

Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift
" Nainen Kikan "
(Die Verbrennungskraftmaschine)
Bd.4, Heft Nr. 32 Februar 1965, Seite 9 - 19

Die Erhöhung der Betriebseigenschaften durch
Saugrohranwärmung bei Benzinmotoren für
Kraftfahrzeuge

Vervielfältigung ohne Genehmigung
nicht gestattet
Weitere Exemplare nur durch
den Übersetzer

von Takeshi Tanuma
und Mitsumasa Inoue
Nissan Kraftfahrzeug K.K.

Universitätsbibliothek Stuttgart
Zeitschriftenstelle

1. Vorwort

Dipl. Ing. Gustav Krauf
7251 Warmbronn
(bei Stuttgart) Im Gäble 16

Hand in Hand mit dem raschen Fortschreiten der Motorisierung in unserem Lande während der letzten Jahre, ist besonders auf dem Gebiete der Personenwagen neben dem Streben nach höherer Geschwindigkeit und nach höherer Leistung immer stärker auch das Verlangen nach einem leichten und bequemen Fahren (easy drive) in den Vordergrund getreten. In dem man für die Dauerhaftigkeit des Wagens bei andauerndem Fahren mit hoher Geschwindigkeit garantiert und in dem man die Bedienung und Handhabung des Wagens beim Fahren so einfach wie irgend möglich gestaltet, gibt man dem Fahrer ein Gefühl der Sicherheit und steigert dadurch sein Vertrauen in den Wagen.

Im allgemeinen muss ein Benzinmotor für Kraftfahrzeuge in ausreichendem Maße warm gelaufen sein, damit man einen ruhigen Lauf bekommt und damit ein übermäßiger Verschleiss der sich bewegenden Teile vermieden wird; wenn der Motor noch nicht genügend warm gelaufen ist, dann tritt das schwere Atmen des Motors auf, das man als Klopfen bezeichnet, und das im schlimmsten Falle zum Stillstand des Motors führen kann. Weiterhin kann man aber auch während der Fahrt, wenn man von einer niedrigen Geschwindigkeit aus, in dem man auf das

Gaspedal tritt, beschleunigen will, das schwere Atmen des Motors und eine ungenügende Beschleunigung zu spüren bekommen.

In der neueren Zeit gibt es auch bei uns hier in Japan immer mehr Wagen, bei denen der Vergaser mit einem sog. "Autochoke Mechanismus" ausgerüstet ist, welcher den Zweck hat, den Anlauf und das Warmlaufen des Motors zu erleichtern und die Betriebseigenschaften des Motors zu verbessern; jedoch auch dann, wenn man ausschliesslich am Vergaser diese Fragen zu lösen versucht, kommt es vor, dass man keine befriedigende Lösung finden; es gibt jedoch viele Fälle, in denen man Hand in Hand mit einer Verbesserung der sich auf das Anlaufen, auf das Warmlaufen und auf die Betriebseigenschaften des Motors selbst beziehenden Daten (beispielsweise der theoretischen Saugrohrvorwärmung) auf dem besten Wege ist, hervorragende Leistungen herauszubekommen.

Die vorliegende Versuchsarbeit beschäftigt sich zunächst mit der Feststellung und der Beurteilung der oben erwähnten Erscheinung des schweren Atmens usw.; von den bisherigen Verfahren her gesehen, welche sich in erster Linie auf das Gefühl des Fahrers stützten, bedeutet die Arbeit einen wesentlichen Fortschritt, in dem man diese Erscheinungen auf dem Versuchsstand reproduziert und sichtbar gemacht hat, und dann wiederum die so erhaltenen Zahlenwerte auf die physiologisch beobachteten Zahlenwerte umgerechnet hat. Auf diese Weise bekam man die Möglichkeit einer analytischen Auswertung der Übergangerscheinungen, welche noch sehr viele unsichere Faktoren enthielten, man konnte die an den Motor zu stellenden Anforderungen ihrem eigentlichen Wesen nach verfolgen und gelangte so bis zu einem gewissen Grade zu

Schlussfolgerungen, über die in der vorliegenden Arbeit berichtet werden soll.

2. Die Versuchsmethodik

(Firmeninterner Bericht der Fa. Nissan, noch nicht veröffentlicht).

2.1 Die für die Versuche verwendeten Motoren und Fahrzeuge

Die für die Versuche verwendeten Motoren waren sämtliche wassergekühlte, Viertakt-Benzinmotoren; die Daten dieser Motoren sind in der Tafel 1 zusammengefasst. Die Tafel 2 enthält die verschiedenen Angaben über die Fahrzeuge, in denen die einzelnen Motoren eingebaut waren.

2.2 Die Versuchseinrichtung

Wie man aus der Abb. 1 ersehen kann, hat man es so eingerichtet, dass man die vom Motor abgegebene Leistung mit Hilfe eines Elektrodynamometers absorbieren kann. Die verschiedenen Versuchsbedingungen wie etwa die Kühlwassertemperatur u.a. konnte man dabei beliebig einstellen. Mit Hilfe eines Elektrodynamometers und einer Trägheitsscheibe hat man erreicht, dass das Trägheitsmoment für die verschiedenen Wagen ungefähr den gleichen Wert hatte.

Um sodann die Erscheinungen, wie etwa das schwere Atmen des Motors, aufzuzeichnen, hat man die verschiedenen Meßinstrumente so angeordnet, wie dies aus der Abb. 2 zu ersehen ist. Das Meßverfahren ist aus dem in der Abb. 3 dargestellten Blockdiagramm ersichtlich.

Zu den Faktoren, von welchen man annimmt, dass sie einen Einfluss auf die Fahreigenschaften des Wagens haben, gehören die Trägheitsmomente der rotierenden Teile, das Kraftstoffsystem, das Zündsystem, die Art und die Form der Ansaugleitung, das Wellendrehmoment, der Ansaugzustand,

Tafel 1

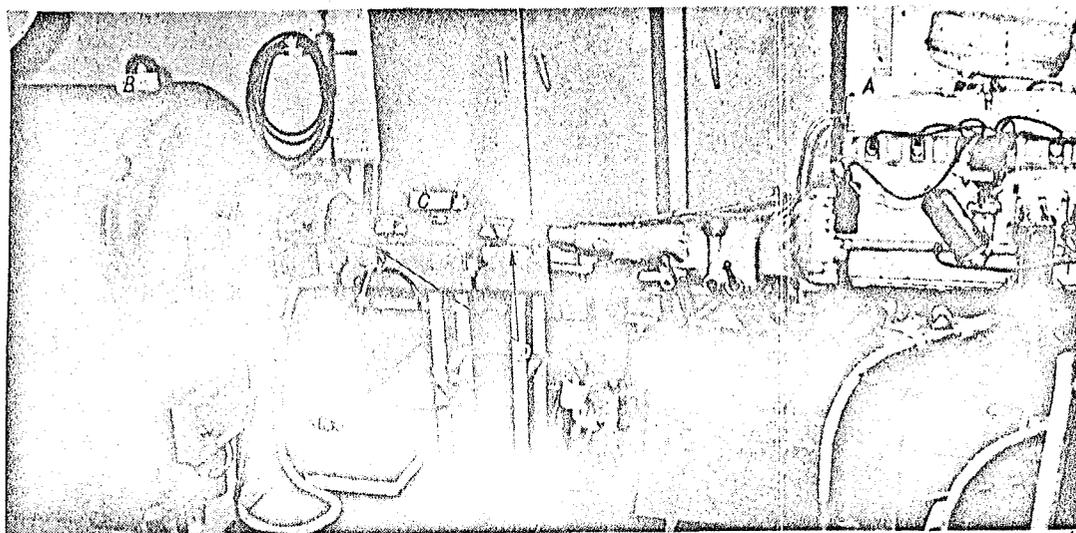
Die wichtigsten Angaben über die bei den
Versuchen verwendeten Motoren

Motorentyp	E1	H	K
Kraftstoff	Benzin	Benzin	Benzin
Kühlsystem	Wasserkühlung	Wasserkühlung	Wasserkühlung
Takte	4-Takt	4-Takt	4-Takt
Zylinderzahl	4-Zyl.	4-Zyl.	6-Zyl.
Bauart	Reihenmotor oben gesteuert	Reihenmotor oben gesteuert	Reihenmotor o.gesteuert
Durchmesser und Hub	73mm x 71mm	85mm x 83mm	85mm x 83mm
Gesamtes Aus- puffvolumen	1189 ccm	1883 ccm	2825 ccm
Kompressions- verhältnis	8,2	8,5	8,7
max.Wellen- leistung	55PS/4800U/min	88PS/4800U/min	115PS/4400U/min
max.Drehmoment	8,8mkg/3600U/min	15,6mkg/3200U/min	21mkg/2400U/min
Vergaserbauart	Fallstrom festes Venturi Duplex	Fallstrom festes Venturi Duplex	Fallstrom festes Venturi (single barrel)

Tafel 2

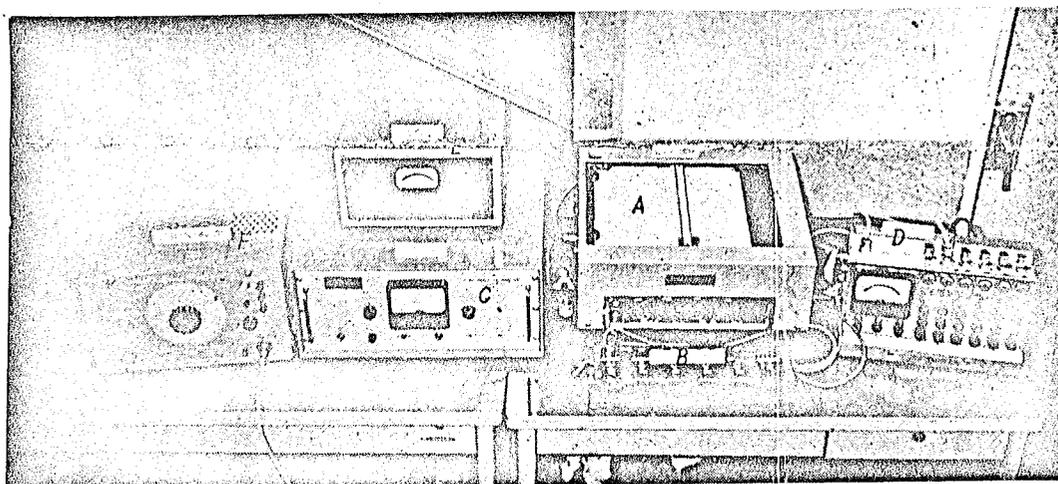
Die wichtigsten Angaben über die bei den
Versuchen verwendeten Kraftfahrzeuge

Fahrzeugtyp	P312	G30	50	
eingebauter Motor	E 1	H	K	
Gewicht des Fahrzeugs	890 kg	1240 kg	1400 kg	
Reifenmaße	5,60-13-4P	6,40-14-4P	6,40-14-4P	
letztes Untersetzungsverhältn.	4,625	4,625	3,889	
Untersetzungsverhältnis der einzelnen Gänge des Getriebes	1. Gang	3,518	3,945	3,05
	2. "	1,725	2,402	1,64
	3. "	1,000	1,490	1,00
	4. "	-	1,000	-
	Rückw.-Gang	4,583	5,159	3,61



- A: Der für die Versuche verwendete K-Motor mit 6 Zylindern und 2800 ccm
- B: Das elektrische Dynamometer
- C: Der Drehmomentmesser
- D: Das Kardangelen

Abb.1 Ansicht der Versuchseinrichtung



- A: Der X-Y-Aufzeichner
- B: Der Selektor
- C: Der D-A-Umformer
- D: Der Dehnungsmesser
- E: Der Vorverstärker
- F: Der Ultraniederfrequenzoszillator

Abb.2 Die Meßeinrichtung

die Kühlwassertemperatur und so weiter. Um von diesen Faktoren diejenigen zu prüfen, welche auf gewisse Erscheinungen wie etwa das beim Beschleunigen entstehende schwere Atmen des Motors oder die Beschleunigungsverschlechterung einen grossen Einfluss haben, hat man es so eingerichtet, dass man 4 Erscheinungen, nämlich das Drehmoment der Welle, die Drehzahl des Motors, die Öffnung der Vergaserdrosselklappe und den Ansaugunterdruck aufzeichnen konnte. Auf diese Weise bekam man die Möglichkeit, in dem man diese 4 Erscheinungen miteinander in Verbindung brachte, die zwischen diesen Erscheinungen bestehenden gegenseitigen Zusammenhänge festzustellen.

2.3 Die Betriebsmethode

Um die Möglichkeit zu bekommen, auf dem Versuchsstand den Verlauf der Beschleunigung, wie er sich praktisch im Wagen abspielt, möglichst genau zu reproduzieren, hat man die Kraftabsorptionspunkte des Dynamometers in entsprechender Weise gewählt; sodann hat man die Vergaserdrosselklappe eingestellt und man hat die einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h entsprechende Motordrehzahl genommen. Unter diesen gegebenen Voraussetzungen hat man dann für 3 verschiedene Beschleunigungen Versuche gemacht, nämlich für eine hohe Beschleunigung (die Drosselklappe war nur einen kurzen Augenblick lang geöffnet), für eine mittlere Beschleunigung (die Drosselklappe war ungefähr 3 sec lang geöffnet) und für eine geringe Beschleunigung (die Drosselklappe war ungefähr 6 sec lang geöffnet).

Da es sich um Versuche auf dem Versuchsstand handelte, so hatte man die Möglichkeit, die Versuchsbedingungen, nämlich die Kühlwassertemperatur, die Temperatur der Ansaugluftvorwärmung, den Zündzeitpunkt usw. beliebig festzulegen.

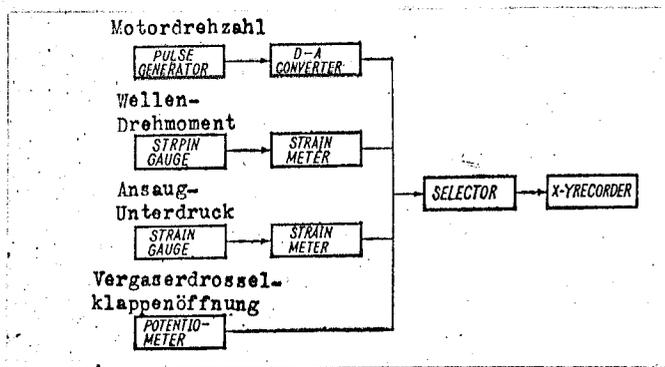


Abb.3 Das Blockschaema der MeBeinrichtung

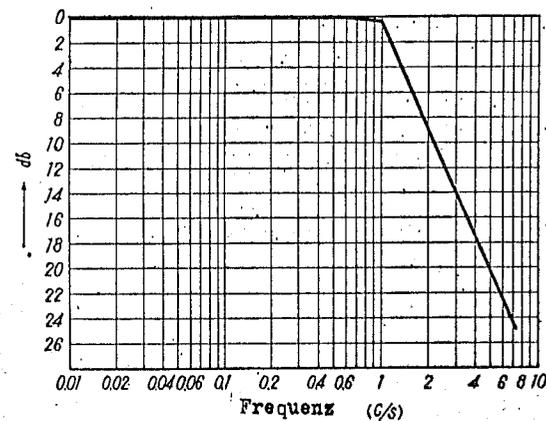


Abb.4 Die Frequenzcharakteristik des X-Y-Aufzeichners

2.4 Eine Erläuterung zu den Aufzeichnungsergebnissen

Der die Endstufe des Meßvorganges ausnützendes X-Y-Aufzeichner war ein automatischer Elektronenröhren-Gleichgewichtsaufzeichner, es war deshalb prinzipiell ein idealer Linien-servomechanismus, dessen Bewegungscharakteristik als zweidimensionales System ausgedrückt wurde. Bei den automatischen Elektronenröhren-Gleichgewichtsaufzeichnern, wie man sie in der Praxis auf dem Markt bekommt, ist jedoch die Drehzahl des Servomotors begrenzt. Dadurch bekommt man eine Charakteristik, welche einem Kontakter-Servo nahe kommt. Man kann also die Bewegungscharakteristik dieses Aufzeichnungsinstrumentes nicht ohne weiteres mit dem gleichsetzen, was man unter einer Frequenzcharakteristik im üblichen Sinne versteht, der nachstehende Bericht bedarf also einer zusätzlichen Erläuterung.

Die Frequenzcharakteristik des bei unseren Versuchen verwendeten X-Y-Aufzeichners ist in der Abb. 4 dargestellt; für die "sign curve" (?) - Eingangssignale bei 0,2 c/s und weniger, haben wir eine verbiegungsfreie Wellenform, für die Signale von 0,2 c/s - 1 c/s haben wir eine Wellenform mit Verbiegungen, für die Signale über 1 c/s haben wir eine dreieckige Wellenform LH1.

Die während der Versuche praktisch aufgezeichneten Beispiele sind in den Abb. 5 (A), (B), (C) und in den Abb. 6 (A) und (B) dargestellt. Die 3 in der Abb. 5 dargestellten Diagramme zeigen für einen 6-Zyl.-Motor die ausgehend von einem Betrieb des Motors mit einer der Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h entsprechenden konstanten Drehzahl bei hoher Beschleunigung, bei mittlerer Beschleunigung und bei

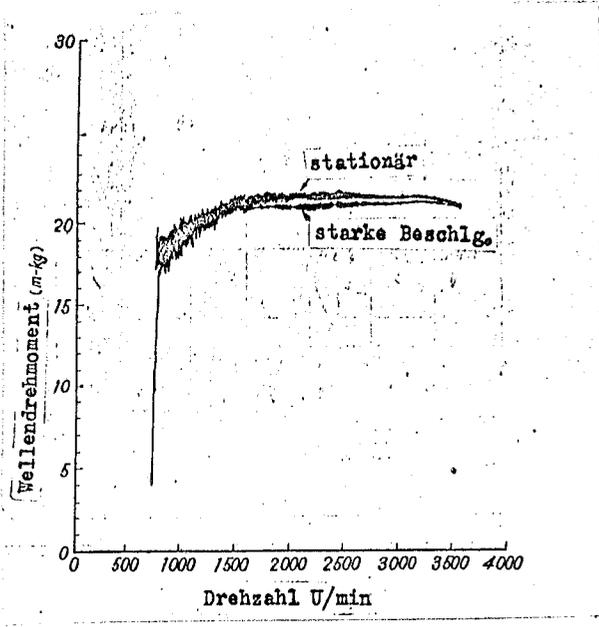


Abb.5(A) Ein Beispiel der Aufzeichnung der schnellen Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (6-Zyl.-Motor)

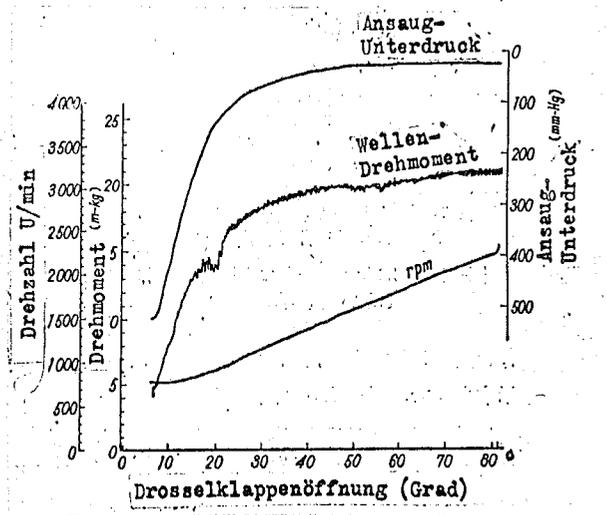


Abb.5(B) Ein Beispiel der Aufzeichnung der mittleren Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h

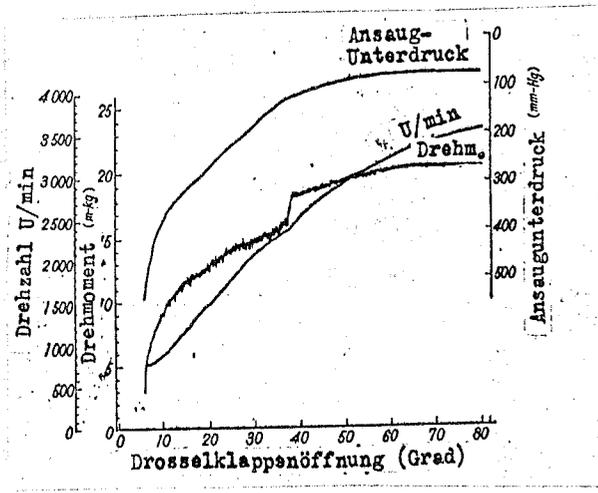


Abb.5(C) Ein Beispiel der Aufzeichnung der geringen Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h

niedriger Beschleunigung bei Änderung der Motordrehzahl, Änderung des Drehmomentes, Änderung der Drosselklappenöffnung und Änderung des Ansaugunterdruckes aufgezeichneten Kurven. In der Abb. 6 werden die entsprechenden Kurven für einen 4-Zyl.-Motor dargestellt; auch hier ist man in der gleichen Weise von einem Betrieb mit einer der Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h entsprechenden konstanten Drehzahl ausgegangen und hat bei mittlerer Beschleunigung die Kurven einmal für den Fall des Auftretens des schweren Atmens im Motors und zum anderen für den Fall, wo dieses schwere Atmen im Motor nicht auftrat, aufgezeichnet; bei diesen Erscheinungen handelt es sich also um ganz kurzzeitige Erscheinungen von ungefähr 3 sec Dauer.

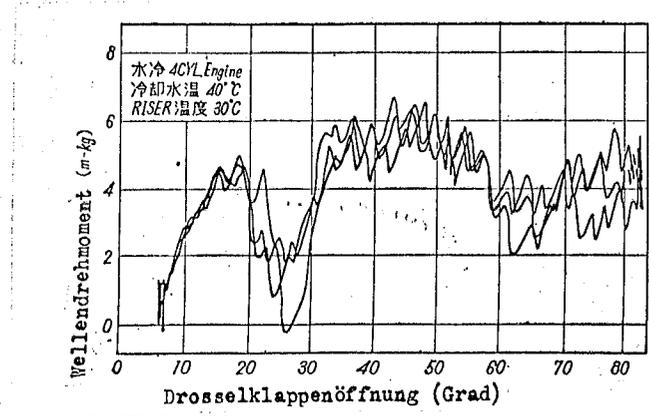
Somit ist bei den niedrigen Drehzahlen des Motors, beispielsweise bei 1000 U/min, die Änderung des infolge der normalen Verbrennung an der Leistung abgebenden Welle entstehenden Drehmomentes bei einem 4-Takt 4-Zyl.-Motor in der Ordnung der doppelten Drehzahl (33 c/s) und bei einem 6-Zyl.-Motor in der Ordnung der dreifachen Drehzahl (50 c/s). Wie man aus der Frequenzcharakteristik der Abb. 4 entnehmen kann, wird die von der normalen Verbrennung in jedem einzelnen Zylinder herrührende Änderung des Drehmomentes dank der oben erwähnten Hochfrequenz mit einer stark gedämpften Änderungsamplitude aufgezeichnet. Dem hingegen haben die Drehmomentänderungen, welche dadurch entstehen, dass es vorkommt, dass etwa infolge von Ungenauigkeiten des Mischungsverhältnisses eine unvollständige Verbrennung sich über mehrere Explosionhübe hinweg erstreckt, eine niedrigere Frequenz als die oben erwähnten Drehmomentänderungen. Der Dämpfungsfaktor ist also kleiner als im erstgenannten Falle und die Erscheinung des schweren Atmens kommt stark zum Ausdruck.

Die aufgezeichnete Wellenform der Drehmomentänderung ist eine dreieckige Wellenform, weil es sich um eine Erscheinung handelt, welche nahezu vollständig in dem oben erwähnten Frequenzbereich der Dreieckswellen liegt. Worum es jedoch hier geht, ist nicht etwa die Aufzeichnung einer genauen Wellenform der Drehmomentänderung, sondern es soll hier vielmehr eine dem Gefühl entsprechende Deutlichmachung der Erscheinung des schweren Atmens erreicht werden. Man sagt zwar, dass das Gefühl eines Menschen logarithmisch meßbar (?) sei, es genügt deshalb, wenn wir annehmen, dass die Form der von einem Aufzeichnungsgerät mit einer ähnlichen Charakteristik aufgezeichneten Drehmomentänderung bis zu einem gewissen Grad den genannten Zweck erreicht. Hierbei wird die von der normalen Verbrennung herrührende hochfrequente Drehmomentänderung gedämpft und aufgezeichnet, und nur die von dem schweren Atmen des Motors herrührende Drehmomentänderung von verhältnismässig niedriger Frequenz wird ohne allzusehr gedämpft zu werden aufgezeichnet. Da ausserdem der Mittelwert des Drehmomentes ohne gedämpft zu werden aufgezeichnet wird, so kann man die Erscheinung mit Sicherheit erfassen.

3. Die Versuchsergebnisse und ihre Beurteilung

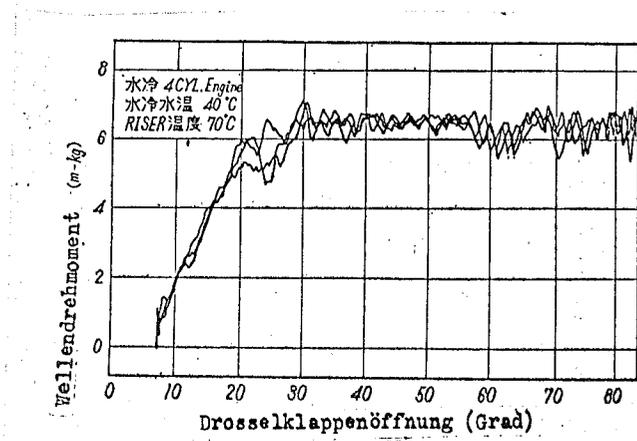
3.1 Beispiele für die Erscheinung des schweren Atmens und der Beschleunigungsverschlechterung

In den Abb. 6 (A) und 6 (B) sind typische Beispiele dargestellt. Das in der Abb. 6 (A) bei der Drosselklappenöffnung von 20° - 30° auftretende Abfallen der Drehmomentkurve entspricht dem schweren Atmen des Motors, das man bei der praktischen Fahrt im Wagen, wenn man von niedriger Geschwindigkeit an beschleunigt, unmittelbar nachdem man auf das Gas-



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 30°C

Abb.6(A) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Ein Beispiel für die Aufzeichnung der Erscheinung des schweren Atmens bei einem 4-Zyl.-Motor)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.6(B) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Ein Aufzeichnungsbeispiel für den Fall, wo das schwere Atmen nicht aufgetreten ist)

Pedal getreten ist, wahrnimmt. Das bei einer Drosselklappenöffnung von 60° - 70° auftretende ruhige und langsame Abfallen der Drehmomentkurve stimmt mit dem Zustand überein, bei welchem man, wenn man auf das Gaspedal tritt, merkt, dass die Beschleunigungskraft nicht ausreicht. Im Gegensatz hierzu haben wir in der Abb. 6 (B) den Fall, bei welchem die Verbrennung normal vonstatten geht und bei dem man ein schweres Atmen des Motors und ein schlechtes Beschleunigen überhaupt nicht wahrnimmt.

Diese problematischen Erscheinungen des schweren Atmens des Motors und der schlechten Beschleunigung treten dann auf, wenn man im schnellsten Gang fährt, bei Benützung eines anderen Ganges wird das schwere Atmen als die Beschleunigung, welche ungefähr in dem Verhältnis der Drehzahlreduzierung erhöht worden ist, also als eine zusätzliche Beschleunigung vom menschlichen Körper wahrgenommen.

3.2 Die Ursachen des schweren Atmens des Motors und der schlechten Beschleunigung

Bei allen Fahrbedingungen, in denen eine Überbeanspruchung des Motors enthalten ist, wenn der Verbrennung immer das richtige Gemisch zugeführt werden kann, ist zu erwarten, dass die unregelmässigen Drehmomentveränderungen, welche die Ursache des schweren Atmens des Motors bilden, nicht auftreten.

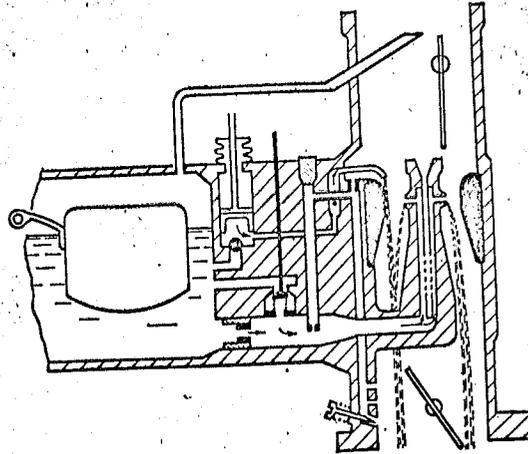
Bei den Vergasern mit festeingebautem Venturi, wie sie allgemein verwendet werden, hat man, um sie all diesen vielen und verschiedenartigen Verwendungsbedingungen anzupassen, alle möglichen Mechanismen vorgesehen. Man kann die hierbei verwendeten Systeme wie folgt einteilen: 1. das "slow"-System 2. das "main"-System, 3. das "power"-System, 4. das Hilfs-

System, 5. das Beschleunigungssystem. Wir haben diese verschiedenen Systeme den verschiedenen Fahrbedingungen gegenübergestellt (siehe Abb.7).

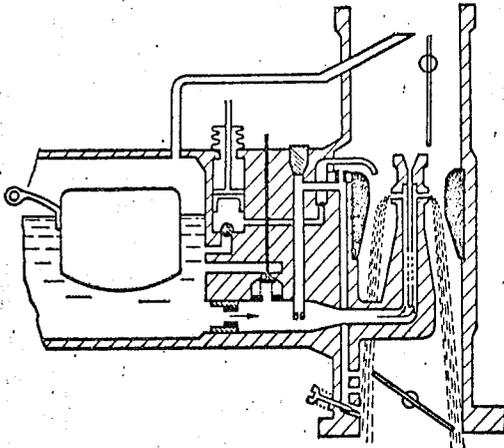
Selbst dann, wenn man einen Vergaser hat, der bei warmgelaufenem Motor an die Leistungscharakteristik des Motors, an einen wirtschaftlichen Kraftstoffverbrauch und an die Fahreigenschaften in ausreichendem Maße angepasst ist, ist es doch, wenn man den Motor einmal bei niedriger Temperatur hat stehen lassen und wenn überdies Übergangsfahrbedingungen gegeben sind, wie etwa das Beschleunigen und das Verzögern, und wenn man hierbei die Vergasungsleistung des Kraftstoffs, die Differenz seines spezifischen Gewichts gegenüber der Luft, den Widerstand in den Kraftstoffleitungen usw. berücksichtigt, unmöglich, dass jeweils richtige Luftkraftstoffgemisch dem Motor zuzuführen, und man kann sich daher leicht vorstellen, dass schliesslich ein Stehenbleiben des Motors die Folge ist. In solchen Fällen können die nachstehend aufgeführten unangenehmen Erscheinungen auftreten:

1. Im Zusammenhang mit den verschiedenen dem "slow"-System und dem "main"-System anhaftenden Mängeln wird das Luftkraftstoffgemisch manchmal allzu mager.
2. Da der von der Beschleunigungspumpe eingespritzte Kraftstoff nicht wirksam verbraucht wird, bekommt man manchmal ein allzu mageres Gasgemisch.
3. Die mit dem Primär-Sekundär-Vergaser zusammenhängenden Nachteile (der Fall des Zweitopfvergasers (Duplex-Vergaser?))

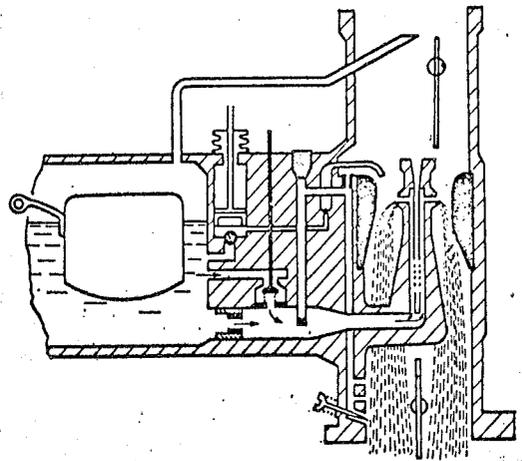
Bei den Vergasern der üblichen Bauart haben wir für jedes einzelne System eine analytische Untersuchung durchgeführt; und dadurch, dass wir zudem an die Vorwärmung der Ansaugluft an die Kühlwassertemperatur und an die Art der fraktionierten Destillation des Kraftstoffes einen sehr strengen Maßstab



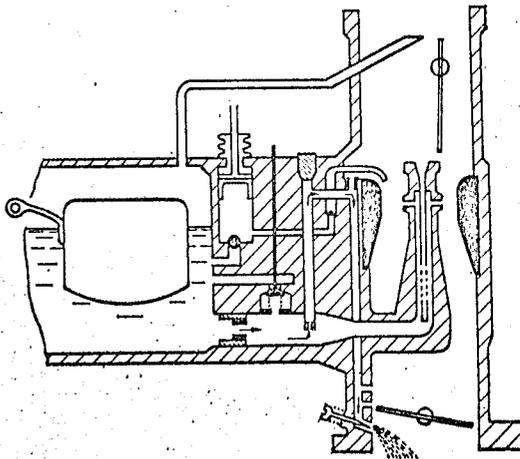
Beerschleunigung



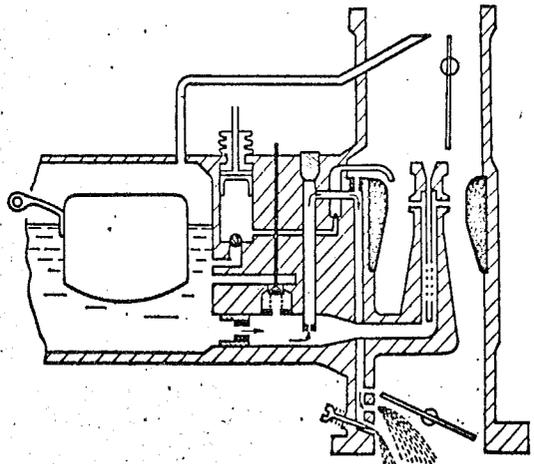
Stadtfahrt (Hauptsächlich "main jet")



Drosselklappe ganz offen
es arbeiten "main jet" und "power jet"



Leerlauf



"light road"
(geringe Last)

Abb.7 Die Arbeitsbedingungen der verschiedenen Kraftstoffsysteme des Vergasers (Nissan - firmeninterner Bericht)

angelegt haben, war es uns möglich, auf leichte Weise die schwachen Punkte der einzelnen Vergasersysteme zu entdecken

Es sollen hier einige Versuchsbeispiele, die sich auf die Anpassung des Vergasers beziehen, sowie Versuchsbeispiele, bei denen die Wirkung der Ansaugluftvorwärmung nachgeprüft wurde, angeführt werden.

Die in der Abb. 6 und ff. dargestellten Aufzeichnungsergebnisse sind den praktischen Aufnahmen nachgezeichnete Kurven

3.3 Die Anpassung des Vergasers

1. Die Grösse des Vergaser-Hauptventuri

Mit Vergasern für einen 6-Zyl.-Motor hat man für 3 verschiedene Grössen des Hauptventuri Beschleunigungsversuche ausgeführt und die Ergebnisse in den Abb. 8 (A), (B) und (C) im Vergleich mit dem Ausmaß des schweren Atmens des Motors dargestellt. Die Betriebsbedingungen für den Motor waren dabei sehr rauh, nämlich sowohl die Kühlwassertemperatur wie auch die Vorwärmtemperatur in der Zuleitung zum Ansaugstutzen betragen 40°C (die Substituierungskennlinien, welche das Ausmaß der Ansaugluftvorwärmung ausdrücken, werden später näher erklärt werden).

Wenn man bei einem gewöhnlichen Vergaser die Drosselklappe geöffnet hat, dann wird die Kraftstoffzufuhr von dem "slow"-System zum "main"-System hin verschoben (geändert?). Sobald man in die Nähe des Punktes kommt, in dem das "main"-System zu arbeiten beginnt, haben wir, da die Geschwindigkeit der das Venturi durchströmende Luft niedrig ist, den Zustand, in welchem der aus der Hauptdüse kommende Kraftstoff unzusammenhängend herabtropft (oder ausströmt), und es lässt sich keine gute Vernebelung erreichen.

Aus den Abbildungen sieht man deutlich, wie die Drosselung

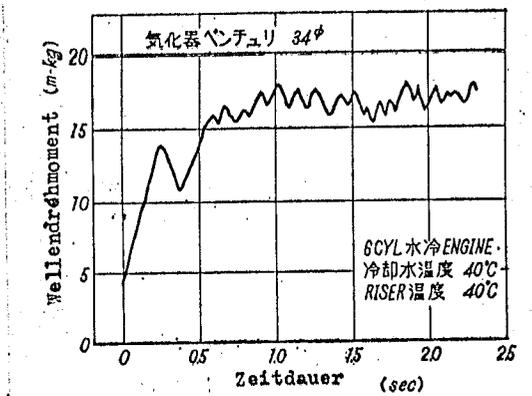


Abb.8(A) Vergaserventuri 34 φ
 wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 40°C
 Starke Beschleunigung aus der
 Fahrgeschwindigkeit 20 km/h

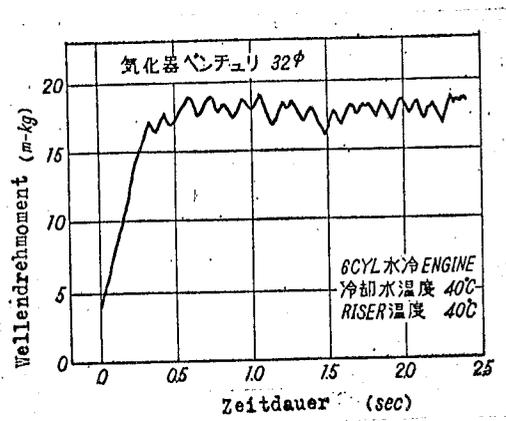


Abb.8(B) Vergaserventuri 32 φ
 wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 40°C
 Starke Beschleunigung aus der
 Fahrgeschwindigkeit 20 km/h

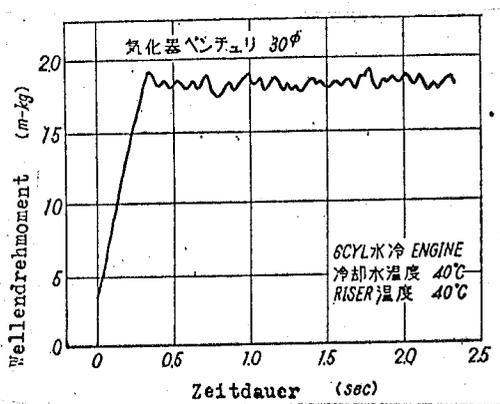


Abb.8(C) Vergaserventuri 30 φ
 wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 40°C
 Starke Beschleunigung aus der
 Fahrgeschwindigkeit 20 km/h

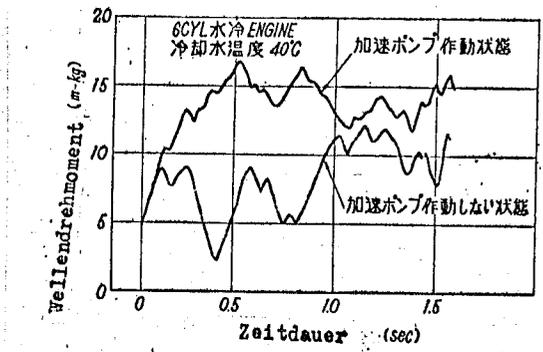
des Venturidurchmessers eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit bewirkt. Aufgrund der Tatsache, dass die Differenz zwischen (B) und (C) weniger deutlich ist als die Differenz zwischen (A) und (B) können wir sagen, dass eine stärkere Drosselung als bei (B) nicht notwendig ist. Da, wenn das Venturi gedrosselt wird der Ansaugwirkungsgrad absinkt, was eine Verringerung der Leistung hervorruft, so müssen diese beiden Gesichtspunkte berücksichtigt und darnach die günstigste Venturigrösse bestimmt werden.

2. Die Wirkung der Beschleunigungspumpe

Die Abb. 9 zeigt die Ergebnisse einer Überprüfung des Ansprechens der Vergaserbeschleunigungspumpe bei einem 6-Zyl.-Motor in noch nicht warmgelaufenem Zustand (Kühlwassertemperatur 40°C). Ebenso zeigen die Abb. 10 (A) und (B) die Wirkung der Beschleunigungspumpe bei einem 4-Zyl.-Motor.

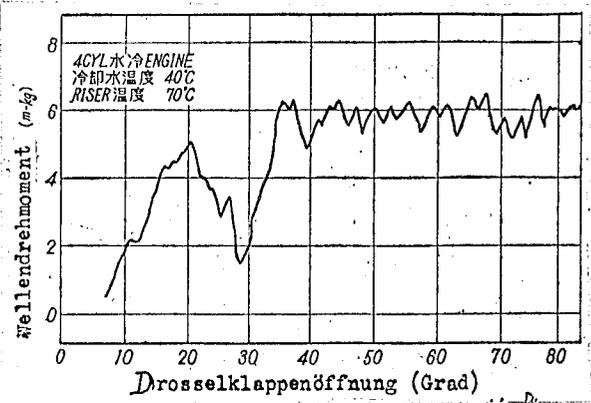
Das Abfallen der Drehmomentkurve der Abb. 10 (A) in der Nähe einer Drosselklappenöffnung von 30° weist auf ein starkes Auftreten des schweren Atmens des Motors hin. In diesem Falle haben wir bei der Drosselklappenöffnung von $20 - 30^{\circ}$ den Übergang von dem "slow"-System zum "main"-System; es ist hier also nicht gelungen, für die Übergangsfahrbedingungen eine sanfte (smooth) Verbindung aufrechtzuerhalten. Deshalb wird das Gemisch vorübergehend ausserordentlich mager, und man kann aus dem Vergleich der beiden Abb. (A) und (B) ersehen, wie durch den von der Beschleunigungsdüse her eingespritzten Kraftstoff ein Ausgleich geschaffen wird.

Somit haben wir also eine Bestätigung dafür, dass, wenn die Beschleunigungspumpe richtig arbeitet, der Zwischenraum



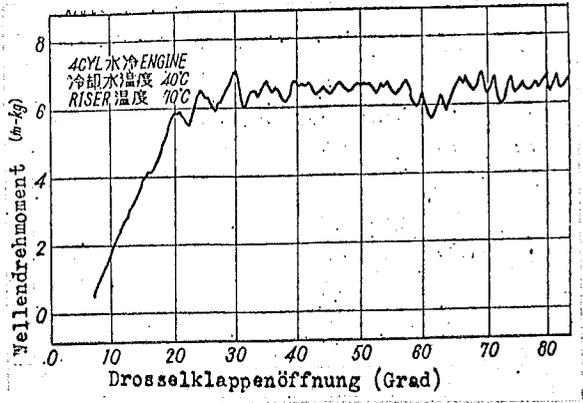
wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 obere Kurve: die Beschleunigungspumpe arbeitet
 untere Kurve: die Beschleunigungspumpe arbeitet nicht

Abb.9 Die Wirkung der Vergaserbeschleunigungspumpe (starke Beschleunigung)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.10(A) Die Wirkung der Vergaserbeschleunigungspumpe (aufgenommen bei nicht arbeitender Pumpe)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.10(B) Die Wirkung der Vergaserbeschleunigungspumpe (aufgenommen bei arbeitender Pumpe)

von der starken Beschleunigung bis zu der schwachen Beschleunigung von ungefähr 6 sec in welchem aufgrund der verschiedenen Bedingungen die Verbindung zwischen dem "slow"-System und dem "main"-System ungenügend ist, durch die Beschleunigungspumpe überbrückt wird.

Der Einfluss der Einspritzcharakteristik der Beschleunigungspumpe (Einspritzmenge und Einspritzdauer) auf die Fahreigenschaften ist verschieden je nach der Grösse des Motors und je nach den Daten des Einspritzsystems. Man kann jedoch im allgemeinen die Beziehung zwischen der Einspritzmenge und der Einspritzdauer so annehmen, wie sie in der Abb. 11 dargestellt ist. In der Abb. 11 zeigt die Kurve (A) den Fall in welchem die Einspritzdauer zu kurz ist; ehe der Kraftstoff von dem Hauptsystem her voll auszuströmen beginnt, tritt bereits die Atemnot ein. Die Kurve (C) der Abb. 11 zeigt den Fall, in welchem trotz langer Einspritzdauer die absolute Einspritzmenge nicht ausreicht, dies wirkt sich in einer ungenügenden Leistung aus.

Die erforderliche Fördermenge der Beschleunigungspumpe ist verschieden je nach der Lufttemperatur. Bei niedriger Temperatur muss die Förderleistung der Beschleunigungspumpe wegen der besonderen Art der fraktionierten Destillation des Kraftstoffs und aus anderen Gründen grösser sein. Bei den Vergasern wie sie üblicherweise verwendet werden, sind an dem Hebel für die Betätigung der Beschleunigungspumpe Bohrungen vorgesehen, durch welche der Vergaser auf Sommerbetrieb oder auf Winterbetrieb eingestellt werden kann. Die Kurven (A) und (B) der Abb. 12 zeigen die Ergebnisse einer Nachprüfung, die man im Winter durchgeführt hat, und bei der man untersucht hat, wie gross der Unterschied ist zwischen Wintereinstellung des Vergasers und Sommereinstellung.

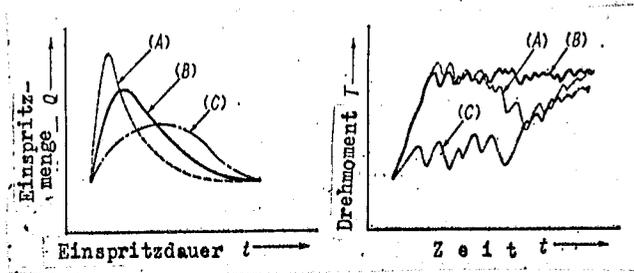
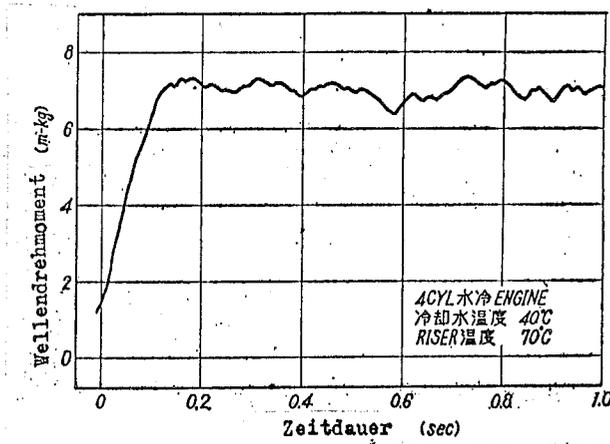
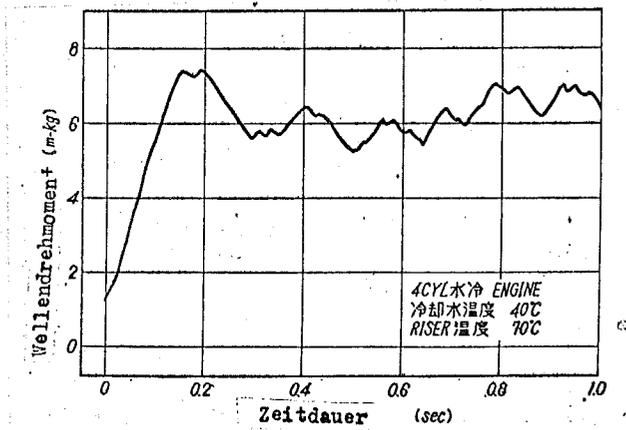


Abb.11 Die Einspritzcharakteristik der Vergaserbeschleunigungspumpe (hypothetische Darstellung)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.12(A) Die Anpassungsfähigkeit der Beschleunigungspumpe (Wintereinstellung der Pumpe)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.12(B) Die Anpassungsfähigkeit der Beschleunigungspumpe (Sommereinstellung der Pumpe)

man sieht aus diesen Kurven sehr deutlich, dass die Kraftstoffeinspritzung dann richtig ist, wenn der Vergaser auf Winterbetrieb eingestellt ist.

3. Die Verbindung zwischen dem "slow"-System und dem "main"-System

Die Kraftstoffleitung des "slow"-Systems eines Vergasers wird gewöhnlich nach dem Durchgang durch den "main jet" abgezweigt (siehe Abb. 7).

Dies hat seinen Grund darin, dass man auch bei häufigen Fahrten verhindern will, dass der Kraftstoff vom "slow"-System ausströmt, und dass man dadurch einen zu hohen Kraftstoffverbrauch bekommt. Wenn man zunächst ausgehend von einer Fahrt mit geringer Belastung die Drosselklappe öffnet und die Drehzahl steigert, dann steigt der Unterdruck an der Hauptdüse allmählich an, und er wird schliesslich gleich dem Unterdruck am Spritzloch des "slow"-Systems, und das Ausströmen des Kraftstoffs aus der Hauptdüse beginnt. Da die Hauptdüse und die Spritzöffnung des "slow"-Systems wie bereits oben erwähnt den gleichen Durchgangsweg haben, so wird in diesem Falle der Kraftstoff in entgegengesetzten Richtungen gezogen (?).

Wenn man die Drosselklappe öffnet und die Drehzahl steigert, dann steigt der Unterdruck an der Hauptdüse an, und der sich in der Leitung des "slow"-Systems befindende Kraftstoff wird deshalb zu der Hauptdüse hin hinausgesaugt, worauf dann der "slow jet" als Nebenlufteinlass (air bleed) arbeitet.

Die Abb. 13 zeigt den Vergleich zwischen der richtigen Einstellung des "slow"-Systems und des "main"-Systems eines Vergasers einerseits und der fehlerhaften Einstellung

andererseits. Durch entsprechende Einstellung des Querschnitts der einen Teil des "slow"-Systems darstellenden Leerlauföffnung mit Hilfe einer "Slow Adjust Screw" (S.A.S.) kann man, wie bereits oben erwähnt, die Periode ändern, in welcher das "slow"-System und das "main"-System den Kraftstoff in entgegengesetzten Richtungen zieht. In der Abb.13 ist auf der Abszissenachse die Zahl abgetragen, wieviel mal man die "Slow Adjust Screw" zurückgedreht hat, während auf der Ordinatenachse die Grösse des schweren Atmens abgetragen ist.

In dem Vergaser (A) hat man sich so festgelegt, dass man bei der Leerlauf-Besteinstellung der S.A.S. die beste Verbindung (Zusammenarbeit ?) zwischen dem "slow"-System und dem "main"-System bekommt. Das von der Verbindung (dem Zusammenarbeiten ?) zwischen dem "slow"-System und dem "main"-System herrührende schwere Atmen ist daher auch dann wenn die Einstellung der S.A.S. aus der Beststellung mehr oder weniger verdreht worden ist, immer noch vernachlässigbar klein.

Im Gegensatz hierzu liegt bei dem Vergaser (B) die Leerlauf-Besteinstellung der S.A.S. ganz ausserhalb des Bereiches der guten Verbindung (Zusammenarbeit ?) zwischen dem "slow"-System und dem "main"-System, wenn man den Leerlauf auf diese Stellung eingestellt hat, dann ist das schwere Atmen so stark, dass es für den menschlichen Körper in ausreichendem Maße spürbar wird LH2 und LH3.

3.4 Die Wirkung der Vorwärmung der Ansaugluft

1. Die Temperatur des Ansaugluftzuführungsrohres und die Fahreigenschaften

Ganz allgemein ist es als zweckmässig erkannt worden bei

einem Benzinmotor, um ein gutes Warmlaufen des Motors, gute Fahreigenschaften und die richtige Verteilung des Gemisches zu bekommen zweckmässig ist, durch Vorwärmen der Ansaugleitung das Gasgemisch warm zu machen. Das Gasgemisch in der Ansaugleitung besteht z.T. aus vergastem Benzin, der grössere verbleibende Teil besteht entweder aus winzig kleinen Benzinteilchen im schwebenden Zustand oder aber in einem an den Wänden der Rohrleitung entlang strömenden Zustand. In der Ansaugleitung ändert sich die Vergasung des Benzins entsprechend dem Ansaugunterdruck. Da somit bei Fahrt mit geringer Last der Ansaugunterdruck im Ansaugrohr hoch ist, so wird die Vergasung bis zu einem gewissen Grade beschleunigt. Da im Gegensatz hierzu bei niedriger Drehzahl mit hoher Belastung der Ansaugunterdruck ausserordentlich niedrig wird, so wird hierbei die Vergasung überhaupt nicht beschleunigt.

Wenn man von Fahrt bei niedriger Geschwindigkeit ausgehend die Drosselklappe öffnet und beschleunigt, dann beginnt der Kraftstoff aus der Hauptdüse in flüssiger Form auszuströmen; ausserdem tropft der Kraftstoff herunter, auch der aus der Beschleunigungsdüse eingespritzte Kraftstoff hat die Gestalt einer fein verteilten Flüssigkeit.

Um nun diesen flüssigen Kraftstoff durch die Wände des Ansaugrohres hindurch zu erwärmen und damit seine Vergasung zu beschleunigen, hat man bereits in vielen Fällen alle möglichen, je nach der Art und Konstruktion des Motors verschiedene Verfahren angewandt, bei denen man für diese Erwärmung die Auspuffgase oder heisses Wasser benützt. Es sind bis heute jedoch noch keinerlei quantitative analytische Untersuchungen über die Stelle an der das Ansaugrohr zu erwärmen ist und über das Ausmaß dieser Erwärmungen durchgeführt

worden, auch über die Vorteile und Nachteile der Vorwärmung der Ansaugluft sind bis heute in der Literatur nur ganz spärlich praktische Angaben veröffentlicht worden.

Bei den gebräuchlichen Motoren, welche mit einem Vergaser der Bauart mit nach unten gerichteter Durchströmung (Fallstromvergaser ?) ausgerüstet sind, gelangt der flüssige Kraftstoff vom Vergaser zunächst in das Steigrohr (riser) zur Ansaugleitung. Ausserdem wird der Boden dieses Steigrohres (riser) zu einer wichtigen Stelle, an welcher der flüssige Kraftstoff seine Richtung zu den einzelnen Zylindern hin empfängt. Somit hat also die Temperatur gerade dieses Teiles einen ausserordentlich grossen Einfluss auf die Fahreigenschaften, und es ist uns in der vorliegenden Arbeit gelungen durch Versuche diesen Einfluss klarzustellen und zu bestätigen.

In den Abb. 14 (A), (B) und (C) wird für einen 6-Zyl.-Motor in noch nicht vollständig warmgelaufenem Zustand die Änderung des Drehmomentes der Motorwelle bei schneller Beschleunigung aus einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h heraus dargestellt.

In der gleichen Weise sind in den Abb. 15 (A) - (F) für einen 4-Zyl.-Motor die sich ändernden Werte des Drehmomentes der Motorwelle bei mittlerer Beschleunigung aus einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h heraus dargestellt. Bei allen Versuchen war die Kühlwassertemperatur auf 40°C festgelegt worden. Als Faktor war hier jeweils nur die Temperatur des Steigrohres (riser) gegeben, die man zwischen 30°C und 80°C beliebig einstellte.

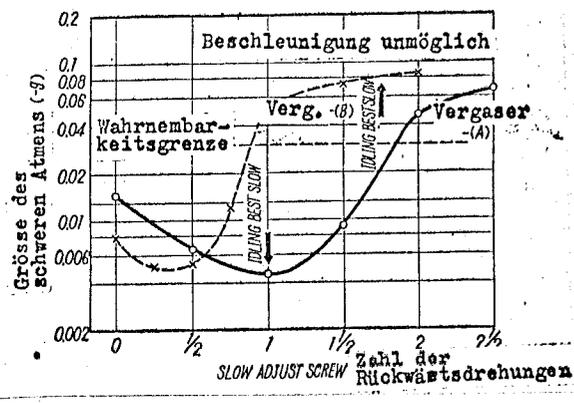
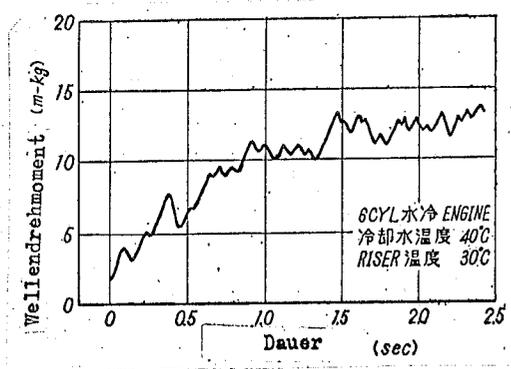
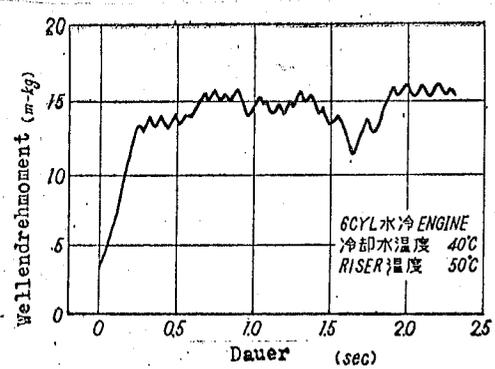


Abb.13 Die Einstellung der slow adjust screw des Vergasers und die Grösse des schweren Atmens



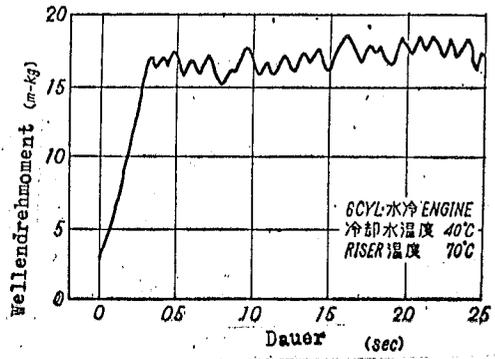
wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 30°C

Abb.14(A) die schnelle Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 30°C)



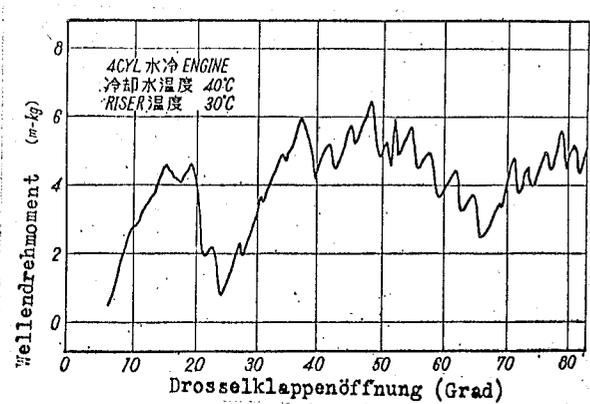
wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 50°C

Abb.14(B) Die schnelle Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 50°C)



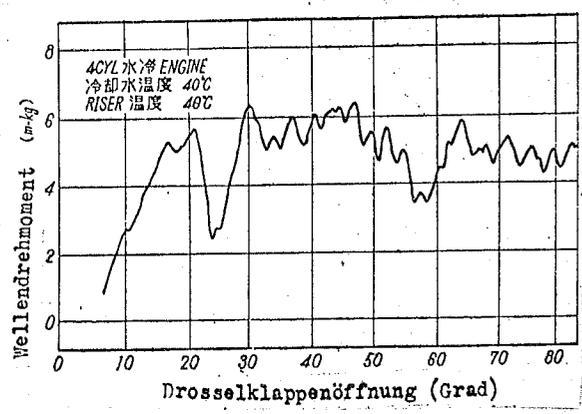
wassergekühlter 6-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.14(C) Die schnelle Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 70°C)



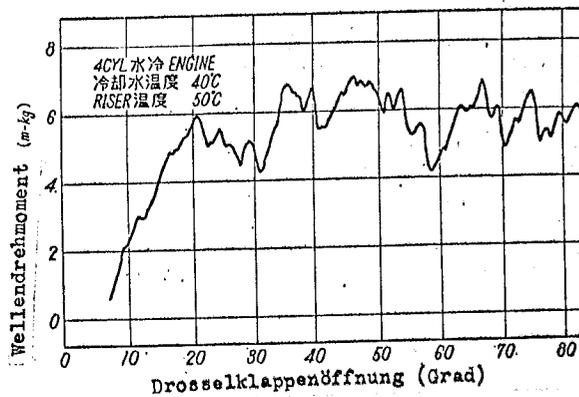
wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 30°C

Abb.15(A) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 30°C)



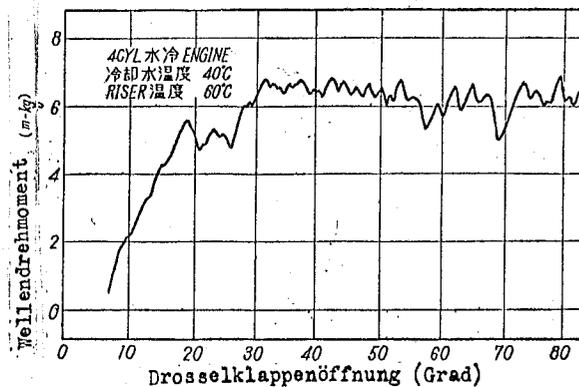
wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 40°C

Abb.15(B) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 40°C)



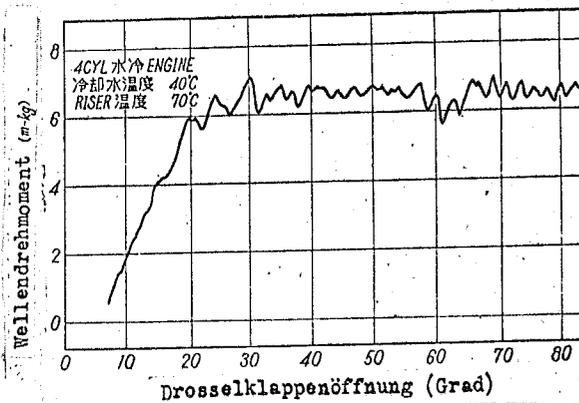
wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 50°C

Abb.15 (C) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 50°C)



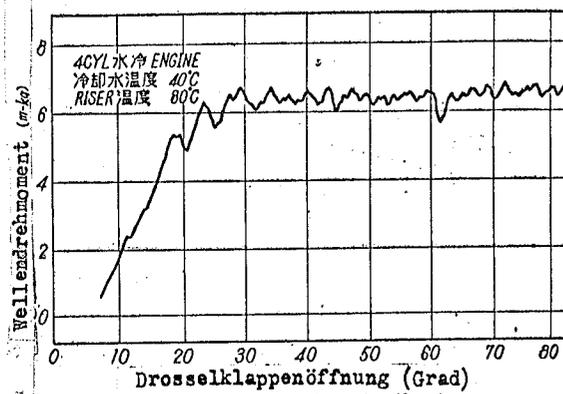
wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 60°C

Abb.15 (D) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 60°C)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 70°C

Abb.15 (E) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 70°C)



wassergekühlter 4-Zyl.-Motor
 Kühlwassertemperatur 40°C
 Steigrohrtemperatur 80°C

Abb.15(F) Die mittlere Beschleunigung aus der Fahrgeschwindigkeit 20 km/h (Steigrohrtemperatur 80°C)

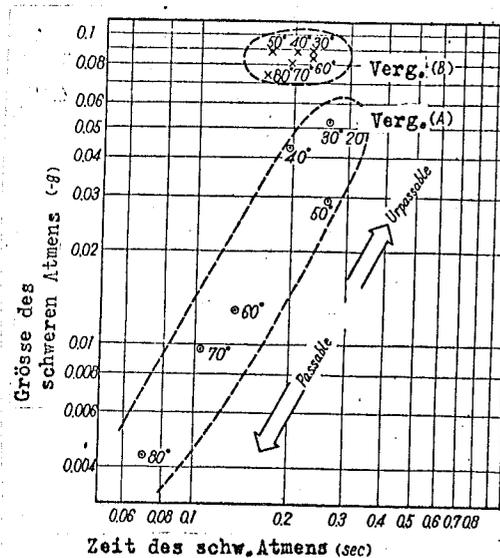


Abb. 16 Die Temperatur des Steigrohres der Ansaugleitung und die Größe des schweren Atmens (mittlere Beschleunigung)

Bei einer niedrigen Temperatur des Steigrohres (riser) war es zwar, selbst bei geöffneter Drosselklappe, nicht möglich eine Erhöhung der Drehzahl zu erreichen, bei welcher der Motor ruhig lief, je höher jedoch die Temperatur des Steigrohres angehoben wurde, umso geringer wurden nach und nach die unregelmässigen Änderungen des Drehmomentes, bis sie schliesslich ganz verschwanden. Bei einer Temperatur von $60-70^{\circ}\text{C}$ hatte man den Zustand erreicht, bei dem ein schweres Atmen des Motors und eine Verschlechterung der Beschleunigung überhaupt nicht mehr wahrzunehmen waren. Aus der Abb. 16 kann man ersehen wie sich die Grösse des schweren Atmens des Motors und die Spritzdauer in Abhängigkeit von der Temperatur des Steigrohres (riser) änderten. Die in der Abbildung angeführten Vergaser (A) und (B) sind die gleichen wie sie bereits in der Abb. 13 aufgeführt worden sind. Aus der Abbildung ersehen wir, dass bei einer äusserst ungünstigen Einstellung des Vergasers (B) auch eine Saugrohrvorwärmung wirkungslos bleibt.

Bei dem in der Abb. 16 dargestellten Diagramm hat man die Temperatur des Steigrohres (riser) auf 30°C und auf 70°C eingestellt und bei jeder dieser Temperaturen jeweils dreimal die Operation der mittleren Beschleunigung durchgeführt, dabei hat man jedesmal eine Aufzeichnung gemacht. Die Ergebnisse dieser Aufzeichnung zeigen deutlich, dass die Erscheinung reproduzierbar ist; ausserdem hat man für 3 verschiedene Arten von Motoren, nämlich einen grossen, einen mittleren und einen kleinen die Wirkung der Temperatur des Steigrohres (riser) geprüft; durch das Ergebnis dieser Prüfung wurde bestätigt, dass bei sämtlichen Motoren bei einer Steigrohrtemperatur von $60-70^{\circ}\text{C}$ die besten Fahreigenschaften

erzielt wurden.

Diese Ergebnisse haben deutlich gezeigt, dass der in flüssigem Zustand einströmende Kraftstoff erwärmt wird und dass dadurch seine Vergasung beschleunigt wird, und dass gleichzeitig mit der Erwärmung des Gasgemisches eine gleichmässige Verteilung des zu den einzelnen Zylindern hin-strömenden Gasgemisches erfolgt; weiterhin haben diese Ergebnisse eine Bestätigung dafür erbracht, dass, wie im folgenden dargelegt wird, zwischen der Temperatur des Steigrohres (riser) und den Destillationseigenschaften des Kraftstoffes ein ganz bestimmter konstanter Zusammenhang besteht.

2. Die Steigrohrtemperatur und die Destillationseigenschaften des Kraftstoffes

Die Abb. 17 zeigt die Ergebnisse von Versuchen die man in der gleichen Weise wie oben beschrieben ausser mit dem üblichen Benzin, das man auf dem Markt bekommt, unter Verwendung von 2 Arten eines Benzines niedriger Qualität durchgeführt hat. Die Abb. 18 zeigt die Destillationseigenschaften der oben erwähnten 3 Arten von Benzin, die man bei den Versuchen verwendet hat, zum Vergleich hat man auch die Eigenschaften des handelsüblichen Benzins mit aufgezeichnet.

Was an diesen beiden Abbildungen ganz besonders deutlich zum Ausdruck kommt, ist bei der Abb. 18 die Grösse der Beschleunigung des Wagens bei Vorwärtsfahrt und Rückwärtsfahrt und die Tatsache, dass der Schnittpunkt der die Wahrnehmungsgrenze darstellenden Grenzlinie mit den charakteristischen Kurven der 3 Benzinarten beim gewöhnlichen Benzin bei 55°C liegt, während er beim Benzin A und beim Benzin B bei 100°C bzw. 115°C liegt. Diese Werte liegen in der Nähe der Temperatur des Punktes der 30%igen Abdestillation innerhalb der

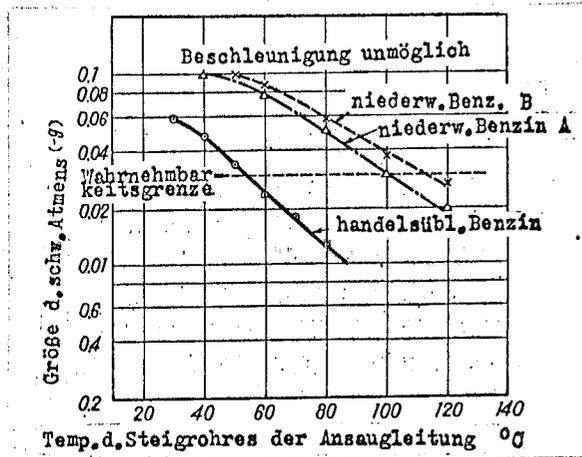


Abb. 17 Die Temperatur des Steigrohres der Ansaugleitung und die Grösse des schweren Atmens
Ein Vergleich aufgrund der Benzineigenschaften

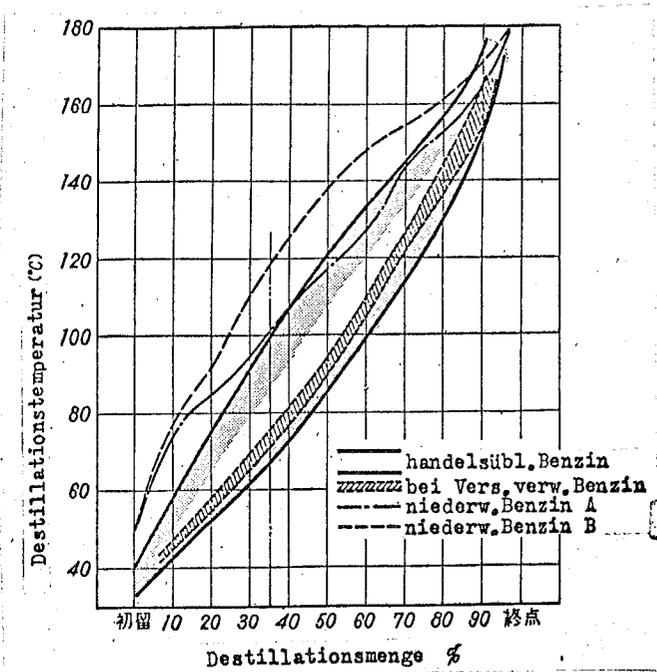


Abb. 18 Die Destillationseigenschaften des für die Versuche verwendeten Benzins.

Destillationseigenschaft. Wenn man bis jetzt innerhalb der Destillationseigenschaften des Benzins bei noch nicht ausreichend warmgelaufenem Motor beschleunigt hat, dann war die Temperatur, welche am stärksten mit den Fahreigenschaften zusammenhing die Temperatur des Destillationspunktes von 35%; je niedriger diese Temperatur ist, umso wünschenswerter sind die bei ihr erreichten Fahreigenschaften LH4; auch aus den Ergebnissen der hier beschriebenen Versuche kann man die gleichen Schlussfolgerungen ziehen.

Um das Benzin, wie man es gewöhnlich auf dem Markte erhält, hinsichtlich seiner Anfahreigenschaften, oder umgekehrt hinsichtlich seiner Wärmebeständigkeit usw. zu untersuchen und seine Eigenschaften zu bestimmen, muss man bei der Konstruktion eines neuen Motors die Eigenschaften des verwendeten Kraftstoffes genau berücksichtigen und die einzelnen Daten des Motors diesen Eigenschaften angepasst bestimmen. Wie man aus der Abb. 18 ersieht, liegt die Temperatur des Punktes der 35%igen Abdestillierung des handelsüblichen Benzins im Bereich von 65-100°C, wenn man es nun so einrichtet, daß die Temperatur des Steigrohres (riser) der Ansaugleitung bei Fahrt mit niedriger Geschwindigkeit in diesem Temperaturbereich liegt, dann darf man sagen, dass man einen Motor hat, bei dem man im Winter die Fahreigenschaften in ausreichendem Maße aufrechterhalten kann.

3. Die problematischen Punkte der Anwärmung der angesaugten Gase

Als Mittel zum Anwärmen der angesaugten Gase kommt ein Verfahren zum Erwärmen des Steigrohrteiles (riser) der Ansaugleitung infrage; es sollen hier 3 häufig angewandte Methoden, welche diesem Zweck dienen, aufgeführt werden:

1. Es wird für eine Verbindung der Auspuffleitung zum Steigrohrteil (riser) der Ansaugleitung hin gesorgt. Die Erwärmung geschieht hier durch die Auspuffgase.

2. Die erwähnte Konstruktion wird mit einem Wärmeregulventil ausgerüstet, das durch Bimetall betätigt wird; nur in der kalten Jahreszeit werden die Auspuffgase zu einer sehr intensiven Erwärmung zusammengefasst, und nachdem der Motor vollständig warmgelaufen ist, wird das Ventil geöffnet und die Anwärmung hört auf.

3. Auf der warmen Seite des Kühlsystems wird Kühlwasser entnommen, um das Steigrohr (riser) der Ansaugleitung wird ein Wassermantel gelegt, durch den das Kühlwasser geleitet wird nachdem das Wasser seine Anwärmaufgabe erfüllt hat strömt es zur Ansaugöffnung der Wasserpumpe zurück.

Bei der Festlegung und dem konstruktiven Entwurf einer Ansauggasanwärmanlage müssen die nachstehenden Punkte berücksichtigt werden:

1. Die Warmlaufcharakteristik des Motors
2. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um ein Vereisen (icing) zu verhindern.
3. "Vaperlock" und "percolation" müssen verhindert werden.
4. Die Leistungskennlinie des Motors und die Wirtschaftlichkeit des Kraftstoffverbrauches sind wichtige Punkte.
5. Der Zusammenhang mit dem "auto choke"-Mechanismus
6. Die Dauerhaftigkeit
7. Die Betriebszuverlässigkeit
8. Die Kosten

4. Schlusswort

In der vorliegenden Arbeit sind die Fragen des schweren Atmens des Motors und des schlechten Beschleunigens während der kalten Jahreszeit einer analytischen Untersuchung

unterworfen worden; die Versuche haben sich vor allem auf die mit der Anwärmung der Ansauggase zusammenhängenden Fragen konzentriert, und es ist gelungen, aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Versuche die Bedingungen herauszufinden, welche an die Ausrüstung des Motors gestellt werden müssen.

Man ist zu der Schlussfolgerung gekommen, dass zum Unterschied von den Motoren mit Vergasern der SV-Bauart mit veränderlichem Venturi bei den Motoren, deren Vergaser ein festes Venturi der nach unten gerichteten Durchströmungsbauart (Fallstrom?) besitzen die Temperatur der Wände des Steigrohres (riser) der Ansaugleitung bei Fahrt mit niedriger Geschwindigkeit auf einer Temperatur von 60-70°C gehalten werden müssen.

Die Erscheinung des schweren Atmens des Motors, welche bisher durch das Gefühl des Menschen festgestellt und beurteilt wurde, kann kompensiert werden; da es gelungen ist, eine ausserordentlich gute Gegenüberstellung des menschlichen Gefühles gegenüber dieser Erscheinung mit der aufgrund der Aufzeichnungsergebnisse erhaltenen Interpretation zu bekommen, so glauben wir in vorliegendem Bericht einen klärenden Beitrag zu diesem Thema geleistet zu haben.

Allen Herren, die uns bei der vorliegenden Forschungsarbeit unterstützt haben, wollen wir hiermit unseren herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturhinweise

1. Das mit Elektronenröhren arbeitende automatische Gleichgewichtsmeßinstrument. Von Terao u. Nakagawa.
2. Human Engineering (Body orientation and acceleration forces)
3. "Handbuch der Kraftfahrzeugtechnik" von Asakura
4. "Handbuch der Petroleumergebnisse für Kraftfahrzeuge" von Meshimu