf die heute bestehenden Toleranzen auf die Hälfte oder auf noch weniger herabgesetzt werden und auch in den anderen Punkten ist es wünschenswert, daß wir näher an die in Amerika für die Vergaser geltenden Toleranzen herangehen.

Im Leerlauf und im verschobenen Leerlauf (off idle) wird der Kraftstoff in der Hauptsache von dem "slow system" her zugeführt; wenn man darüber hinausgeht und wenn dann die durchströmende Luftmenge größer wird, dann tritt das "main system" in Tätigkeit. Die Ursache der Schwankungen bei den Vergasern ist darin zu suchen, daß sie zum größten Teil Erzeugnisse sind, welche aus diesen beiden Kraftstoffsystemen aufgebaut sind. Man kann durchaus nicht sagen, daß der Einfluß dieser einzelnen Teile auf die Schwankungen des Gesamterzeugnisses nicht allzu groß wäre, da man jedoch für die Zusammensetzung dieser Teile die gesamte Schwankung des Vergasers festlegen muß, so empfiehlt es sich, um ein Erzeugnis von ausreichender Genauigkeit bei der Herstellung zu erhalten, während der Fertigung Prüfungen durchzuführen.

Der Zusammenhang zwischen den Schwankungen der Genauigkeit und den Schwankungen der Leistung repräsentativer Einzelteile soll im folgenden an Hand einiger Beispiele aufgezeigt werden. Der Einfluß des Innendurchmessers wird in der Abb.11 für den "main jet", in der Abb.12 für den "slow jet" und in der Abb.13 für die "main nozzle" darge-

stellt. Diesen Ergebnissen können wir entnehmen, daß bei einem Auspuffschutzvergaser die Toleranzen für diese Einzelteile ungefähr auf die Hälfte reduziert werden müssen.

6. Die Leerlaufeinstellung und die verschobene Leerlaufeinstellung (off idle)

Um die Genauigkeit eines Vergasers zu erhöhen, ist es, insbesondere bei den niedrigen Drehzahlen, wo eine Reduzierung der Schwankungen außerordentlich schwierig ist, sehr vorteilhaft und wirksam, ein Mittel zum Einstellen des Vergasers vorzusehen. Von diesen verschiedenen Möglichkeiten ist es besonders die Leerlaufeinstellung, welche auch hier bei uns in Japan zum Teil schon praktisch durchgeführt wird, die verschobene Leerlaufeinstellung ("off idle"-Einstellung) jedoch wird bereits heute schon in Amerika bei einem Teil der Vergaser praktisch angewandt.

Bei den Vergaserherstellern gibt es viele Beispiele, wo die Prüfung des Vergasers bei der Fertigung für eine konstante Anzahl von Rückwärtsumdrehungen der Gemischeinstellschraube durchgeführt wird. Im Hinblick auf die Schwankungen ist es jedoch wünschenswert, daß man die Luftdurchströmgeschwindigkeit und das Luftkraftstoffverhältnis beim Leerlaufbetrieb des Motors bestimmt, und daß man die so gefundenen Werte auf die mit einer Vakuumpumpe durchgeführte Prüfung umrechnet und auf diese Weise die Leerlaufeinstellung des Vergasers ohne den Motor dabei zu benutzen durchführt. In Amerika wird die Leerlaufeinstellung unter allen Umständen immer beim Vergaserhersteller durchgeführt wenn dann der Vergaser am Motor angebaut ist, wird soweit nicht besondere Störungen dazu Anlaß geben, keine erneute

Einstellung vorgenommen.

Vergaser, bei denen man zum Zwecke der Kraftstoffeinstellung für den Bereich der niedrigen Drehzahlen außer der Gemischeinstellschraube auch noch eine Einstellschraube für den verschobenen Leerlauf (off idle) vorgesehen hat, sind in Amerika bereits praktisch eingeführt³⁾. Bei diesen Vergasern sind zwei "slow air bleed" vorgesehen, von denen eine einstellbar ist (siehe Abb.14).

Nach dem Zusammenbau des Vergasers wird in dem Punkt, in welchem man den Bereich des verschobenen Leerlaufs (off idle) festgelegt hat, das Luftkraftstoffverhältnis eingestellt, und darnach wird die Einstellschraube mit Klebstoff oder mit einer Bleikugel oder dergleichen fixiert.

Der Toleranzbereich eines Vergasers, bei welchem man in dieser Weise den Leerlauf und den verschobenen Leerlauf (off idle) eingestellt hat, ist in der Abb.15 dargestellt. Auf diese Weise ist eine derartige Einstellung in den Bereich der niedrigen Drehzahlen, wo es so überaus schwierig ist, eine Genauigkeit zu bekommen, besonders dann wünschenswert, wenn man bei seinen Überlegungen von der Auspuffgasprüfung und von dem praktischen Betriebsbereich des Motors ausgeht.

7. Die CO-Konzentration im Leerlauf und die Leerlaufbegrenzung

Das immer stärkere Anwachsen des Kraftfahrzeugverkehrs in den großen Städten, die sich daraus ergebenden Fahrzeugschlangen und das Warten an den Ampeln haben es mit sich gebracht, daß die Leerlaufzeiten des Motors immer

größer wurden. Wie wir aus der Abb.6 ersehen, ist die CO-Konzentration in den Auspuffgasen beim Leerlauf am größten und sie geht ganz schnell zurück, wenn die Fahrgeschwindigkeit des Wagens ansteigt. Deshalb nimmt bei den obengenannten Fahrzuständen die Menge der in die Atmosphäre ausströmenden CO-Gase zu. Im Jahre 1965 sind beim Wohlfahrtsministerium Untersuchungen über den Einfluß der von den Auspuffgasen der Kraftfahrzeuge herrührenden Luftverunreinigungen in den Straßen auf den menschlichen Körper durchgeführt worden, bisher ist man jedoch lediglich dem Problem der CO-Verunreinigungen in Tokyo nähergetreten.

Es handelt sich hier also um die lokale Verunreinigung durch das unmittelbar gesundheitsschädliche CO, und es ist unbedingt erforderlich, daß Untersuchungen über den CO-Gehalt in den Auspuffgasen beim Leerlauf und bei Langsamfahrt durchgeführt werden.

Das Polizeipräsidium von Paris hat über diese Probleme eine Reihe umfangreicher Versuche durchgeführt, bei denen sich ergeben hat, daß mittels der Leerlaufeinstellung des Vergasers die CO-Konzentration in den Auspuffgasen in erheblichem Maße verringert werden kann; heute sind bereits innerhalb von Paris zu diesem Zwecke Prüfstellen vorgesehen und die Nachprüfung der CO-Konzentration im Auspuff bei Leerlauf, sowie die praktische Durchführung einer erneuten Leerlaufeinstellung haben bereits große Erfolge gezeitigt.

Es ist zwar ganz klar, daß in der obigen Weise eingeführte Vorschriften für die CO-Konzentration im Auspuff bei Leerlauf ein wirksames Mittel gegen die lokale Verunreini-

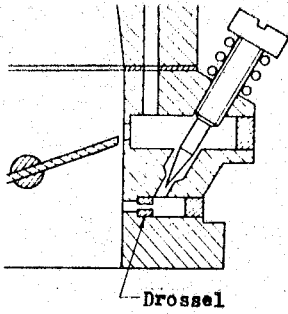


Abb.16 Leerlaufbegrenzer mit konstanter Bohrung

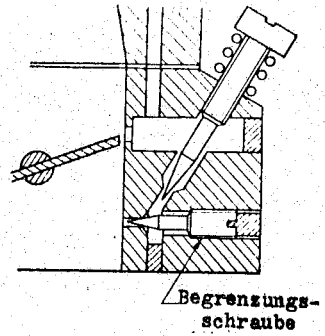


Abb.17 Leerlaufbegrenzer mit Begrenzungsschraube

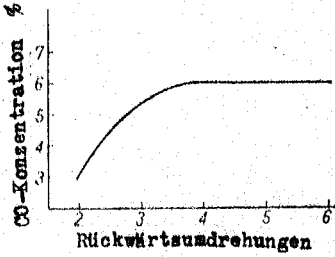


Abb.18 Die Anzahl der Rückwärtsdrehungen der Einstellschraube und die CO-Konzentration

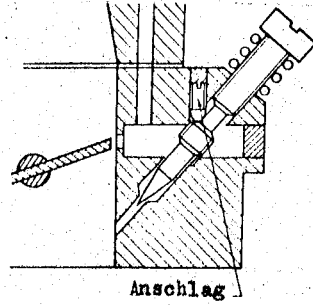


Abb.19 Leerlaufbegrenzer mit Anschlag

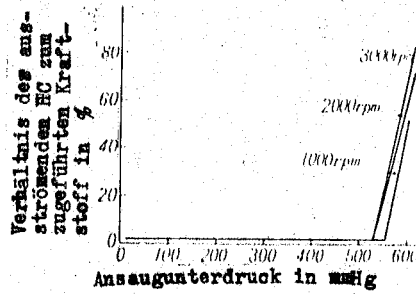


Abb.20 Der Ansaugunterdruck und die ausgepufften Kohlenwasserstoffe

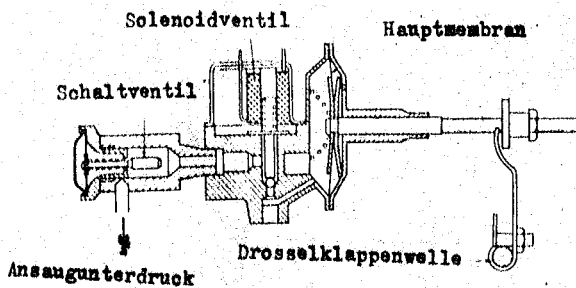


Abb.21 Drosselklappenöffner

gung der Luft durch CO-Gase darstellen, da jedoch die Leerlaufeinstellung ganz leicht vom Fahrer selbst durchgeführt werden kann, so ist zu befürchten, daß auch dann, wenn mit vieler Mühe der Leerlauf eingestellt und dadurch der CO-Ausstoß verringert wird, dieser Zustand wieder rückgängig gemacht wird. Ein Weg um zu verhüten, daß das Luftkraftstoffgemisch im Leerlauf unnötig fett wird, ist deshalb durch einen Leerlaufbegrenzer gegeben.

Es gibt Leerlaufbegrenzer, bei denen, auch dann, wenn man die Gemischeinstellschraube zurückdreht, das Leerlauf-luftkraftstoffgemisch über eine ganz bestimmte Grenze hinaus nicht fetter gemacht werden kann, bei anderen Leerlaufbegrenzern wiederum ist unmittelbar an der Gemischeinstellschraube ein Anschlag vorgesehen.

Das allereinfachste Mittel besteht darin, daß man durch das Leerlaufloch (idle hole) selbst den Leerlaufkraftstoff begrenzt, in diesem Falle ist es allerdings notwendig, das Leerlaufloch bei der Herstellung mit einer ganz bestimmten Genauigkeit zu bearbeiten. Der in der Abb.16 dargestellte Fall zeigt eine eigens in den Leerlaufkraftstoff eingebaute Drossel.

In der Abb.17 sehen wir eine in einem Teil des Leerlaufkraftstoffkanales vorgesehene Einstellschraube, beim Zusammenbau des Vergasers wird diese Schraube eingestellt und blockiert. Dieses Verfahren erfordert zwar ein zusätzliches Einzelteil, es läßt sich jedoch in den Fertigungsprozeß einbauen. Die Abb.18 zeigt die CO-Konzentration, die man bei einem mit Leerlaufbegrenzer versehenen Vergaser

durch Zurückdrehen der Gemischeinstellschraube erhält. Bei dem in der Abb.19 dargestellten Fall ist die Gemischeinstellschraube selbst mit einem Anschlag versehen, was in der Funktion genau auf das gleiche hinauskommt.

Die Einstellung eines Leerlaufbegrenzers besteht darin, daß in einer Lage, in welcher man die Gemischeinstellschraube 4-5 Umdrehungen zurückgedreht hat, die Leerlaufbegrenzungseinstellschraube in Bewegung gesetzt und auf ein ganz bestimmtes vorgeschriebenes Luftkraftstoffverhältnis eingestellt wird. Durch diesen Einstellwert wird gewöhnlich das Leerlaufluftkraftstoffverhältnis als Norm festgelegt.

8. Die Kohlenwasserstoffe beim Verzögern

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die noch nicht verbrannten Kohlenwasserstoffe in den Auspuffgasen zu einem erheblichen Teil beim Vermindern der Geschwindigkeit (beim Gaswegnehmen?) auftreten. Als Ursache wird angenommen, daß wegen der zurückbleibenden Gase das Luftkraftstoffgemisch verdünnt wird, und bei einem Ansaugunterdruck des Motors von 530 mm Hg bleiben im Zylinder ungefähr 1/4 Rückstandgase zurück, deren vollständige Verbrennung verhindert wird. Die Abb.20 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Ansaugunterdruck und der HC-Konzentration.

Abgesehen vom Vermindern der Geschwindigkeit entstehen die Kohlenwasserstoffe auch sonst infolge der unvollständigen Verbrennung an der Grenzschicht im Verbrennungsraum des Motors. Das Luftkraftstoffgemisch, welches sich in der Grenzschicht des Verbrennungsraumes befindet, wird

von den Flammen der Verbrennung nicht erreicht und gelangt in teilweise noch unverbranntem Zustand in die Auspuffgase. Dies ist die Ursache der Entstehung der Kohlenwasserstoffe beim Leerlauf bei der Beschleunigung und bei der konstanten Geschwindigkeit.

Von den genannten Entstehungsursachen der Kohlenwasserstoffe wollen wir die zuletzt aufgeführten, da sie ja ein Problem des Motors selbst darstellen, übergehen, jedoch die zuerst genannten beim Vermindern der Geschwindigkeit entstehenden Kohlenwasserstoffe wollen wir ins Auge fassen; es lassen sich nämlich Verfahren denken, bei denen eine Verringerung des Ansaugdruckes durch Anbau verschiedener Zubehöreinrichtungen an den Vergaser erreicht werden kann und bei denen die Kraftstoffzufuhr beim Verringern der Geschwindigkeit unterbrochen wird.

(1) Der Stoßdämpfer (dashpot)

Damit beim Verringern der Geschwindigkeit die Drosselklappe nur ganz langsam schließt, so daß der Ansaugunterdruck nicht plötzlich zunimmt, wird ein mit Luft oder Flüssigkeit arbeitender Stoßdämpfer (dashpot) vorgesehen, durch welchen erreicht wird, daß das Ausströmen von Kohlenwasserstoffen verringert wird. Dieser Stoßdämpfer ist in seiner Konstruktion zwar ganz einfach, damit er jedoch die Kohlenwasserstoffe bis auf den gewünschten Wert verringert, muß seine Ansprechzeit entsprechend lang sein; dadurch werden jedoch die Aufbewahrung des Wagens und die Beweglichkeit bei Richtungsänderungen usw. in Frage gestellt, so daß man bis zu einem gewissen Grad auf die Verringerung der Kohlenwasserstoffe verzichten muß. Deshalb

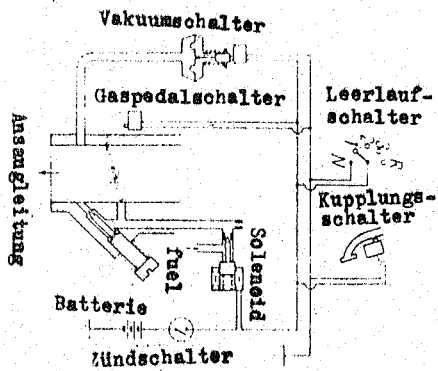


Abb.22 Schematische Darstellung einer Kraftstoffabsperreinrichtung

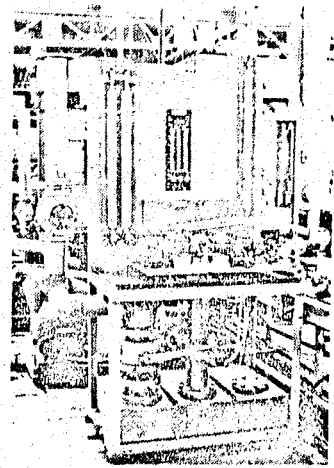


Abb.23 Vergaserprüfmaschine für den Fertigungsprozeß

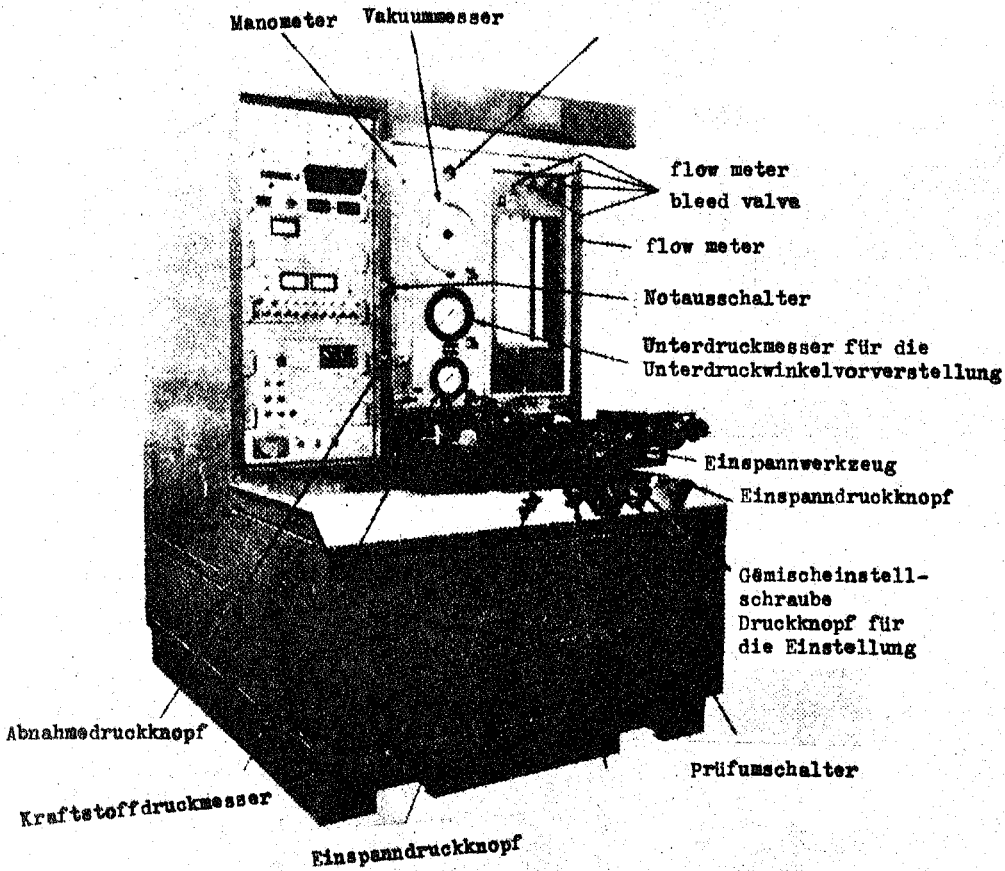


Abb.24 Höchstpräzisionsvergaserprüfmaschine

sollte man eher zu einem anderen Verfahren greifen, und dafür gibt es viele Beispiele.

(2) Der Drosselklappenöffner⁵⁾

Bei diesem Verfahren wird während der Geschwindigkeitsverringern der Ansaugunterdruck abgenommen und eine Membran in Bewegung gesetzt, durch welche die Drosselklappe bis zu einem gewissen kleinen Öffnungsgrad geöffnet wird, was eine Verringerung der Menge der noch nicht verbrannten Kohlenwasserstoffe zur Folge hat (siehe Abb.21). Im Vergleich mit dem mit einem Stoßdämpfer arbeitenden Verfahren hat man hier eine geschlossene Servoringleitung (loop servo system) verwendet, so daß hier kaum irgend ein Einfluß vom Ausmaß der Geschwindigkeitsverringern von der Reibung und von anderen Faktoren hereinkommen kann, was zur Folge hat, daß dieses System hinsichtlich der Verringerung der Kohlenwasserstoffe außerordentlich wirksam ist. Bei diesem System ist auch ein Solenoidventil vorgesehen, welches durch in der Abbildung nicht dargestellte Fahr-, Vakuumschalter, Bremsschalter, Verzögerungsrelais und dergleichen gesteuert wird. Da bei diesem Verfahren die Drosselklappe geöffnet wird, werden die Geräusche der Motorbremse sehr unangenehm, und man darf nicht außer acht lassen, daß die Zeit, während welcher man auf die Bremse tritt, verlängert wird, so daß man eine erhöhte Abnutzung der Bremsbeläge in Kauf nehmen muß.

(3) Die Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr

Da beim Verringern der Geschwindigkeit (beim Gaswegnehmen) die Drosselklappe geschlossen ist, wird der Kraftstoff ausschließlich durch das Leerlaufsystem zugeführt. Des-

halb wird also ein Absperrn des Leerlaufkraftstoffes beim Verzögern der Fahrt des Kraftfahrzeuges im Sinne einer Verringerung der Kohlenwasserstoffe in den Auspuffgasen wirken; über dieses Problem sind schon viele Untersuchungen durchgeführt worden.

Es gibt in dieser Richtung einmal das Verfahren, bei welchem der Leerlaufkraftstoffkanal geschlossen und so unmittelbar die Kraftstoffzufuhr abgesperrt wird, und zum andern gibt es ein Verfahren, bei welchem dem Leerlaufsystem Luft zugeführt und auf diese Weise mittelbar eine Absperrung des Kraftstoffes erreicht wird. Bei beiden Verfahren wird die Kraftstoffzufuhr zeitweise abgesperrt, was insbesondere bei einer verhältnismäßig langen Dauer der Geschwindigkeitsreduzierung zur Folge hat, daß in der Ansaugleitung überhaupt kein Kraftstoff mehr vorhanden ist, und wenn dann erneut Kraftstoff zugeführt wird, dann wird durch die zeitliche Verzögerung bis das Kraftstoffgemisch die Zylinder erreicht, beim Beschleunigen nach dem Verzögern leicht ein Einschlagen des Wagens (??) (car knock) auftreten. Das Ausmaß dieses Schlagens des Wagens (?) (car knock) ist zwar verschieden, je nach der Größe des Motors und je nach der Art des Wagens, als Gegenmaßnahme sind jedoch Verbesserungen geplant, bei denen Drosselklappenschalter, Kupplungsschalter und andere ähnliche Hilfseinrichtungen verwendet werden. Die Abb. 22 zeigt eine Einrichtung der unmittelbaren Kraftstoffabspernung.

9. Die Meßeinrichtungen bei der Herstellung des Vergasers

Die Leistungsfähigkeit eines Vergasers wird letzten Endes

nach der Leistungscharakteristik des Motors bzw. des Fahrzeugs, d.h. also nach deren abgegebener Leistung, nach dem Kraftstoffverbrauch, nach dem Beschleunigungsvermögen, nach den Fahreigenschaften usw. bewertet. Früher, als die Fertigungsmengen noch ganz gering waren, wurden auch bei den Vergaserherstellern die Fertigungsprüfungen des Vergasers mit Hilfe des Motors durchgeführt, heute jedoch wird bei diesen Prüfungen anstelle des Motors eine Vakuumpumpe verwendet. Bei diesem Verfahren können zwar die abgegebene Leistung, das Beschleunigungsvermögen usw. nicht gemessen werden, dagegen kann die Grundleistungscharakteristik des Vergasers, d.h. also das Luftkraftstoffverhältnis des Gemisches unmittelbar gefunden werden und außerdem kann man hier im Vergleich mit dem Motor dank der Verwendung einer stabilisierten Vakuumpumpe eine wesentlich höhere Meßgenauigkeit erzielen. Die Abb.23 zeigt ein Beispiel einer Prüfapparatur, wie sie bei der Fertigung des Vergasers verwendet wird.

Hand in Hand mit der Durchführung der Auspuffgasvorschriften erhebt sich die Forderung nach einer Verbesserung der Genauigkeit des Vergasers, um jedoch zu einer solchen erhöhten Genauigkeit bei der Herstellung des Vergasers zu kommen, ist eine Erhöhung der Genauigkeit der Meßeinrichtungen unerläßlich. Man hat nun die bisherigen Meßapparaturen verbessert, so hat man z.B. einen Rotormesser (rotor meter) von höchster Präzision verwendet, oder man hat die Einrichtungen zum Abgreifen des Unterdrucks in den Durchgangsöffnungen (orifice) verbessert, weiterhin hat man bei der Messung einer Überwachung der Temperatur des Kraftstoffes und der Luft durchgeführt, durch all diese

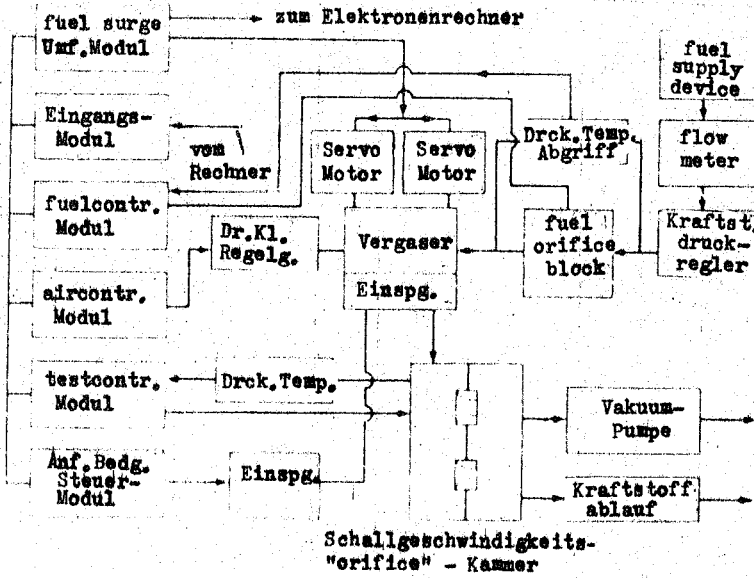


Abb.25 Blockschema einer Vergaserprüfmaschine mit unmittelbar angeschlossenem Elektronenrechner

Maßnahmen ist tatsächlich eine Erhöhung der Meßgenauigkeit möglich. Wenn man jedoch die Genauigkeit der Meßeinrichtungen steigert, dann werden auch die Zeitkonstanten der Meßapparatur selbst größer, insbesondere beim Messen ganz kleiner Durchströmmengen wird dann die zum Stabilisieren der Ablesung gebrauchte Zeit den Wirkungsgrad beim Messen wesentlich verschlechtern, und es wird deshalb notwendig werden, viele Serien (?) einzurichten, und die Messung weitgehend automatisch zu gestalten.

In Amerika hat man viel strengere und härtere Auspuffgasvorschriften als bei uns hier in Japan, und deshalb ist man dort auch auf dem Gebiete der Meßapparaturen viel weiter als bei uns; so haben z.B. die Firmen COX und SCANS und andere Meßgerätehersteller schon vor einer Reihe von Jahren vollautomatisch arbeitende Vergaserprüfmaschinen von höchster Präzision entwickelt. Diese Prüfmaschinen sind im Hinblick auf die Einführung der Vorschriften vom Jahre 1968 an bei allen amerikanischen Kraftfahrzeugherstellern und auch bei allen Vergaserherstellern eingeführt worden. Die Abb.24 zeigt ein Beispiel einer solchen Hochpräzisionsvergaserprüfmaschine.

Diese Prüfeinrichtungen haben nachstehende große Vorteile:

(1) Dadurch daß Schallgeschwindigkeitsdurchgangsöffnungen (orifice) verwendet werden, bekommt man eine viel höhere Meßgenauigkeit bei der Messung der durchströmenden Luftmenge. Dies rührt daher, daß man als Geschwindigkeit des durch die Durchströmöffnung (orifice) strömenden Luftstromes die Schallgeschwindigkeit genommen hat, daß keine Abhängigkeit von der Druckdifferenz vor und hinter der

Durchströmöffnung (orifice) vorhanden ist und daß man eine konstante Luftstrommenge erhält; in der Regel braucht man für jeden einzelnen Meßpunkt eine Schallgeschwindigkeitsdurchströmöffnung.

(2) Bei der Messung der Kraftstoffströmungsmenge bedient man sich für die Abtastung einer Strömungsmediumbrückenschaltung, diese wird elektrisch oder durch ein Strömungsmedium umgeschaltet und kann dann abgelesen werden. Es gibt auch Meßeinrichtungen, bei denen das Luftkraftstoffverhältnis unmittelbar abgelesen werden kann.

(3) Die Umschaltung der Durchströmöffnungen (orifice), die Einstellung des Ansaugunterdruckes, der Drosselklappenöffnung erfolgt automatisch, dadurch erhält man eine Verbesserung des Wirkungsgrades beim Messen.

(4) Die Meßgenauigkeit liegt ungefähr bei $\pm 0.5\%$.

In dem Werk Rochester, der Vergaserabteilung der Firma General Motors, hat die gesamte Meßeinrichtung zur Prüfung der Vergaser ungefähr 8 Millionen Dollar gekostet, man sagt, daß diese Einrichtung jetzt den Auspuffgasvorschriften entspreche. Daß bei diesen Prüfmaschinen, welche mit Schallgeschwindigkeitsdurchgangsöffnungen arbeiten, Klimaanlage mit genauer Regulierung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit vorhanden sind, ist schon selbstverständlich; die Gebäude, in denen diese Prüfmaschinen aufgestellt sind, besitzen Räume mit immer gleichbleibendem Druck, der atmosphärische Druck wird fortwährend geprüft und dadurch erhält man eine wesentliche Erhöhung der Meßgenauigkeit. Es sind 97 vollautomatisch arbeitende

Prüfmaschinen aufgestellt; die mit der Ausführung der Prüfungen Betrauten haben lediglich die Vergaser einzusetzen, und dann werden vollautomatisch die einzelnen Messungen der Reihe nach durchgeführt, das Ergebnis der Messungen ist ausschlaggebend für die ebenfalls automatische Beurteilung und Ausscheidung des Ausschusses. Die einzelnen Prüfmaschinen sind unmittelbar mit elektronischen Rechenmaschinen verbunden, in denen Informationen über die Regelung der Vergaser, über die Leistungsnachprüfung und über die Qualität des Erzeugnisses errechnet werden. Die Abb.25 zeigt ein Blockschema einer solchen Vergaserprüfmaschine, an welche eine elektronische Rechenmaschine angeschlossen ist.

10. Zusammenfassung

Die Verunreinigung der Atmosphäre durch die Auspuffgase der Kraftfahrzeuge wird immer mehr zu einem ernstem Problem und es ist zu erwarten, daß hier vom Gesetzgeber strengste Vorschriften erlassen werden. Deshalb müssen auch an den Vergasern, welche man bisher immer nur in der Hauptsache auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht hat, Verbesserungen ins Auge gefaßt werden, in denen Maßnahmen verwirklicht sind, welche den Auspuffgasvorschriften gerecht werden.

Außer den Stoffen, über welche wir in der vorliegenden Arbeit berichtet haben, sind es auch noch die vom Kraftstoffsystem her verdampfenden und in den Auspuffgasen enthaltenen Stickstoffoxyde, welche ebenfalls ein Problem darstellen; auch im Hinblick auf Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Stickstoffoxyde fällt dem Vergaser eine große Auf-

gabe zu. Es ist deshalb nur wünschenswert, wenn auch in der Zukunft über das Problem der Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Atmosphäre geforscht und berichtet wird.

Literaturhinweise

- 1) Louis C. Broering Jr.: An Evaluation of Technique for Measuring Air Fuel Ratio, SAE Paper 660118, (Januar 1966).
- 2) D.F. Hagen, G.W. Holiday: The Effect of Engine Operating and Design Variables on Exhaust Emissions, SAE Paper 486C (März 1962).
- 3) William K. Steinhagen u.a.: Design and Development of the General Motors Air Injection Reactor System, SAE Paper 660106 (Januar 1966).
- 4) Forrest W. Cook: Antismog Carburetor Hardware and Test Equipment, SAE Paper 660110 (Januar 1966).
- 5) H.H. Dietrich: Automotive Exhaust Hydrocarbon Reduction During Deceleration by Induction System Device SAE Paper 170 (September 1957).