

Vertraulich .

Vorschlag zur Beseitigung toxischer Bestandteile des Abgases vom Ottomotor .

Dipl. Phys. Burkhard Heim, Deutsches Forschungsinstitut für Kraftfeldphysik und allgemeine Kosmologie eV.,
Northheim / Hannover .

Die in Betrieb befindlichen Verbrennungsmotore erzeugen immer toxisch wirkende Abgase , deren toxische Bestandteile im Wesentlichen aus CO sowie halb- oder unverbrannten Alkanen zusammengesetzt sind . Ziel der Untersuchungen ist die Beseitigung dieser toxischen Bestandteile bei einer evtl. Verbesserung der Motorenleistung , was nur im Rahmen einer Steuerung des Verbrennungsvorganges wirtschaftlich durchführbar erscheint .

Chemisch betrachtet sind alle toxischen Bestandteile des Abgases Produkte einer unvollständigen Verbrennung . Derartige unvollständige Verbrennungen erfolgen offensichtlich im Zylinderblock . Nach unseren Ermittlungen ist die chemische Reaktionskette beim Verbrennungsvorgang sowie die hiermit verbundenen chemischen Gleichgewichtszustände während der einzelnen Phasen dieser Reaktionskette bis auf den heutigen Tag unbekannt . Wie dieser Reaktionsmechanismus im Zylinderblock auch immer beschaffen sein mag , auf jeden Fall ist die Verbrennung unvollständig und dies bedeutet , dass ein Sauerstoffdefizit vorliegen muss . Dieses Defizit inbezug auf das stöchiometrische Verhältnis für die vollständige Verbrennung ist nach unserer Auffassung durchaus verständlich , denn der Zylinderblock saugt aus dem Vergaser kein Gasgemisch aus Brennstoffdampf und Luft an , sondern einen Brennstoffnebel in Luft . Da der Brennstoff in Form von Flüssigkeitströpfchen verteilt ist , muss ein über das stöchiometrische Verhältnis gehender Brennstoffüberschuss gegeben werden , wenn das Gemisch zündfähig sein soll . Im Zylinderblock vergasen die Nebeltröpfchen bei der Kompression augenblicklich , doch muss sich um jedes verdampfte Tröpfchen ein Mischungsgradient mit der beigegebenen Luft ausbilden . Auf diese Weise wird jedes Nebeltröpfchen zum Träger einer Inhomogenität . Diese Inhomogenitäten müssen sich wegen der thermischen Molekularbewegung nach einer bestimmten Zeit vollständig ausgleichen , doch ist diese Zeit nicht gegeben

weil nach der kurzfristigen Kompression sofort der Zündvorgang einsetzt. Die bereits durch das Sauerstoffdefizit ungünstigen Verhältnisse werden also durch die Inhomogenitäten in Folge der vom Nullvektor verschiedenen Mischungsgradienten zum Termin des Zündvorganges noch mehr verschlechtert. In gleicher Richtung müssen sich schliesslich auch Inhomogenitäten der Nebeldichte auswirken, die bereits in der Gasleitung ausgebildet sind.

Nach unseren Überlegungen besteht generell die Möglichkeit an fünf Stellen des Motors einzugreifen, um den Verbrennungsprozess anzusehen, oder die Zusammensetzung der Abgase zu steuern. A) Benzinleitung, B) Vergaser, C) Gasleitung, D) Zylinderblock und E) Abgasrohr. Wenn die an diesen Stellen möglichen Eingriffe sinnvoll sein sollen, so können sie nur darin bestehen, das Sauerstoffdefizit auszugleichen, um die Bilanz vollständiger ~~anzunähern~~ Verbrennung anzunähern. Im Sinne E werden bereits Eingriffe als Nachverbrennung der Abgase auf katalytischem Wege praktiziert, doch erfordert dieses Verfahren einen zu kostspieligen technischen Aufwand und ist daher unwirtschaftlich. Auch wie nach unseren Ermittlungen die Nachverbrennung nicht vollständig durchgeführt, so dass der Eingriff E immer nur ein Provisorium bleiben muss. Dies um so mehr, als die Nachverbrennung exotherm verläuft, aber diese exotherme ~~sehe~~ Energie den Wirkungsgrad des Motors nicht erhöhen kann. Der Eingriff D wird ebenfalls nach unseren Ermittlungen praktiziert und zwar durch Variationen der Kolbenprofile und Anwendung von Einspritzpumpen. Hierdurch werden zwar die Verhältnisse etwas günstiger i. B. auf den Wirkungsgrad, doch bleibt die Verbrennung nach wie vor unvollständig. Andere Manipulationen in Richtung D, als die bereits praktizierten, erscheinen kaum möglich. Ohne jeden Erfolg waren bisher Eingriffe i. B. auf A, B, und C. Da alle diese Eingriffe nur den Sinn haben können, die Sauerstoffbilanz und die Homogenisierung zu verbessern, kann A nur darin bestehen, auf irgendeine Weise eine quantenhafte Molekularresonanz zu erzwingen, durch welche Sauerstoffmoleküle nicht chemisch, sondern durch eine quantendynamische Resonanz gebunden werden. Auf diese Weise wäre bereits vor dem Zerstäubungsprozess im Vergaser Luftsaauerstoff im Brennstoff angereicherter, wodurch die Verbrennung vollständig gemacht werden könnte. Diese Überlegung ist jedoch nur theoretischer Art, denn nach den heutigen physikochemischen Erfahrungen, die wir in unserem Arbeitskreis überblicken, erscheint eine derartige Manipulation unmöglich. Erfolgversprechend erscheinen uns nur die Möglichkeiten B und C, wobei allerdings grundsätzlich zu berücksichtigen ist, dass im Fall C jede Turbulenz in der Gasleitung vermieden werden muss, weil eine Turbulenz den Strömungswi-

derstand stark erhöht (der induzierte Widerstand stellt beispielsweise den Hauptanteil des Strömungswiderstandes ~~stark-erhöht~~ eines Tragflügelprofils). Diese Erhöhung des Strömungswiderstandes durch das Andrehen der Turbulenzelemente kann die Motorenleistung stark senken .

Die Eingriffe B und C können nicht darauf hinauslaufen , den vom Vergaser produzierten Nebel zu verdünnen um die Sauerstoffbilanz zu verbessern . Auf diese Weise kann die Motorenleistung nur sinken, zumal Inhomogenitäten der Nebeldichte und die Inhomogenitäten der Mischungsgradienten im Zylinderblock beim Zündprozess nicht vermieden werden können weil diese Inhomogenitäten auf die Natur eines nahezu adiabatisch komprimierten Nebels schlechthin zurückgehen . Die einzige Möglichkeit besteht darin , die Nebeltröpfchen überhaupt zu beseitigen , so dass der als Zerstäuber wirkende Vergaser zum wirklichen Vergaser wird . Wegen der thermischen Molekularbewegung müssen im echten Brennstoffdampf - Luftgemisch bereits alle Mischungsinhomogenitäten in der Gasleitung ausgeglichen sein und im Zylinderblock kann es beim Kompressionsvorgang nicht zur Ausbildung der Mischungsgradienten kommen. Auf jeden Fall kann nach unserer Auffassung der Verbrennungsprozess vollständiger gemacht und die Motorenleistung erhöht werden , wenn es gelingt, den Brennstoff wirklich zu vergasen . Da der starke Brennstoffüberschuss nicht mehr gegeben ist , könnte der Wirkungsgraderhöhung und der Vervollständigung der Verbrennung eine Brennstoffeinsparung parallel laufen .

Zur Beseitigung der Nebeltröpfchen bieten sich aus feldphysikalischer Sicht für die Eingriffe B und C die folgenden Methoden an :

a) Abfangen der Nebeltröpfchen durch statische Felder . Diese Methode beruht auf der Tatsache , dass sich zwei Substanzen verschiedener Dielektrizitätskonstanten kontaktelektrisch aufladen , derart , dass die Substanz höherer DK die Positivladung erhält . Die Brennstofftröpfchen im Luftgemisch müssten also eine positive Kontaktladung tragen . Als Folge dieser Aufladung muss eine elektromagnetische Ablenkung als Eingriff C möglich sein .

a1) Elektrostatische Ablenkung. Ein elektrostatisches Kraftfeld geeigneter Niveauflächengeometrie wird zum Einfang der kontaktelektrisch geladenen Tröpfchen verwendet . Dieses Verfahren hat nur dann Aussicht auf Erfolg , wenn das elektrostatische Potential (Energieniveau der Tröpfchenladung im Feld) höher liegt als die kinetische Energie des vom Gasstrom bewegten Tröpfchens .

a2) Magnetostatische Ablenkung . Ein in Strömungsrichtung orthogonales magnetisches Kraftfeld übt auf die geladenen Tröpfchen eine Radialkraft aus , welche durch das Produkt aus Kraftflussdichte , Tröpfchenladung Strömungsgeschwindigkeit gegeben ist .

Das Stück der Gasleitung in welchem die Ablenkung erfolgt , muss aus einem dia- oder paramagnetischem Material bestehen , weil ferromagnetische Wandungen die Feldlinien zu stark bündeln . Wahrscheinlich müsste a 2 mit a 1 kombiniert werden , weil die Tröpfchen zusammenlaufen müssen und dies wird wahrscheinlich nur dann möglich werden , wenn durch ein hinreichend hohes elektrostatisches Potential die Oberflächenspannung als Folge der gegenläufig wirkenden elektrostatischen Maxwellspannungen geändert wird .

- b) Zerstäubung des Brennstoffes durch Ultraschallfelder : Wird durch ein U- Schallschwinger Ultraschall erzeugt , so kann eine Ultraschallfrequenz gefunden werden , bei welcher flüssiger Brennstoff zerstäubt wird . Hierzu ist es unerlässlich eine Ultraschallfrequenz zu erzeugen an ein flüssiges Medium angepasst , was auf zwei Arten möglich ist , nämlich :
 - b 1) Elektrostriktiv durch ein elektrisches Wechselfeld welches auf einen piezoelektrischen Schwinger wirkt .
 - b 2) Magnetostritiv , das heisst , ein magnetisches Wechselfeld wirkt auf ein zur Magnetostraktion fähiges Material ein . Diese beiden Methoden b können ebenfalls im Sinne B oder C Anwendung finden .
- c) Völlige Auflösung der Nebeltröpfchen durch Resonanzfeldwirkungen . Bei diesem Verfahren wird der Eingriff B oder C vorgeommen und ein Resonanzfeld möglichst vom Vergaser ausgehend durch die ganze Gasleitung in geeigneter geometrischer Struktur gespannt . Dieses Resonanzfeld kann
 - c 1) Elektromagnetisch oder
 - c 2) Hydrodynamisch erzeugt werden und fügt den Nebeltröpfchen auf kaltem Wege die zur Verdampfung nötige Verdampfungsenergie zu .

Das Versuchsprogramm läuft darauf hinaus , diese sechs grundsätzlich möglichen Methoden auf die ebenfalls allein sinnvollen Eingriffe B und C anzuwenden und empirisch zu erforschen , welche dieser insgesamt zwölf denkbaren Methoden zu technischen Lösungen führen können . Von diesen Lösungen ist die sicherste und wirtschaftlichste im Versuchswagen zu erproben und ein Prototyp^{ist} herzustellen .

Beim echten Gasgemisch liegen während des Verbrennungsvorganges die physikochemischen Verhältnisse anders als beim Brennstoffnebel ; denn wegen des Fehlens der Mischungsgradienten muss die Reaktion mit höherem thermischen Wirkungsgrad und schneller erfolgen . Eine Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades bedeutet aber noch keine mechanische Leistungssteigerung , sondern nur eine Temperaturerhöhung , welches ein unkontrollierbares Vorglühen und evtl. einen Abbrand des Schmierfilmes bewirkt . Wenn also mit einem echten Gasgemisch gearbeitet wird , dann muss in erster Beziehung versucht werden , den erhöhten thermischen

Wirkungsgrad in einen mechanischen Wirkungsgrad umsetzen. Ein solcher Umsatz ist aber nur über die Expansion eines Arbeitsmediums möglich, als welches sich im vorliegenden Fall Luft als wirtschaftlichstes Medium anbietet. Die sich nach unseren Ermittlungen für den Ottomotor ergebenden η -Werte ^{des Verbrennungs} beziehen sich stets auf den Brennstoffnebel, doch liegen die Zündverhältnisse beim Gasgemisch zweifellos anders. Das nächste Untersuchungsziel lag in der Klärung der Frage, wie weit $\eta > 1$, 1 im Fall des echten Gasgemisches unter Normaldruck getrieben werden kann, wenn die Zündfähigkeit gefordert wird. Wenn es nämlich irgendeinen günstigen überwirtschaftlichen Wert $\eta_g > 1,1$ gibt, bei welchem die Zündung noch einsetzt, dann könnte die dem echten Gasgemisch eigentümliche Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades durch den starken Luftüberschuss als Arbeitsmedium abgefangen und in mechanische Wirkungsgrad umgesetzt werden. Ob dies sinnvoll ist, richtet sich danach, wie hoch η_g getrieben werden kann. Eine Entscheidung in dieser Richtung musste durch Laboratoriumsversuche herbeigeführt werden.

Zu diesem Zweck wurde eine einseitige offene zylindrische Brennkammer gebaut, welche 10,625 Liter Gasvolumen fasst. Die Wandung besteht aus Stahl und hält eine Druckdauerbelastung von 200 Atü aus. Unter dem sphärisch gewölbten Boden wurde ein elektrisches Heizungssystem (800 VA) montiert und mit Asbest isoliert. An der Seite über dem Boden wurde ein 8 mm Gwinde gebohrt und ein hierfür passender Schraubbolzen angefertigt, der mit einer Längsachsenbohrung als Zündstromadapte ausgebildet, das elektrische Zündsystem trägt. Der jeweilige Versuch ablauf geschieht wie folgt: Nach sicherer Aufstellung der Brennkammer wird der Zünder eingesetzt und als Heiz- und Zündsystem an ein elektronisches Prüffeld des Versuchslabors angeschlossen. Nunmehr wird der Heizstromkreis geschlossen und über zwei Messinstrumente kontrolliert. Nach einer Serie von Heizversuchen wurde die günstigste Heizungsdauer von 7 Min. gefunden. Nach dieser Anheizzeit wird der Heizkreis unterbrochen und die gewählte Testmenge Benzin in die geheizte Brennkammer eingeführt. Anschliessend wird die offene Seite dieser Kammer mit einer Plastikfolie verschlossen. Durch die erhöhte Temperatur der Kammer wand vergast ~~vergas~~ das Benzin in kurzer Zeit (zur Sicherheit wurden 30 Min. angesetzt) und das gasförmige Benzin untermischt sich aufgrund der thermischen Molekularbewegung vollständig mit dem eingeschlossenen Luftvolumen. Nunmehr wird der Zündkreis geschlossen und der Brennvor-gang nach thermischen und mechanischen Gesichtspunkten beobachtet.

Nach der Montage des Gerätes wurde eine Reihe von reinen Zündversuchen

angesetzt, denn vor der Bestimmung von η_g muss geklärt werden, bei welchem maximalen Luftverhältnis $\eta_{\max}$ das echte Gasgemisch noch zündfähig ist. Aufgrund des theoretischen Luftverhältnisses η_t für Fahrzeugbenzin bedingt das Brennkammervolumen von 10,625 Liter nur 1,2 cm³ flüssiges Benzin für das stöchiometrische Luftverhältnis $\eta = 1$. Da η das Kammervolumen eine Gerätekonstante ist, gilt für das jeweils getestete Luftverhältnis $\eta = 1,2/x$, wenn x das jeweilige Testvolumen von Flüssigbenzin in cm³ ist. $x = 1,2$ entspricht demnach in der vorgegebenen Brennkammer dem stöchiometrischen Luftverhältnis. Die Reihe der Zündversuche bestand aus 13 Versuchen, in welchen die Testmengen $x_1 = 1,2$, $x_2 = 1,1$, $x_3 = 1$, $x_4 = 0,9$, $x_5 = 0,8$, $x_6 = 0,7$, $x_7 = 0,6$, $x_8 = 0,5$, $x_9 = 0,4$, $x_{10} = 0,3$, $x_{11} = 0,2$, $x_{12} = 0,1$, $x_{13} = 0,05$ verwendet wurden. Bei x_{13} konnte der Zündvorgang gerade noch beobachtet werden, so dass sich als maximales Luftverhältnis unter Normaldruck $\eta_{\max} = 24$ ergibt. Tatsächlich muss dieser Wert höher liegen; denn bei dem im ~~Oktober~~ Ottomotor üblichen Verdichtungsverhältnis zwischen 7 und 7,5 kommt es zu einer entsprechenden Verkürzung der mittleren freien Weglänge und damit zu einer Erhöhung der molekularen chemischen Reaktionswahrscheinlichkeit im dem völlig homogenisierten Gasgemisch. Das Ergebnis dieser qualitativen Versuchsreihe sagt also aus, dass die Zündfähigkeit eines echten Gasgemisches auch bei höheren η -Werten gegeben ist.

Nach dieser Versuchsreihe zur Untersuchung der Zündfähigkeit wurden η_g ausgewählt. Es ist dies derjenige Wert, bei welchem der erhöhte Wärmeumsatz als Folge der Reaktion des echten Gasgemisches durch einen Luftüberschuss als Arbeitsmedium in Expansionsarbeit umgesetzt wird. Zur experimentellen Untersuchung wurde die Reihe der Zündversuche wiederholt, doch wurde die explosionsartige Reaktion in der Brennkammer zum Anheben eines definierten Gewichtes verwendet. Auf diese Weise ergab sich ein mehr qualitatives Relativmass für die Änderung des mechanischen Wirkungsgrades (allerdings unter Normaldruck). Hierbei zeigte sich, dass dieser Wirkungsgrad keineswegs von x_1 bis x_{13} linear abnimmt. Zwar liegt die mechanische Wirkung zwischen x_9 und x_{13} undiskutabel tief, doch ²scheint über dem Gebiet zwischen x_5 und x_7 ein Extremum. Die Testmengen x_5 und x_7 entsprechen aber den Luftverhältnissen 1,5 und 2. Damit ist aber das günstigste Luftverhältnis im Fall der echten Vergasung in den Grenzen $1,5 \leq \eta_g \leq 2$ festgelegt. Hieraus geht hervor, in welcher Höhe eine Leistungssteigerung im Sinne einer Brennstoffeinsparung zu erwarten ist, wenn der Vergaser durch ein Zusatzgerät ergänzt, die echte Vergasung möglich macht.

Mit dem Ergebnis $1,5 \leq \eta_g \leq 2$ ist aber auch die Vergasereinstellung bekannt, welche verwendet werden muss, wenn von den angeführten Möglichkeiten a bis c bezogen auf ^{Praxis} C die technisch gangbare und zugleich wirtschaftlichste Methode ausgewählt werden soll. Die ersten Erfahrungen zeigen bereits, dass von den 12 möglichen Wegen vier von vornherein ausfallen, weil die Prinzipien a und C, aber b und nur in B und c in B und C anwendbar sind.

Prinzip a: Zugrunde liegt die Eigenschaft der Materie, sich kontaktelektrisch aufzuladen, wenn es zur Berührung mit Materie anderer Dielektrizitätskonstante (DK) kommt. Die Ladung hängt dabei von der Kontaktfläche und der DK-Differenz ab, wobei die Materie höherer DK positiv erscheint. Die Tröpfchen des Brennstoffnebels in C müssen also durch den Kontakt mit Luft die Positivladung q tragen, so dass sie im elektromagnetischen Feld ablenkbar sind.

a₁ (elektrostatische Ablenkung): Wird in C eine geeignete Anode montiert, welche bezogen auf die an Masse liegende Gasleitung das Positivpotential U trägt, dann muss $q U$ höher liegen als die kinetische Energie $m/2 v^2$ eines Nebeltröpfchens der Masse m , welches sich mit der Geschwindigkeit v des Gasstromes bewegt. Ist r der Tröpfchenradius, σ das spezifische Brennstoffgewicht und g die Fallbeschleunigung, dann gilt $3 m g = 4 \pi \sigma r^3$. Für die elektrostatische Ablenkung und den Tröpfcheneinfang gilt also die Bedingung $3 q U g > 2 \pi \sigma r^3 v^2$. In dieser Ungleichung kennzeichnen q und σ den Brennstoff, r die Wirkungsweise des Vergasers und v den Gasbedarf des Zylinderblocks. v wird bestimmt durch das auf die Querschnittsfläche der Gasleitung bezogene sekundliche Ansaugvolumen des Zylinderblocks. Werden diese für den Ottomotor bekannten Daten in die Beziehung eingesetzt, dann ergibt sich für U ein geschätzter Wert von ca 20 KV (Positivspannung), was von der Zündspule ohne Schwierigkeit geliefert werden könnte. Das Verfahren a₁ ist zwar als technische Lösung ^{denkbar}, doch erweist es sich in der Praxis aus folgenden Gründen zur industriellen Verwertung ungeeignet. Einerseits bedeutet die Einführung einer wie auch immer gearteten Anode in C immer die aerodynamische Entstehung von Turbulenzelementen, was aber in der Gasleitung unter allen Umständen vermieden werden muss wenn die Motorleistung nicht abnehmen soll. Andererseits bedeutet die hohe Spannung von 20 KV eine starke Reduktion der Betriebssicherheit. Zwar lassen sich im Laboratorium mit einiger Mühe Funken- und Kriechentladungen über die isolierenden Halterungen vermeiden, doch ist dies in einem in Betrieb befindlichen Fahrzeug praktisch nicht möglich. Auch die kleinste Entladung dieser Art muss aber zur Zündung des Gemisches in der Gasleitung und damit zum Vergaserbrand führen.

a_2 (Magnetostatische Ablenkung) : Es ist denkbar, die mit q kontakt-
elektrisch geladenen Massen m durch ein zur Strömungsrichtung des Ga-
ses orthogonales Magnetfeld der Kraftflussdichte B radial abzulenken.
Der Krümmungsradius φ dieser Ablenkung ist dann enthalten in der Radi-
alkraftbeziehung $m v^2 / \varphi = B q v$, also gilt $\varphi = \frac{mv}{Bq}$. Werden hierin
wieder Daten $3 m g = 4 \pi r^3 \sigma$, so wie q des Brennstoffes mit v des
arbeitenden Motors eingesetzt, dann zeigt sich, dass noch tragbare
Krümmungsradien sich nur ergeben, wenn die Kraftflussdichte einen
technisch nicht mehr tragbaren Wert erreichen. Auch zeigt sich, dass
die auf diese Weise abgelenkten Tröpfchen nicht zur Kondensation ge-
bracht werden können, weil wegen der kontaktelektrischen Aufladung
eine elektrostatische Abstossung vorliegt. Von der Schwierigkeit der
erforderlichen hohen Kraftflussdichte abgesehen, könnte mit a_1 kombi-
niert werden, doch tritt dann wieder die mangelhafte Betriebssicher-
heit in Erscheinung. Somit hat sich das Prinzip a in den Varianten
 a_1 und a_2 als unbrauchbar erwiesen.

P r i n z i p b : Hier soll die Eigenschaft von Ultraschall verwendet
werden, Flüssigkeiten zu zerstäuben und die Tröpfchengrösse eines Ne-
bels zu verändern. Die Varianten b_1 und b_2 wurden gemeinsam unter-
sucht. Alle Erfahrungen mit elektro- und magnetostriktiven Ultraschal-
schwingern laufen darauf hinaus, dass die Ultraschallenergie nur zu
einem ganz geringen Anteil vom Schwinger auf Luft übertragbar ist, weil
die Anpassung von der Dichtedifferenz zwischen Schwingermaterial und
Medium abhängt. Eine Änderung der Tröpfchengrösse ist also mit b nicht
möglich, doch wird die Ultraschallenergie wegen der weitaus besseren
Anpassung gut vom Schwinger an flüssigen Brennstoff abgegeben. Auf
diese Weise kommt es zu keiner technisch brauchbaren Vergasung, wenn
der Schwinger vollständig von flüssigem Brennstoff umgeben ist, doch
wird eine gute Zerstäubung erreicht, wenn ein feiner Brennstoffstrahl
auf eine vom Schwinger angeregte Metallplatte gespritzt wird. Dieses
Verfahren ist zumindest physikalisch und laboratoriumstechnisch brauch-
bar, doch ergeben sich die folgenden zum Teil schwerwiegenden Mängel:

- 1) Die Tröpfchengrösse ist zwar im Mittel kleiner als beim üblichen
Vergaser, doch kommt es auch beim Verfahren b zu keiner echten Ver-
gasung, so dass η_g nicht gefahren werden kann. Auf jeden Fall
steigt der Wirkungsgrad und damit die Brennstoffeinsparung, doch
kann der günstigste Wert nicht erreicht werden.
- 2) Wird ein vorgegebenes Volumen einer Flüssigkeit $\frac{4}{3} \pi R^3$ zerstäubt,
so dass n Tröpfchen vom jeweiligen Volumen $\frac{4}{3} \pi r^3$ entstehen, dann
gilt $n = R^3 / r^3$ und dies bedeutet, dass die Oberfläche vom Wert
 $4 \pi R^2$ auf $n \cdot 4 \pi r^2$ anwächst. Das Oberflächenverhältnis N ist also

gegeben durch $N = R/r$, und im gleichen Verhältnis wächst die Oberflächenarbeit. Wenn ein Flüssigkeitsvolumen zerstäubt wird, dann muss diese Differenz der Oberflächenarbeit durch einen aufgewandeten Energiebetrag gedeckt werden. Im Fall des üblichen Vergasers wird dieser Betrag der Strömungsenergie der angesaugten Luft entnommen und ist bezogen auf die Zeit als Leistung nicht relevant. Im Fall b dagegen muss diese Leistung vollständig vom Ultraschallschwinger aufgebracht werden. Sowohl die elektro- als auch die magnetostriktiven Schwinger werden durch einen elektrischen Wechselstrom angeregt, der wiederum ein Vielfaches der erforderlichen Schwingerleistung haben muss. Diese Ultraschall-Leistung liegt aber zweifellos im laufenden Kraftfahrzeug ziemlich hoch, weil pro Sekunde im mittleren Personenkraftwagen mindestens zwei bis drei ccm Brennstoff zerstäubt werden müssen. Ob die um ein Vielfaches höher liegende elektrische Leistung zur Anregung des Ultraschallschwingers von der Lichtmaschine aufgebracht werden kann, ist nur im Versuchswagen festzustellen. Dies erscheint jedoch im technischen Betrieb unwahrscheinlich.

3) Der im Ottomotor verwendete übliche Vergaser kann durch b nicht ergänzt werden. Vielmehr muss ein völlig neuer Ultraschallvergaser eingesetzt werden, der als Vorschaltung einen speziellen Schwingkreis erforderlich macht. Dies alles ist finanziell ausserordentlich aufwendig (der Rechnungspreis liegt schätzungsweise zwischen DM 1 000.- und DM 2 000.-), und daher dem normalen PKW-Besitzer nicht zumutbar. In der Automobilfertigung würde sich der KFZ-Preis entsprechend erhöhen. Demnach erscheinen b_1 und b_2 zur technischen und zur kommerziellen Verwertung zu unwirtschaftlich.

4) Die notwendige Vorschaltung ist elektronischer Art und besteht aus einem Schwingkreissystem. Im Laboratoriumsversuch sind derartige Vorschaltungen auch bei Dauerbelastung von hoher Betriebssicherheit, doch nimmt diese Sicherheit bereits stark ab, wenn das System den mechanischen Vibrationen einer Standmaschine ausgesetzt wird. Es konnten zwar keine Versuche in einem Versuchswagen durchgeführt werden, doch wird auch ohne derartige Untersuchungen sofort evident, dass diese Betriebssicherheit unter den verschiedensten mechanischen Einflüssen eines laufenden Kraftfahrzeuges stark abnimmt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Prinzip b in den Varianten b_1 und b_2 zwar zu einer physikalischen Teillösung führt, doch sind die technischen Möglichkeiten wegen der Unwirtschaftlichkeit zum einen, und der mangelhaften Betriebssicherheit zum anderen sehr gering, so dass eine brauchbare Lösung in b nach unserer Auffassung nicht gegeben ist.

P r i z i p : Nach diesem Prinzip soll ein Resonanzzustand in B und C angeregt werden , welcher auf kaltem Wege dem Brennstoffnebel die zur völligen Vergasung erforderliche Energie zuführt .

c_1 (elektromagnetisch) : Diese Möglichkeit fällt nach Laboratoriumserfahrungen von vornherein aus , weil wie in a_1 das Gasgemisch schon in C gezündet werden kann , was zum Vergaserbrand führt . Weiter verträgt die Vorschaltung wie in b keine mechanischen Vibrationen und dürfte finanziell noch aufwendiger sein als die Vorschaltung im Fall b_1 und b_2 . Dieses Verfahren ist demnach völlig unbrauchbar .

c_2 (Dynamisches Resonanzfeld) : Nach allen Erfahrungen liegt die einzige reale Möglichkeit zur wirtschaftlichen Lösung dieses Problems in der Erregung eines dynamischen Resonanzfeldes (d r f) . Ein derartiges d r f kann aber nur eine mechanische Hohlraumschwingung des von B und C umschlossenen Gasvolumens sein , welche nahezu adiabatische Zustandsänderungen verursacht . Die einzige physikalische Möglichkeit liegt daher in der Ultraschall- Hohlraumschwingung , welche das Vergaser- und Gasleitungsvolumen anregt . Es erschien uns von primärer Wichtigkeit , zunächst einen Ultraschallerreger zu entwickeln , der an gasförmige Medien vollständig angepasst ist . Dieses Problem konnte gelöst werden , indem der Ultraschall auf hydrodynamischem Wege erzeugt wurde . Auf diese Weise wurde es möglich , in sehr einfacher , billiger und äusserst betriebssicherer Ausführung einen kaum faustgrossen Ultraschallerreger zu entwickeln , der eine sehr hohe Leistung als Ultraschall auf Luft überträgt . Nach unseren Untersuchungsergebnissen wird das Gerät zweckmässig in eine geeignete Bohrung in der Vergaserwand geschraubt , dass das U- Schallfeld die von B und C umschlossenen Hohlräume anregt .

Nach weiteren Laboratoriumsversuchenuntersuchungen zerfällt das kontinuierliche Spektrum aller vom U- Schallerreger ermöglichten Frequenzen f hinsichtlich der Einwirkung auf den Brennstoffnebel in drei Spektralserien . Das erste dieser Spektren umfasst die Frequenzen f_0 , welche überhaupt keinen Einfluss auf den Nebel haben . Im zweiten Spektrum sind Frequenzen f_k enthalten , welche eine Kondensation der Nebeltröpfchen zu grösseren Gebilden verursachen . Diese beiden möglichen Ultraschallspektren sind jedoch zur Lösung des vorliegenden Problems völlig unbrauchbar . Es gibt jedoch noch ein drittes Spektrum , welches die Frequenzen f_v umfasst , bei denen die Nebeltröpfchen bis zur völligen Verdampfung zerteilt werden . Wird unser Ultraschallerreger auf eine Frequenz f_v eingestellt , dann muss die Ultraschallhohlraumschwingung - welche von der Vergaserdüse bis zum Eingang in den Zylinderblock wirkt - eine vollständige Vergasung des Brennstoffnebels in B und C verursachen , zumal in die abgegebene U- Leistung sehr hoch liegt .

Da die physikalischen Gesetze der U- Schallhohlraumschwingungen den Analogen ~~in~~ der elektromagnetischen Mikrowellen gleichen und wir aus anderen Gründen einige Erfahrungen in der Mikrowellen - und Hohlleiter-technik und mit Resonanzhöhlräumen gesammelt haben , sind wir zumindest in der Lage , das vorgeschlagene Verfahren i.B. auf seine Verwendbarkeit im Ottomotor zu analysieren . Auch können wir versuchen , eine technisch und wirtschaftlich brauchbare Lösung durch die laboratoriums-technische Klärung der folgenden Punkte zu gewinnen .

- 1.) Anpassung des erwähnten Ultraschallerregers an die Bedingungen im arbeitenden Kraftfahrzeugmotor .
- 2.) Ermittlung der günstigsten Stelle an der Vergaserwand zur Anbringung des Gerätes .
- 3.) Ermittlung der günstigsten U- Schallbündelung .
- 4.) Ermittlung derjenigen Frequenz f_v , welche über die grösste Bandbreite verfügt . Es handelt sich hierbei um den günstigsten Wert , weil durch die Bandbreite die Toleranzgrenzen des Gerätes festliegen , welche ebenfalls möglichst weit sein sollten .
- 5.) Untersuchung eines eventuellen Einflusses des Dopplereffektes zwischen strömenden Nebel in der Gasleitung und der eingestellten f_v .
- 6.) Untersuchung aufgrund von 5 hinsichtlich einer eventuellen Anpassung von f_v an die jeweilige Strömungsgeschwindigkeit in C .

Auf diese Weise muss ein billiges , betriebssicheres und sehr wirtschaftliches Zusatzgerät von höchstens Faustgrösse entstehen , welches zusätzlich in jedem Ottomotor (bei der Fertigung , aber auch nachträglich in schon laufenden Maschinen) montiert , die Verbrennung vervollständigt und somit bei Brennstoffeinsparung die toxischen Bestandteile des Abgases vermeidet , oder zumindest reduziert .

Wir sind bereit , diese Arbeiten für das Volkswagenwerk durchzuführen . Auch würden wir uns verpflichten alle Arbeitsergebnisse vertraulich zu behandeln und nur dem Volkswagenwerk zur Verfügung zu stellen , wenn sich das Volkswagenwerk seinerseits verpflichtet uns in Form eines monatlichen Etats die materielle Basis zur Durchführung der Arbeit zu geben und uns im Fall einer kommerziellen Verwertung am Profit zu beteiligen .

