

Genehmigung
staltet
re nur durch
setzer

stav Kraut
mbronn
n Gäbl. 16

Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift

"Nainen Kikan" (Die Brennkraftmaschine)

Band 14, Nr.163, März 1975, Seite 57 - 68

Der Suzuki-Kreiskolbenmotor RE-5 für Motorräder

von Sh.Kamiya, S.Shirasagi
und K.Kushiya

Firma Suzuki Automobilindustrie
AG.

1. Vorwort

Seit die Firma Suzuki Jidosha Kogyo Kabushiki Kaisha (Suzuki Automobilindustrie AG.) mit der Firma NSU/Wankel im Jahre 1970 die technische Zusammenarbeit auf dem Gebiete des Kreiskolbenmotors aufgenommen hat, sind etwa 4 Jahre vergangen und in dieser Zeit haben wir, angefangen von den grundlegenden technischen Gegebenheiten des Kreiskolbenmotors bis zu den besonderen Problemen, welche sich aus seiner Verwendung als Motor für Zweiradfahrzeuge ergeben, eine lange Reihe von Versuchen durchgeführt. Dabei haben wir besonderen Wert auf die Lebensdauer und auf die Betriebszuverlässigkeit gelegt; wir haben auf dem Dynamometer Lebensdauerversuche über 800 000 km und bei der praktischen Fahrt Versuche über 500 000 km durchgeführt, und es hat sich dabei gezeigt, daß die Betriebszuverlässigkeit über diese Fahrtstrecken in hervorragendem Maße gewährleistet war. Da wir weiterhin auch aufgrund der Ergebnisse zahlreicher im Ausland durchgeführter Prüfungen das Selbstvertrauen und die Überzeugung gewonnen haben, daß der Kreiskolbenmotor in ausreichendem Maße an das Zweiradfahrzeug angepaßt war, haben wir uns mit Beginn des Jahres 1975 entschlossen, zum erstenmal auf der ganzen Welt in Großserienfertigung hergestellte, durch Kreiskolbenmotor angetriebene Zweiradfahrzeuge zum Verkauf zu bringen.

In dem vorliegenden Bericht soll alles Wesentliche über die

Konstruktion des RE-5 - Wankelmotors berichtet werden, den wir als "Suzuki-Kreiskolbenmotor RE-5" für das Motorrad entwickelt haben, das nun seit Januar 1975 verkauft wird.

2. Die Zielsetzung bei der Planung und die besonderen charakteristischen Eigenschaften

Bei der Planung hat man sich zum Ziel gesetzt,

- 1) ein Touring-Modell zu schaffen, dessen Leistungsfähigkeit mit der Leistung eines 750 cc Hubkolbenmotors vergleichbar sein sollte,
- 2) einen Motor herzustellen, bei welchem gleichermaßen die Betriebszuverlässigkeit, die Eignung für die Mengenfertigung, die Wirtschaftlichkeit im Betrieb, die Aufnahme in den Kundendienst und die Sicherheit in ausreichendem Maße berücksichtigt sein sollten.

Das Ergebnis bei der Verfolgung dieses Zieles war ein wasser- und ölgekühlter Einläufermotor mit einem Einkammervolumen von 497 cc.

Die besonderen charakteristischen Eigenschaften des fertiggestellten Motors sollen im folgenden dargelegt werden.

- 1) In dem Motor wurden die Laufruhe und das hervorragende Fahrtgefühl, welche den besonderen Vorzug des Kreiskolbenmotors darstellen, verwirklicht;
- 2) der Motor hat von den hohen Drehzahlen bis zu den niedrigen Drehzahlen eine flache Drehmomentkurve;
- 3) bei dem Motor wurden die von der Fertigung hergestellten Bedingungen und die Eignung für den Kundendienst besonders berücksichtigt, der die Antriebskraft erzeugende Teil stellt eine Einheit dar, welche aus dem Motorgehäuse leicht herausgenommen und wieder eingebaut werden kann;
- 4) zu dem Zweck, die Wärmeabstrahleigenschaften des Seitengehäuses zu erhöhen und sein Gewicht zu verringern, hat man

- eine Aluminiumlegierung mit lokaler Molybdäneinspritzung angewandt;
- 5) für die Herstellung eines Überzuges auf der Innenfläche des Läufergehäuses haben wir zum Zwecke der Erhöhung der Abriebverschleißbeständigkeit die CEM-Plattierung angewandt (die Bezeichnung CEM stellt eine Abkürzung der Worte "Composite Electro Chemical Material" dar und bezieht sich auf eine Art komplexer Plattierung);
- 6) für die Scheiteldichtungen hat man das sogenannte "Three piece selfadjusting system" angewandt, das sich durch eine hervorragende Gasdichtungsfähigkeit auszeichnet. Das Material dieser Dichtungen ist eine Sinterlegierung (Handelsname: Ferrotic, ein Fabrikat der Firma Chugai Denko), deren Hauptbestandteil Titankarbid ist und welche die Eigenschaften besitzt, daß das Entstehen von Rattermarken (chatter marks) verhütet wird, die eine hohe Abriebverschleißbeständigkeit und Festigkeit besitzt und außerordentlich gut mit dem CEM-Überzug zusammenarbeitet;
- 7) als Dichtung gegenüber dem der Kühlung des Läufers dienenden, zirkulierenden Öl sind Dichtungen in der Form von Kolbenringen angeordnet, durch welche erreicht wird, daß nur ganz wenig Öl hochsteigen kann und durch die auch der Ölverbrauch in hervorragender Weise niedrig gehalten werden kann.
- 8) Von einem am Fahrzeug vorgesehenen Spezialtank wird über eine Zumeßpumpe fortwährend frisches Öl in die Verbrennungskammer zugeführt, die Lebensdauer der Dichtungen wurde verbessert und die Verrußung der Zündkerzen durch Ablagerung wurde verhütet und so wurde eine höhere Betriebszuverlässigkeit gewährleistet.
- 9) Um die Nachteile der peripheren Anordnung der Ansaugschlitze auszuschalten, hat man als Ansaugöffnung das System einer Viel-

zahl von Schlitzen angewandt, so daß man bei den hohen Drehzahlen und bei den niedrigen Drehzahlen jeweils eine verschiedene Schlitzsteuerung bekam; dies hat sich als eine sowohl hinsichtlich der Leistung, wie auch hinsichtlich des Kraftstoffverbrauches befriedigende Lösung erwiesen.

10) Die Anwendung eines CD-Zünders (CD-Ignitor) im Zündsystem hat hervorragende Anlaufeigenschaften ergeben und eine Sauberhaltung der Zündkerzen ermöglicht.

11) Durch die Anwendung eines mit einem ganz neuen Mechanismus arbeitenden Zündungsausdünnungssystemes ist es gelungen, die Fahreigenschaften bei den niedrigen Drehzahlen zu verbessern.

12) Bei der Starterklappe des Vergasers hat man einen automatischen Gasverdünnungsmechanismus angewandt, durch den es möglich wurde, bei fehlerhaftem Ziehen der Starterklappe ein Verschmutzen der Zündkerzen zu verhüten und das bei Zweiradfahrzeugen oft angewandte Anlaufstarten (?) zu ermöglichen.

13) Am Auspuffschlitz hat man einen Auspuffstutzen aus einer wärmebeständigen Aluminiumlegierung mit guten Wärmeabstrahleigenschaften befestigt, und um die auf den Auspufftopf kommende Wärmebelastung zu verringern und gleichzeitig die Sicherheit und die Lebensdauer zu erhöhen, hat man 2 Auspufftöpfe angewandt. Anschließend an den Auspufftopf hat man ein Ejektorsystem angewandt, bei welchem man zwischen einem inneren Zylinder und einem äußeren Zylinder Kühlluft strömen läßt und dadurch eine Absenkung der Temperatur des Auspufftopfkörpers und der Abgase selbst erzielt und so zu einer noch gründlicheren Sicherheitseinplanung kommt.

3. Die Leistung des Motors und seine wichtigsten Daten

Die äußere Ansicht des in das Suzuki-RE-5-Zweiradfahrzeug eingebauten Motors sehen wir in der Abb.1 und die wichtigsten

Tafel 1

Die wichtigsten Daten des Motors

Motorbauart	NSU/Wankel-Kreiskolbenmotor	
Anzahl der Läufer	1	
Anordnung des Motors	transversal	
Kühlsystem	Gehäuse: Wasserkühlung Läufer: Ölkühlung	
Trochoide	Exzentrizität e mm	14
	Erzeugungsradius R mm	100
	Parallelverschiebung a mm	2
	Breite b mm	67
	kleinster Läufer spalt mm	0.35
Einkammervolumen cc	497	
Kompressionsverhältnis	9.4	
Verbrennungskammerform	Badewanne	
maximale Leistung PS/U/Min.	62/6500	
maximales Drehmoment kg-m/U/Min.	7.8/3500	
kleinster Kraftstoffverbrauch bei Vollast g/PS-h/U/Min.	250/5500	
Motormaße (LängexBreite x Höhe)mm	559 x 596 x 461	
Gewicht d. Motors samt Ausrüstung kg	86	
Ansaugsystem Auspuffsystem	zweistufig, periphere Schlitze peripherer Schlitz	
port timing	Ansaug öffnet	Primärseite Sekundärseite 52.2° vor OT 111.0° vor OT
	Ansaug schließt	53.0° nach UT 44.6° nach UT
	Auspuff öffnet	77.6° vor UT
	Auspuff schließt	47.6° nach OT
Ansaugschlitzöffnungsfläche	prim. 1.6 cm ² , sek. 10.2 cm ²	
Auspuffschlitzöffnungsfläche	7.5 cm ²	
Ansaugschlitzventil beginnt zu öffnen	bei Drosselklappe 35°/82°	
Drehzahl ohne Last U/Min.	1200	
Zündsystem	Fabrikat Nippon Denso CDI	
Zündzeitpunkt	5°/1200 vor OT/ U/Min.	
Unterbrechersystem	Fabrikat Nippon Denso, Kontakt-system	

Daten des Motors selbst

Tafel 1 (2)

Zündsystem	Winkelvorverstelleinrichtung Grad/U/Min.		Fliehkraftsystem 0/900 :13/2640		
	Zündkerzen		Fabrikat NGK, A 9 EFV Gewinde M 18 x 1.5: Konussitz Funkenstrecke 0.50 - 0.55 mm		
Kraftstoffsystem	Vergasersystem		Fabrikat Mikuni Kogyo, zweistufiger Zweitrommel-Solex-Vergaser 18-32HHD		
	Gasventildurchmesser mm		primär 18 sekundär 32		
	Venturidurchmesser mm		primär 15 sekundär 27		
	Chokesystem		Drosselklappe, von Hand bedient (butterfly)		
Schmiersystem	Lager- schmierg.	Schmiersystem		zwangsläuf. Schmieröldruckfördersyst.	
		Schmierölpumpe		Trochoidenzahnradpumpe	
		Schmierölfilter		Filterpapierpatrone, Vollstromfilter	
		Ölkühler		außerhalb angeordnetes Luftkühl- system (Fabr. Nippon Denso)	
	Arbeits- kammer- schmierg.	Schmiersystem		Schmieröl abgetrennt, Mischung im Vergaser	
		Schmierölpumpe		mechanische Kolbenpumpe (F. Mikuni)	
		Schmierölbehälter		besonderer Spezialschmieröltank, Volumen 1.7 l	
		Schmieröl		Mitsubishi Sekiyu L-305 (SAE 10W-40)	
		Kühlsystem		Wasserkühlung mit zwangsläufiger Zirkulation d. Kühlwassers unter Druck	
		Wasserpumpe		über ein Getriebe angetriebene Fliehkraftpumpe	
Kühlsystem	Wärmeabstrahler		Wellblechlamellensystem (F. Nippon)		
	Kühlwasservolumen		4 l		
elektr. Ausrüstung	Batterie		Yuasa 12 V - 30 Ah		
	Lichtmaschine		Wechselstrom 14 V - 20 A (Nippon D.)		
	Anlasser		12 V - 1 kW (Nippon Denso)		
	Kühlhilfliftermotor		Ferritmotor 12 V-40 W (Nippon Denso)		
Rückführung der Durchblasgase			geschl. System (closed system)		
Anlaßsystem			Selbstanlasser u. Kickstarter		
Antriebskraftübertragung	Primärreduziermechanismus		Kette Nr. 326-2reihig (Takasuna)		
	Primäruntersetzungsverhältnis		38/23 , 1.652		
	Sekundärreduziermechanismus		Kette Nr. 630		
	Sekundäruntersetzungsverhältn.		43/14, 3.071		
	Kupplung		Naßlamellenkupplung		
	Getriebe	Getriebebauart		dauernd im Eingriff	
		Gangschaltstufen		5 Vorwärtsgänge (zwischen 1. u. 2. Gang Leerlauf)	
		Getriebeschaltbetätigung		mit linkem Fuß betätigt "return"- System	
		Gangüber- setzungen	1. Gang		37/13 , 2.846
			2. Gang		33/19 , 1.737
3. Gang			30/32 , 1.364		
4. Gang			27/24 , 1.125		
5. Gang			24/26 , 0.923		

Daten dieses Motors sind in der Tafel 1 zusammengestellt.

Die grundlegenden Daten des Motors sind: Erzeugender Radius $R = 100$ mm, Exzentrizität $e = 14$ mm, Parallelverschiebung $a = 2$ mm, Breite $b = 67$ mm, Einkammervolumen 497 cc, Einläufer-Kreiskolbenmotor. Sowohl das Ansaugsystem wie auch das Auspuffsystem arbeiten mit peripher angeordneten Schlitzen; um beim Ansaugschlitz die Leistungsfähigkeit bei niedrigem Öffnungsgrad der Drosselklappe zu verbessern, hat man ein Spezialmehrlochsystem angewandt, während die Kühlung des Gehäuses mit Wasser erfolgt, wird der Läufer mit Öl gekühlt, und man hat so bewußt einen Hochleistungsmotor geschaffen.

Die leistungabgebende Welle des Kreiskolbenmotors hat man gegenüber dem Fahrzeug so angeordnet, daß eine Verschlechterung der Längsstabilität durch die der Drehung entgegenwirkenden Kräfte vermieden wird, man hat deshalb die transversale Bauart (transverse type) der Antriebswelle gewählt; die Antriebskraft hat man von einer primären Übertragungskette über eine Naßlamellenkupplung auf ein Fünfganggetriebe übertragen.

Die Motorleistung beträgt, wie wir dies aus der Abb. 2 ersehen können, bei voll geöffneter Drosselklappe ungefähr 120 PS/Liter, und die Drehmomentkurve zeigt über den gesamten Drehzahlbereich eine flache Charakteristik. Man hat sich damit auf eine Leistung festgelegt, die bei einer Touringmaschine voll und ganz befriedigend ist.

Die Abb. 3 zeigt die Fahrtleistungskurve des Suzuki-RE-5-Fahrzeuges, in das dieser Motor eingebaut ist. Durch die Kombination eines Fünfganggetriebes mit den über einen weiten Bereich hin anwendbaren Motordrehzahlen ist es gelungen, bei sehr leichter Bedienung der Maschine eine hervorragende Fahrtleistung zu erzielen.

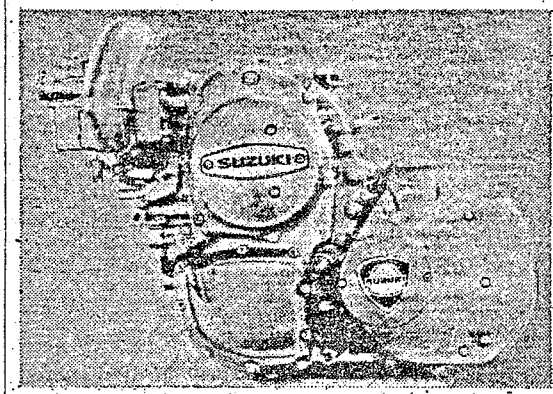


Abb.1 Äußere Ansicht des Motors

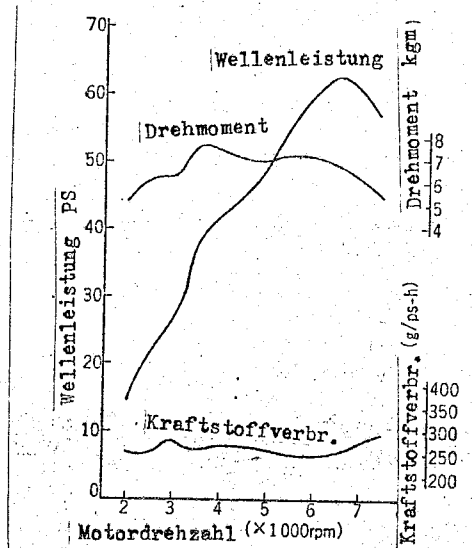


Abb.2 Die Motorkennlinien

max. Leistung 62 PS/6500 U/Min.
 max. Drehmoment 7,6 kgm/3500 U/Min.
 Fahrzeugesamtgewicht 367 kg
 Rollwiderstandskoeffizient 0.01
 Luftwiderstandskoeffizient 0.0043
 projizierte Frontfläche 0.600 m²
 Reifengröße 4.00-18-4 PR
 eff. Reifenradius 0.328 m

	Untersetzungsverhältnisse	Antriebskraftübertragungsprozentsatz
1. Gang	2.846	0.90
2. Gang	1.736	0.90
3. Gang	1.363	0.90
4. Gang	1.125	0.90
5. Gang	0.923	0.90
	Primäruntersetzg.	1.652
	Sekundäruntersetzg.	3.066

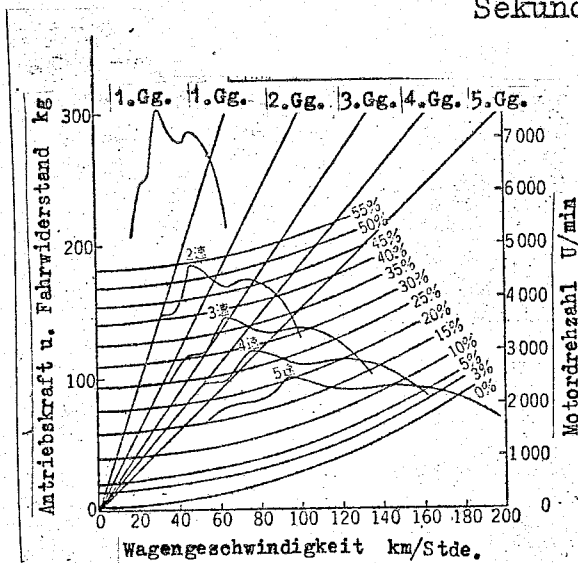


Abb.3 Fahrtleistungskennlinien

Auch der Kraftstoffverbrauch während der Fahrt mit 20.7 km/l stellt eine überdurchschnittlich gute Leistung für eine große Touringmaschine dar.

4. Die Konstruktion des Motorgehäuses

4.1 Die Kreiskolbenmotoreinheit (rotary unit)

Wenn es sich darum handelt, eine Motoreinheit in ein Zweiradfahrzeug einzubauen, kommt es natürlich darauf an, daß die Lebensdauer und die Betriebszuverlässigkeit dieser Motoreinheit hervorragend sind. Außerdem ist es jedoch auch eine der wichtigsten Aufgaben dafür zu sorgen, daß diese Motoreinheit die besten Voraussetzungen für eine einwandfreie Wartung und Pflege bietet. Da es sich insbesondere hier darum handelt, daß erstmals ein Zweiradfahrzeug mit einem regelrechten Kreiskolbenmotor auf den Markt gebracht werden soll, hat man eine Konstruktion gewählt, bei welcher die das Herzstück darstellende, die Antriebskraft erzeugende Kreiskolbenmotoreinheit als ein Ganzes verhältnismäßig leicht ausgebaut werden kann, und man hat damit erreicht, daß die Befürchtungen und die Unsicherheit in den Außenstellen des Verkaufnetzes beseitigt wurden und daß der Käufer eine absolute Sicherheit hinsichtlich des Kundendienstes und der Garantieleistung erwarten konnte.

Man hat also die verschiedenen Zubehörmaschinenteile, wie etwa die Wasserpumpe, die Ölpumpe und den Unterbrecher durchweg in den Kupplungsdeckel eingebaut, so daß beim Wegnehmen des Kupplungsdeckels mitsamt den daran befestigten Zubehörmaschinenteilen und beim Herausnehmen der sodann sichtbar werdenden Primärübertragungskette und der Vielscheibenkupplung (Lamellenkupplung?) durch das Herausdrehen einiger Schrauben, wie dies in der Abb.4 dargestellt ist, die gesamte Kreiskolbenmotoreinheit herausgenommen werden kann. Dank die-

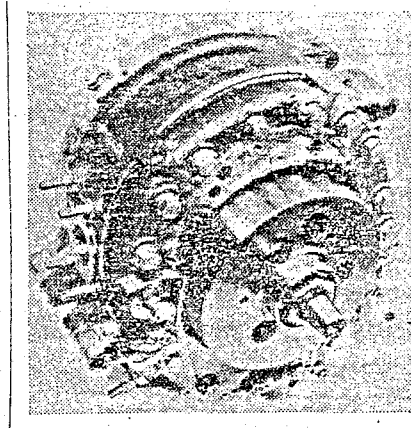


Abb.4 Die Kreiskolbenmotoreinheit

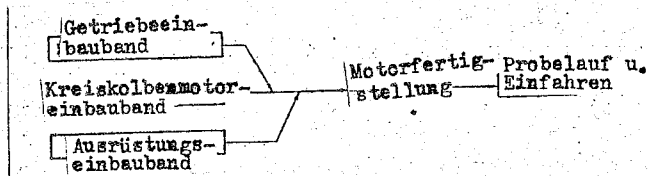


Abb.5 Die Arbeitsgänge des Motorzusammenbaues

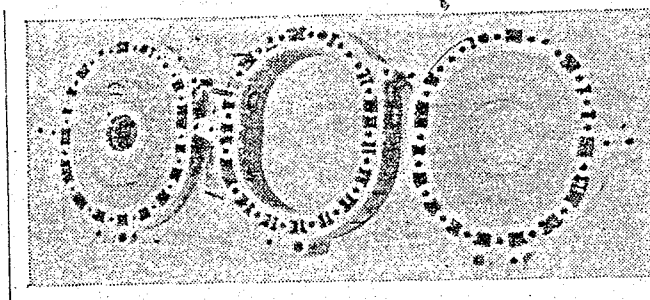


Abb.6 Die Gehäuse

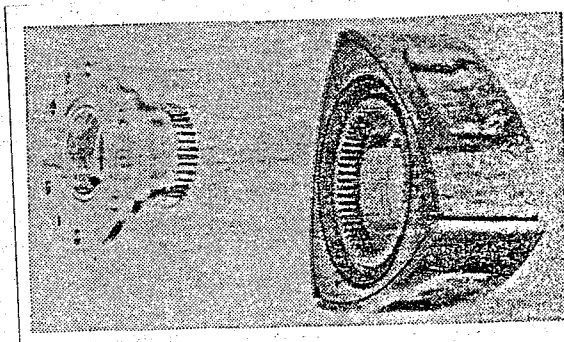


Abb.7 Läufer und Getriebe

ser Konstruktion ist also die Möglichkeit gegeben, daß die Kreiskolbenmotoreinheit als ein funktionswichtiges Teil behandelt und in den gut ausgerüsteten Instandsetzungswerkstätten überholt werden kann, dabei wollte man gleichzeitig erreichen, daß man auch eine Leistungsgarantie geben konnte. Auf diese Weise konnte man auch beim Zusammenbau während der Fertigung, wie dies die Abb.5 zeigt, ein besonderes Montageband für den Zusammenbau der Kreiskolbenmotoreinheit vorsehen, und man hat damit eine Steigerung der Produktivität erreicht.

4.2 Das Gehäuse

Das zum Aufbau des Kreiskolbenmotors gehörende Gehäuse besteht wie dies die Abb.6 zeigt, aus einem Läufergehäuse, einem rechten Seitengehäuse und einem linken Seitengehäuse. Die Gleitbewegungsfläche des rechten Seitengehäuses stellt eine am Motorgehäuse befestigte Dichtungsfläche dar, während die Gleitbewegungsfläche des linken Seitengehäuses eine am Ölgehäusedeckel befestigte Dichtungsfläche darstellt. Diese Gehäuse sind durch 17 vom linken Seitengehäuse her durchgesteckte in das rechte Seitengehäuse eingeschraubte Zugschrauben miteinander verbunden.

1) Das Läufergehäuse

Das Läufergehäuse besteht aus Aluminium und der das Gehäuse außen umgebende Kühlwassermantel ist unter Berücksichtigung der Eignung für die Herstellung in seiner Form derart ausgeführt, daß die Herstellung im Kokillenguß möglich ist. Die in der Form einer Trochoide ausgeführte innere Umfangsfläche des Läufergehäuses, auf welcher die in den Scheitelpunkten des Läufers befestigten Scheiteldichtungen gleiten, besitzt eine außerordentlich gute Abriebverschleißbeständigkeit und ist außerdem mit einem höchst wirksamen "CEM"-Überzug versehen, durch welchen auch als ein dem Kreiskolbenmotor eigener

außergewöhnlicher Abriebverschleiß bekannten Rattermarken-
erscheinung verhütet wird, die Innenfläche des Trochoidenge-
häuses ist einer sorgfältigen Schleich- und Polierfertigbear-
beitung unterworfen worden.

Dieses "CEM"-Plattierungsverfahren stellt ein der amerikani-
schen Firma Plate Craft patentiertes komplexes Plattierungs-
verfahren dar, auf welches unsere Firma eine Lizenz erworben
hat, und es ist unserer Firma durch weitere Verbesserung die-
ses Verfahrens gelungen, eine komplexe Überzugsschicht aus
Nickel-Silizium-Karbid herzustellen, die einen sehr strengen
Betrieb in hervorragendem Maße Widerstand zu leisten vermag.

Der Teil für die Befestigung der Zündkerze ist in einem aus
einer Kupferlegierung bestehenden Spezialteil durch Kalt-
schrumpfsitz (oder?) Warmschrumpfsitz befestigt; dadurch wird
der Gefahr vorgebeugt, daß während des Betriebes in dem Plat-
tierungsüberzug am äußeren Umfang der Zündkerzenbohrung durch
die Wärmestöße Beschädigungen, wie etwa Risse oder dergleichen
entstehen.

Im äußeren Umfangsteil des Läufergehäuses sind außerdem auch
Kanäle für die durchblasenden Gase (blow by gas) sowie Schmier-
ölrückführkanäle vorgesehen; zum Zwecke der Abdichtung gegen-
über diesen Gasen, gegenüber dem Kühlwasser und dem Öl sind
in den Gehäuseverbindungsflächen jeweils Nuten vorgesehen, in
die man wärmebeständige Gummi-O-Ringe eingelegt hat.

2) Die Seitengehäuse

Sowohl wegen des geringen Gewichtes wie auch zum Zwecke der
Verbesserung der Kühlmöglichkeit hat man als Material sowohl
für das rechte Seitengehäuse wie auch für das linke Seitenge-
häuse Aluminium gewählt; durch Anordnen von Rippen im Innern
des Kühlwassermantels wurde für die notwendige Steifigkeit ge-
sorgt; auf der Fläche, auf welcher die Seitendichtungen und

die Öldichtungen, sowie die Seitenflächen des Läufers gleiten, hat man zum Zwecke der Erhöhung der Abriebverschleißbeständigkeit sowie zum Zwecke der Verbesserung der Beständigkeit gegenüber dem "scuffing" die Fläche mit Molybdän (mit geschmolzenem Molybdän?) gespritzt. Dabei hat man jedoch nicht den gesamten Bereich der Gleitfläche gespritzt, sondern um das feste und dichte Haften der gespritzten Schicht auf dem Muttermaterial zu erhöhen, und um den Wärmeübergang zu verbessern, hat man in der Gleitfläche spiralförmige Nuten ausgearbeitet und dafür gesorgt, daß nach der Fertigbearbeitung ausschließlich in diesen Nuten die Molybdänschicht zurückblieb.

An der Zugschraubensitzfläche des linken Seitengehäuses hat man Senklöcher hergestellt und deren Kanten gebrochen, und dadurch, daß man mit Gummi plattierte Dichtungsunterlagscheiben verwendete, hat man eine wasserdichte Konstruktion erhalten.

4.3 Der Läufer und das Phasengetriebe

Als Material für den in der Abb.7 dargestellten Läufer hat man mit Rücksicht auf die gegenüber den Gasexplosionskräften verlangte Festigkeit und die gegenüber den Lagerbelastungen verlangte Festigkeit, aber auch um die Maßgenauigkeit bei den Nuten für die verschiedenen Arten der einzelnen Dichtungselemente einhalten zu können und um eine Gewähr für die Abriebverschleißbeständigkeit zu haben, ein hochfestes Spezialgußeisen gewählt. Auf den einzelnen äußeren bogenförmigen Umfangsflächen des Läufers hat man in deren Mitte als Vertiefungen für die Verbrennungskammern badewannenförmige Ausnehmungen vorgesehen, und zusammen mit der Regelung des Kompressionsverhältnisses hat man auch eine Normalisierung der Verbrennung erzielt. Für die Kühlung des Inneren des Läufers hat man ein Ölkühlsystem angewandt, bei welchem ein Teil des Motorschmier-

öles ausgespritzt und zum Zirkulieren gebracht wird; man hat deshalb durch die Anordnung von Rippen, welche das Innere des Läufers unterteilen nicht nur eine größere Festigkeit und Steifigkeit zum Zwecke der Verhütung von Formveränderungen, sondern auch eine erhöhte Kühlwirkung erreichen wollen.

Die in der Nähe der einzelnen Scheitelpunkte des Läufers vorgesehenen Durchgangsbohrungen stellen Ausgleichsbohrungen für den Druck der rechts und links vom Läufer durchblasenden Gase (blow by gas) dar; sie verhüten das Entstehen einer axialen Belastung des Läufers und steigern die Wirkung des Gasdruckes auf die Öldichtungselemente.

Als Lager für den Läufer hat man die von der Firma Daido Metal Kogyo hergestellten, aus 3 Schichten bestehenden Kermet-Lagerschalen verwendet, die man in die Mitte des Läufers hineingepreßt und damit dem Läufer eine ausreichende Widerstandsfähigkeit bei hohen Drehzahlen und hohen Belastungen verliehen hat. Das die Drehbewegung des Läufers steuernde Phasenge triebe ist so konstruiert, daß ein in der Abbildung sichtbares stationäres Zahnrad durch einige Schrauben an dem linken Seitengehäuse befestigt ist, während ein Innenzahnrad mit Schrauben am Läufer befestigt ist; dadurch daß man besonders geformte Schrauben verwendet, erhält man ein elastisches Zusammenziehen und eine dämpfende Wirkung auf die am Zahnrad angreifenden Kräfte. Als Material für diese Phasenzahnräder hat man einen Legierungskohlenstoffstahl von hoher Festigkeit verwendet und man hat die Zahnräder einer Wärmebehandlung unterworfen.

4.4 Die Exzenterwelle und das Ausgleichsgewicht

Die in der Abb.8 dargestellte Exzenterwelle ist aus Chrommolybdänstahl hergestellt, der Läuferlagerzapfen und der

Hauptlagerzapfen, sowie andere wichtige Teile hat man induktiv gehärtet und getempert, so daß außer der Oberflächenhärte auch eine ausreichende Festigkeit gewährleistet ist. Durch die Mitte der Welle geht eine an beiden Enden verschlossene Ölbohrung hindurch, und in die verschiedenen Lagerzapfen münden Ölkanäle und außerdem sind in unmittelbarer Nachbarschaft des Läuferlagerzapfens kleine Bohrungen vorgesehen, durch welche das der Kühlung des Läuferinneren dienende Öl ausgespritzt wird.

Die in allernächster Nähe des Läufers vorgesehenen Hauptlagerzapfen sind in Lagern gelagert, welche sich in der Nähe der Mitte der Seitengehäuse befinden, diese beiden Hauptlager bestehen in der gleichen Weise wie das Läuferlager aus von der Firma Daido Metal Kogyo hergestellten Dreischicht-Kermet-Lagerschalen, die diesen Lagern eine hervorragende Dauerfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen das Eintreten von Fremdkörpern verleihen und so ihre Lebensdauer erhöhen.

Als Ausgleichsgewicht für die exzentrischen Massen im Läufer kann das Schwungrad mitbenützt werden, welches die Aufgabe hat, die bei einem Einläufermotor im Bereich der niedrigen Drehzahlen entstehende Unstabilität zu reduzieren. Um die auf die Exzenterwelle kommenden Belastungen weitestgehend zu reduzieren, hat man das Schwungrad in allernächster Nähe des Seitengehäuses befestigt.

Am äußeren Umfang des Ausgleichsgewichtes sind Marken für die Zündzeitpunkteinstellung vorgesehen, die man beim Zusammenbau des Motors benützt.

4.5 Die Gasdichtungen und die Öldichtungen

Die Gasdichtungen und die Öldichtungen für den Läufer stimmen grundsätzlich mit dem NSU/Wankel-Hochleistungsdichtungssystem überein, nur in einzelnen wenigen Punkten haben wir noch

Verbesserungen angebracht und damit eine noch höhere Leistungsfähigkeit zu erzielen versucht.

1) Die Gasdichtungen

Wie dies in der Abb.9 dargestellt ist, sind die die Gasdichtigkeit der Arbeitskammern gewährleistenden Dichtungen aus 3 Apexdichtungen, von denen jede in 3 Teile aufgeteilt ist, aus 6 an den beiden Seitenflächen des Läufers angebrachten Seitendichtungen, aus 6 Eckendichtungen sowie aus den jeweiligen die einzelnen Dichtungselemente abstützenden (back up) Federn aufgebaut. Diese Dichtungselemente sind einschließlich der Federn sowohl in ihrer Art wie auch in ihrer Anzahl äußerst vielfältig, da jedoch diesen Gasdichtungen als den für die Grundleistung des Motors ausschlaggebenden Elementen die wichtigste Bedeutung zukommt, dürfen wir uns hier die Sache nicht zu leicht machen.

Die in den Scheiteln des Läufers eingebauten, die Gasdichtigkeit aufrechterhaltenden Scheiteldichtungen sind die wichtigsten unter den Dichtungselementen; Von den 3 Teilen, in welche eine Scheiteldichtung zerfällt, ist es die Zentralscheiteldichtung (center apex seal), bei welcher die wichtigste Aufgabe in der richtigen Wahl des Materiales und in der dementsprechenden Wahl des oberflächenbehandelten Materiales der inneren Umfangsfläche des Läufergehäuses besteht. Als optimales Gleitpartnermaterial für die CEM-Überzugsschicht des Läufergehäuses hat man das von der Firma Chugai Denki Kogyo hergestellte "Ferrotic"-Material ausgewählt.

Dieses Ferrotic-Material stellt eine Sinterlegierung auf Eisenbasis dar, welche ungefähr 35 Gewichtsprozent Titan-
karbid enthält, durch Wärmebehandlung hat man nicht nur eine hohe Härte, sondern auch eine hohe Zähigkeit erzielt, der Abriebverschleiß ist äußerst gering. Selbstverständlich ist

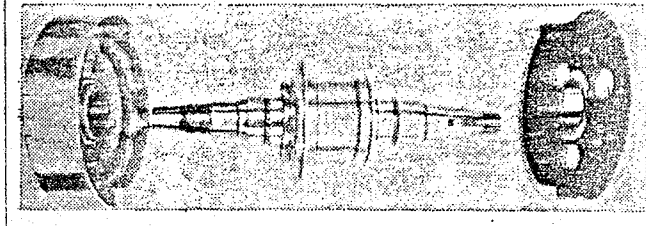


Abb.8 Exzenterwelle und Ausgleichgewicht

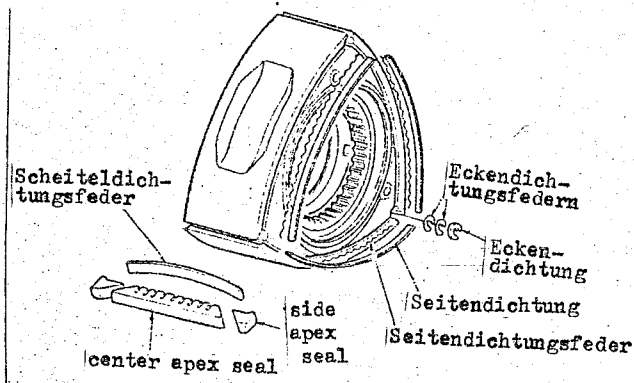


Abb.9 Die Gasdichtungen

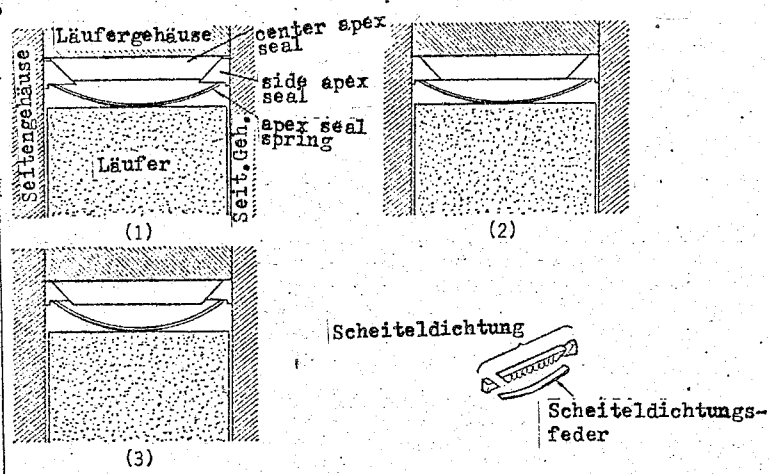


Abb.10 Die dreigeteilte Scheiteldichtung

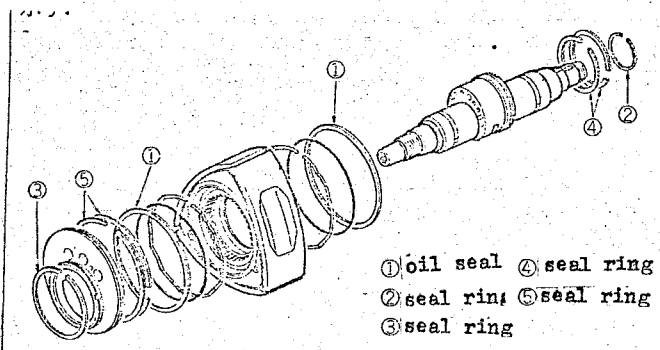


Abb.11 Die Öldichtungen

auch der Abriebverschleiß auf der CEM-Überzugsschicht außerordentlich gering, außerdem wird das Auftreten von Rattermarken nicht beobachtet und man stellt eine hervorragende Leistungsfähigkeit des Materiales fest. Während die zentralen Scheiteldichtungen (center apex seals) ein außerordentlich hartes Material darstellen, verwendet man für die beidseitigen Seitenscheiteldichtungen ein wesentlich weicherer Spezialgußeisenmaterial, so daß die auf dieser dreigeteilten Konstruktion beruhende Dichtfunktion sehr wirksam zur Entfaltung kommt.

Die Funktionen der dreigeteilten Scheiteldichtung sind in der Abb.10 in ihrer Aufeinanderfolge dargestellt; nach dem Zusammenbau ist zunächst die gesamte Länge der Dichtung etwas größer vorgesehen, und deshalb haben die Seitenscheiteldichtungen zunächst keine Berührung mit der Läufergehäusefläche, wenn jedoch dann beim Betrieb des Motors die Gleitbewegung beginnt, kommt es infolge des Abriebverschleißes zu einer Berührung der gesamten Dichtung mit dem Läufergehäuse. Weiterhin wirkt, obwohl der Abriebverschleiß fortschreitet, entlang den Schrägflächen der zentralen Scheiteldichtung und der Seitenscheiteldichtungen die Federkraft, welche die Seitenscheiteldichtungen nach oben drückt, so daß selbst bei einer langen Betriebszeit die Leistungsfähigkeit der Dichtungen nicht schlechter wird.

2) Die Öldichtungen

Das im Innern des Motors umlaufende, der Schmierung sowie der Kühlung des Läufers dienende Öl darf nicht in die Arbeitskammern einströmen, und um dies zu verhüten, hat man eine Reihe verschiedener Dichtungselemente vorgesehen, deren Aufbau in der Abb.11 dargestellt ist.

Die aus diesen Dichtungselementen beruhende Grundlage der Öl-

dichtung besteht in einer Wellendichtung, welche durch kolbenringförmig gestaltete Dichtungsringe zustande kommt. Die Abb. 12 zeigt den Dichtungsmechanismus, der darin besteht, daß auf die Seitenfläche eines mit einer Spannkraft auf die Außendurchmesserfläche aufgezogenen Dichtungsringes die Druckkraft der aus der Verbrennungskammer herausleckenden Durchblasgase einwirkt, und daß dadurch, daß die Ringseitenfläche gegen die Seitenfläche einer Nut gedrückt wird, eine Öldichtung zustande kommt. Um eine Möglichkeit zu schaffen, diesen Druck der Durchblasgase auf den richtigen Wert einzuregulieren, hat man im oberen Teil der Seitegehäuse ein aus einer Bohrung und einer Feder bestehendes Rückschlagventil für die Durchblasgase eingebaut und, um für einen Ausgleich des Gasdruckes auf der rechten Seite und der linken Seite zu sorgen, hat man durch den Exzenterteil der Exzenterwelle und durch die daran befestigte Exzenter Scheibe eine Ausgleichsbohrung hindurchgebohrt.

Außer diesen in ihrer Größe verschiedenen Dichtungsringen haben wir, wie dies die Abb. 13 zeigt, zu beiden Seiten des Läufers Hilfs- und Kompensationsdichtungselemente eingebaut, deren Aufgabe darin besteht, zu verhüten, daß das sich im Läufer befindende Öl in die Arbeitskammern einströmt; diese Dichtungselemente haben, wie wir aus der Abb. 13 ersehen können, eine U-förmige Querschnittsfläche und in der durch die U-Form gebildeten Nut hat man einen O-Ring aus wärmebeständigem und ölbeständigem Gummi eingebaut, diese Öldichtung hat man zusammen mit einer Stützfeder (back up spring) eingebaut.

Um die Durchblasgase durch diese Öldichtungen hindurch nach innen hineinzuleiten, hat man, wie dies in der Abb. 14 dargestellt ist, in der Seitegehäusefläche in einem Bereich, in welchem die Funktion der Seitendichtungen nicht gestört wird,

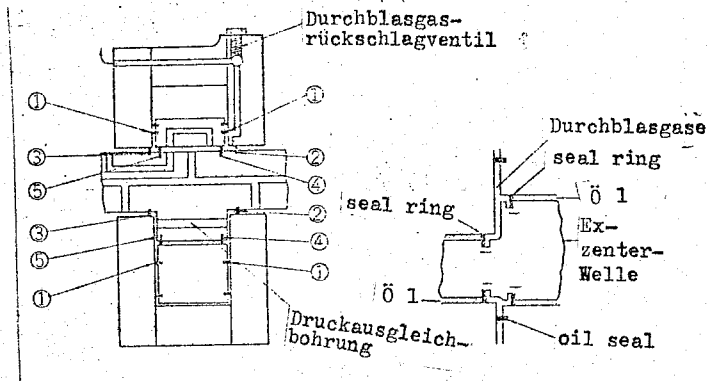


Abb.12 Der Mechanismus der Öldichtung

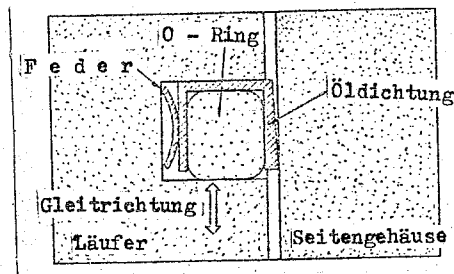


Abb.13 Querschnittsdarstellung der Öldichtung

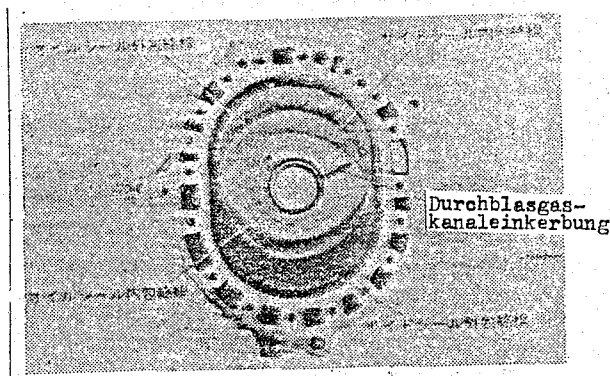


Abb.14 Die Nut, durch welche die Durchblasgase hereingeleitet werden

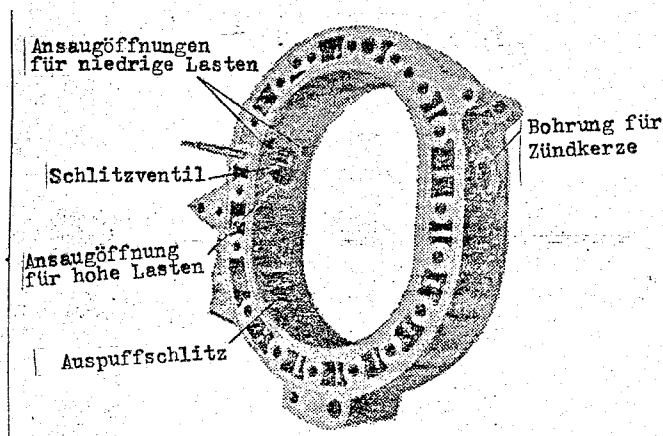


Abb.15 Die Anordnung der Mehrlochansaugschlitze und das Schlitzventil

eingekerbte Kanäle vorgesehen. Selbstverständlich hat man die Kanäle nach oben gerichtet vorgesehen, so daß sie beim Stillstand des Motors nicht zu Kanälen werden können, durch welche das Öl fließt.

Diese Gasdichtungselemente und Öldichtungselemente sind, mit Ausnahme der Zentralscheiteldichtung, durchweg aus einem in hohem Maße abriebverschleißbeständigen und kratzfesten Spezialgußeisenmaterial hergestellt und für die Federn hat man ein wärmebeständiges Material verwendet. Da nicht nur eine sorgfältige Prüfung des Materiales, sondern auch bei der Bearbeitung höchste Maßgenauigkeit und eine strenge Einhaltung der Werte verlangt werden, wurde die gesamte mechanische Bearbeitung einschließlich der Bearbeitung der zentralen Scheiteldichtungen von den Firmen Riken Piston Ring Kogyo und Nippon Piston Ring ausgeführt. Die O-Ringe in den Öldichtungen jedoch werden aus einem Spezialgummi von der Firma Nippon Oil Seal Kogyo hergestellt.

4.6 Das Ansaugsystem

Für die Ansaugschlitze hat man das periphere Ansaugschlitzsystem als Grundlage eingeplant, bei welchem diese Schlitze in die hochleistungswirksame Trochoidenumfangswandfläche münden. Das System der peripheren Anordnung der Schlitze findet als wirksamer Ersatz für die hohe Leistung bei den niedrigen Lasten eine Überlappung mit dem Auspuffschlitz statt, dies führt zu einer Verdünnung der Auspuffgase mit Frischluft und ruft auf schlechter Verbrennung beruhende Vibrationserscheinungen hervor, wodurch die Flexibilität der Fahrt beeinträchtigt wird. Bei dem Kreiskolbenmotor RE-5 hat man gegen diese Erscheinung Maßnahmen ergriffen und ein Mehrfachschlitzsystem angewandt, in dem man den Ansaugschlitz in einen Schlitz (in Schlitze?) mit kleinem Durchmesser für die

niedrigen Lasten und einen Schlitz mit großem Durchmesser für die hohen Lasten aufgeteilt hat. Bei den niedrigen Lasten wird das in dem Ansaugschlitz für hohe Lasten, d.h. also in dem Schlitz mit dem großen Durchmesser vorgesehene Schlitzventil geschlossen und damit wird die Auspuffgasverdünnung verhindert, und die Frischluft wird ausschließlich durch den kleinen Schlitz, dessen Öffnungszeit nur eine ganz geringfügige Überlappung bringt, angesaugt. Die Anwendung dieses neuen Systemes hat es ermöglicht, von den niedrigen Drehzahlen bis zu den hohen Drehzahlen zufriedenstellende Fahreigenschaften zu erhalten. In dem Ansaugschlitz für die hohen Lasten beginnt sich von einem Öffnungswinkel von 35° des Vergaserprimärschlitzes an ein Schlitzventil zu öffnen, so daß frische Luft angesaugt wird. Die Abb.15 zeigt die Anordnung der Ansaugschlitzes des Mehrlochsysteams sowie die Anbringung eines Schlitzventiles; in der Tafel mit den wichtigsten Daten des Motors sind die Öffnungs- und Schließzeiten des Ansaug- und Auspuffschlitzsystemes sowie die Querschnittsflächen der Schlitzöffnungen aufgeführt.

Der vom Läufergehäuse her die Verbindung mit dem Vergaser herstellende Ansaugstutzen besitzt auf der Seite des Läufergehäuses 2 Ansaugöffnungen für niedrige Lasten und wird dann unterwegs zu einer einzigen Ansaugleitung zusammengefaßt und so mit dem Vergaser verbunden. Die Abb.16 und 17 zeigen den Ansaugstutzen.

Der Vergaser ist ein von der Firma Mikuni Kogyo hergestellter quer eingebauter zweistufiger Zweitrommel-Solexvergaser der Bauart 18-32 HHD. Die Abb.18 zeigt das Vergasersystem. Das besonders kennzeichnende Merkmal dieses Vergasers besteht darin, daß man, um einen stabilen Lauf des Motors bei den niedrigen Drehzahlen und um einen günstigen Kraftstoffver-

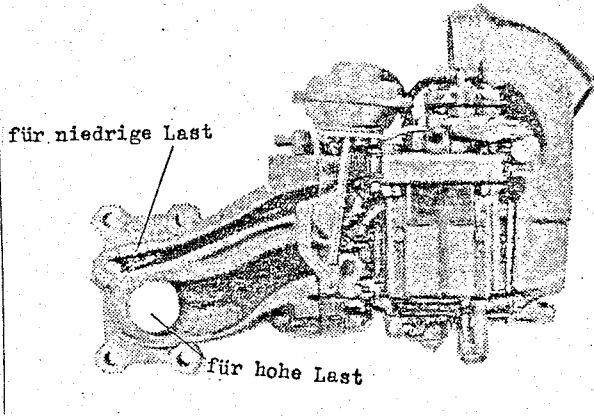


Abb.16 Der Ansaugstutzen im Schnitt dargestellt

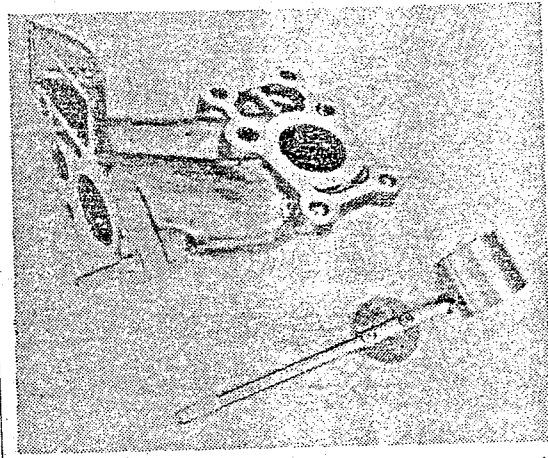


Abb.17 Der Ansaugstutzen

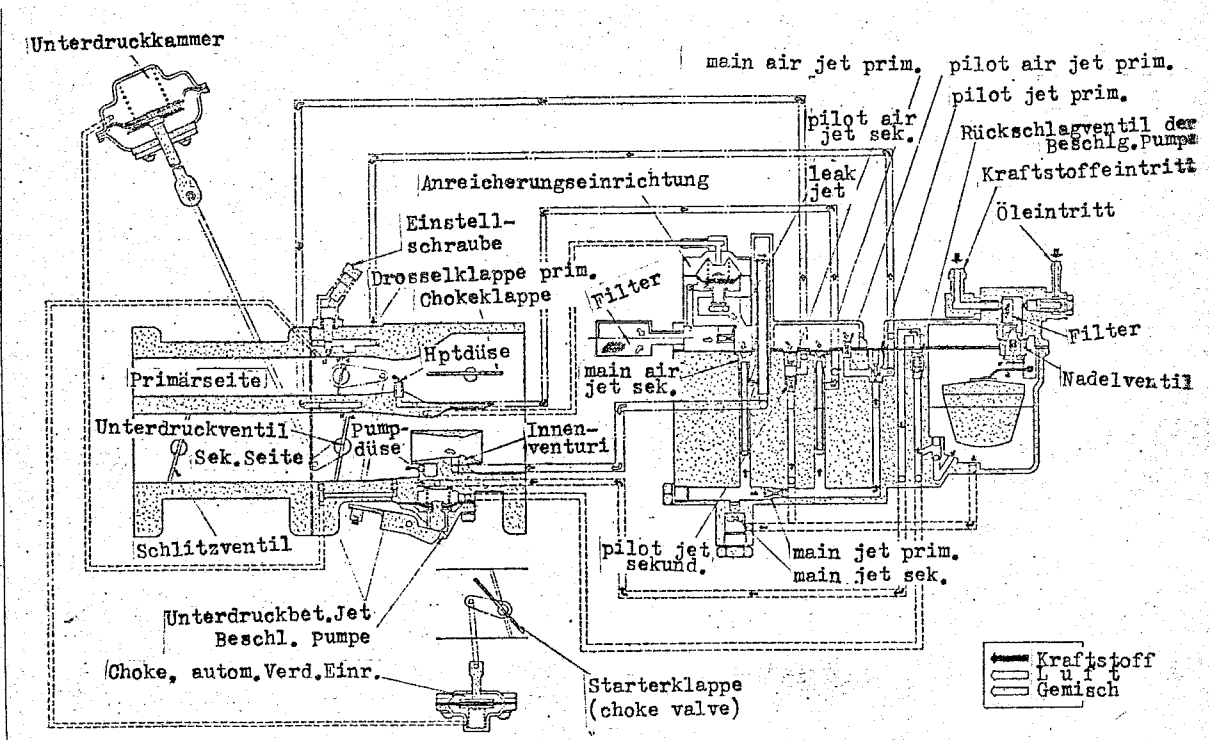


Abb.18 Systematische Darstellung des Vergasers

brauch zu erhalten, auf der Primärseite den Gasventildurchmesser mit 18 mm und den Venturidurchmesser mit 15 mm, d.h. sehr klein genommen hat, während man auf der Sekundärseite den Gasventildurchmesser mit 32 mm und den Venturidurchmesser mit 27 mm, d.h. also sehr groß genommen hat, in der Absicht, die Leistung bei den hohen Drehzahlen zu verbessern. Um eine Koppelung zwischen der primärseitigen und der sekundärseitigen Drosselklappe zu erhalten, hat man das sogenannte "boost control system" angewandt, bei welchem durch vor und hinter der sekundärseitigen Drosselklappe vorgesehene Unterdruckentnahmebohrungen ein zusammengesetzter Unterdruck entnommen wird, durch welchen in einer Unterdruckkammer eine Membran betätigt wird, so daß man eine automatische Koppelung der sekundärseitigen Drosselklappe erhält. Dadurch wird eine Lösung des Problemes des Abwürgens des Motors beim schnellen Beschleunigen erreicht, welches durch den Unterschied der Gasventildurchmesser auf der Primärseite und auf der Sekundärseite hervorgerufen wird und es ist so gelungen, eine außerordentlich gute Verbindungscharakteristik zu erhalten.

Eine Beschleunigungspumpe wird durch eine mit der primärseitigen Drosselklappe gekuppelte Membran dargestellt, der Einspritzzeitpunkt ist durch einen Öffnungsgrad der primärseitigen Drosselklappe von 35° bestimmt, während die Einspritzmenge mindestens 0.5 cc pro Hub beträgt. Der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge der Beschleunigungspumpe sowie der Winkelgrad, bei welchem sich das Schlitzventil zu öffnen beginnt, hängen mit dem Winkelgrad zusammen, bei welchem sich die sekundärseitige Drosselklappe zu öffnen beginnt, und beeinflussen die Verbindung zwischen der Primärseite und der Sekundärseite.

Die Starterklappe wird von Hand bedient; um jedoch Störungen

zu verhüten, wie etwa ein Verschmutzen der Zündkerzen oder ein Stehenbleiben des Motors oder dergleichen, wie sie vorkommen, wenn man bei warmem Wetter mit geschlossener Starterklappe fährt oder wenn man vergessen hat, die Starterklappe wieder hineinzudrücken, hat man eine automatische Verdünnungseinrichtung des sogenannten "boost control system", bei der man den primärseitigen Unterdruck benützt, mit einem Rückschlagventil gekuppelt. Wenn also unmittelbar nach dem Anlauf die Motordrehzahl ansteigt, wird die Membran durch den primärseitigen Ansaugunterdruck betätigt, die Starterklappe wird etwas geöffnet und es wird ein Gasgemisch mit einem der Drehzahl entsprechenden Luft-Kraftstoff-Verhältnis zugeführt. Wenn man mit auf "ON" gestellter Starterklappe gefahren ist, dann wird durch diesen Unterdruck die Starterklappe etwas geöffnet und das Gasgemisch wird magerer. Durch die gleiche Einrichtung ist es auch möglich geworden, das Problem der Motorstörungen zu lösen, die durch einen vom Fahrer versehentlich nicht zurückgestellten Starterknopf verursacht werden. Um beim Anfahren die richtige Ansaugluftmenge zu erhalten, hat man einen "fast idle"-Mechanismus vorgesehen. Wenn wir also die primärseitige Drosselklappe mit dem Chokehebel kuppeln und von dem Chokehebel betätigen lassen, dann wird die primärseitige Drosselklappe um $25^{\circ}30'$ geöffnet. Dadurch daß wir den Mechanismus dieser beiden aufeinander abgestimmt haben, ist es gelungen, eine hervorragende Anlaufleistung zu erhalten. Um auch in den anderen Fahrtzuständen das jeweils richtige Gasgemisch zuzuführen, hat man eine Anreicherungseinrichtung vorgesehen, die nach dem System der Hauptluftabspernung (main air cut) arbeitet. Um also im Bereich der hohen Drehzahlen und der hohen Lasten das der abgegebenen Leistung entsprechende Luft-Kraftstoff-Verhältnis

zu erhalten, hat man das in der Abb.19 dargestellte System angewandt, bei dem man einen Teil der Luftkorrektur (bleed air) absperrt und so das richtige Luft-Kraftstoff-Verhältnis erhält.

Das der Scheiteldichtungsgleitfläche zugeführte Öl gelangt dorthin über ein Rückschlagventil durch ein in der Nähe der Kraftstoffeintrittsöffnung über dem Nagelventil des Vergasers vorgesehene Spritzloch. Hierbei wird die Luft dank dem Zusammenstoß mit dem Kraftstoff und dank dem Durchgang durch das Filter gut mit dem Benzin vermischt und strömt so in die Schwimmerkammer ein. Das Öl-Kraftstoff-Gemischverhältnis beträgt je nach dem Fahrtzustand 1/100 bis 1/200.

Das Luftfilter hat ein Volumen von 2.6 l und es besitzt Rückführöffnungen für die Durchblasgase (blow by gas). Die Luftfilterelemente bestehen aus Naßurethanschaum und sie besitzen eine effektive Filterfläche von 240 cm². Der Aufbau der Elemente ist derart, daß sie leicht herausgenommen und eingesetzt werden können. Das den Vergaser und das Luftfilter miteinander verbindende Ansaugrohr steht im Zusammenhang mit der Luftfiltereinrichtung und besitzt eine Länge von 435 mm und einen Innendurchmesser von 47 mm, es besteht aus einem wetterfesten und hitzebeständigen Gummi. Die Abb.20 zeigt das Luftfilter und das Ansaugrohr.

4.7 Das Auspuffsystem

Die Temperatur der Auspuffgase ist beim Kreiskolbenmotor höher als beim Hubkolbenmotor; andererseits muß man bei einem Motorrad ausgehend von den Öffnungseigenschaften das Auspuffsystem so planen, daß dabei insbesondere auch die Sicherheit berücksichtigt ist.

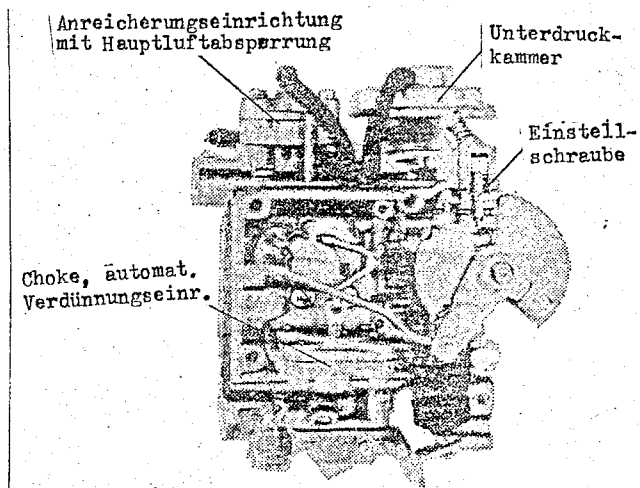


Abb.19 Die zur Vergaserausrüstung gehörenden Teile

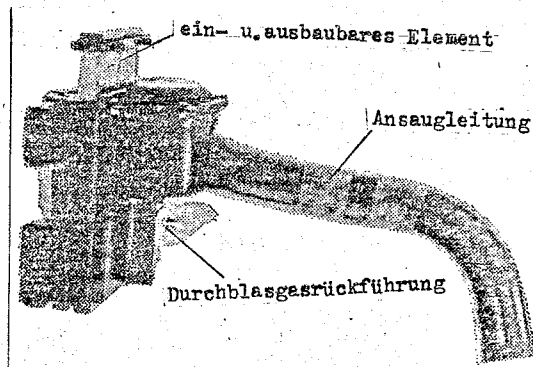


Abb.20 Luftfilter und Ansaugleitung

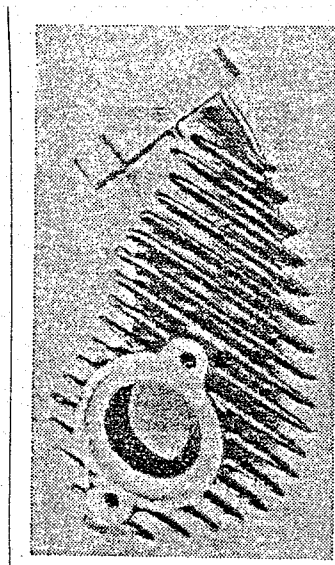


Abb.21 Der Auspuffstutzen



Abb.22 Der Auspufftopf

Das Auspuffsystem des RE-5 stellt ein ganz neues System dar, das man aufgrund von 5 konstruktiven Konzeptionen entwickelt hat, nämlich 1) Sicherheit, 2) hohe Lebensdauer, 3) Geräuscharmheit, 4) zu einem Touringmodell passende Formgestaltung, und 5) erweiterte Leistungskennlinien. Der erste große Vorteil besteht darin, daß man den in der Abb.21 dargestellten Auspuffstutzen aus einer hitzebeständigen Aluminiumlegierung hergestellt hat, die man einer AC 8 B - T 6 - Behandlung unterwarf und daß man auf diese Weise die Wärmeabstrahleigenschaften des Auspuffstutzens verbessert hat. Außerdem hat man, um die Wärmeenergie abzustrahlen und so die auf den Auspufftopf kommende Wärmebelastung zu senken, einen doppelten Auspufftopf angewandt. Dieser doppelte Auspufftopf erfüllt nun mehrere Aufgaben, indem er die Beschleunigungsgeräusche verringert, den Auspuffdruck absenkt und die Leistung erhöht.

Der zweite große Vorzug besteht in dem Auspufftopfreinigungssystem. Wie wir in der Abb.22 sehen, ist zwischen dem Innenrohr und dem Außenrohr des Auspufftopfes ein Raum vorgesehen, der im hinteren Teil des Auspufftopfes angeordnete Ejektor wird benützt, um zwangsläufig Kühlluft durchströmen zu lassen und dadurch ist es gelungen, die Temperatur des Auspufftopfgehäuses und die Temperatur der Auspuffgase abzusenken. Weiterhin ist im Außenrohr des Auspufftopfes ein Protektor vorgesehen, durch welchen noch mehr Sicherheit gewährleistet wird. Die Kühlluft strömt auch bei Leerlauf, und der Ejektor ist in seiner Leistung so ausgelegt worden, daß er auch bei Leerlauf die Temperatur absenkt.

Der dritte große Vorzug besteht darin, daß man um eine ausreichende Lebensdauer und Betriebszuverlässigkeit zu gewährleisten, alle Teile, die mit den Auspuffgasen in Berührung kommen, durchweg aus SUS 304 ausgeführt hat. Um Bruch-

schäden infolge der Wärmeausdehnung zu verhüten, hat man sämtliche Konstruktionsteile ausdehnungsfrei (expansion free) konstruiert.

4.8 Das Zündsystem

Bei der Anordnung der Zündkerzen ist man von konstruktiven Überlegungen ausgegangen, deren Ziel eine hohe Leistung war; man hat das sogenannte Einkerzensystem angewandt und die Zündkerze 23 mm von der kurzen Achse der Trochoide des Läufergehäuses entfernt in der Drehrichtung nach der Verzögerungsseite hin (trailing side) verlegt. Der Durchmesser der die Trochoidenoberfläche und die Elektrodenkammer verbindenden Übertragungsbohrung (transfer hole) beträgt 5 mm.

Bei der Zündkerze handelt es sich um die V-Bauart, welche eigens für den RE-5 entwickelt wurde. Der Gewindedurchmesser der Zündkerze beträgt 18mm, ihre vorspringende Länge 22,6 mm, sie wird von der Firma NGK hergestellt unter der Typenbezeichnung A9EFV. Der Wärmewert der Zündkerze entspricht auf einen Hubkolbenmotor bezogen einer Zündkerze mit dem Wärmewert 9, sie gehört zu den Zündkerzen der Konussetzbauart. Für die Elektroden hat man eine Speziallegierung mit guter Wärmeübertragung verwendet, so daß die Zündkerze beim Dauerbetrieb mit hohen Drehzahlen und mit hohen Lasten in ausreichendem Maße widerstandsfähig ist. Die Wahl eines optimalen Innendurchmessers des Kerzenkörpers und einer optimalen Form des Kerzensteines war das Ergebnis zahlreicher Kaltstartversuche. Es hat sich dabei gezeigt, daß man eine Form gewählt hatte, bei welcher keine Verschmutzung und Verrußung auftrat. Die Abb.23 zeigt das Zündsystem, während die Abb.24 eine repräsentative Ausführung der Zündeinrichtung zeigt.

Was nun die Zündanlage anbelangt, so hat man mit einem trai-

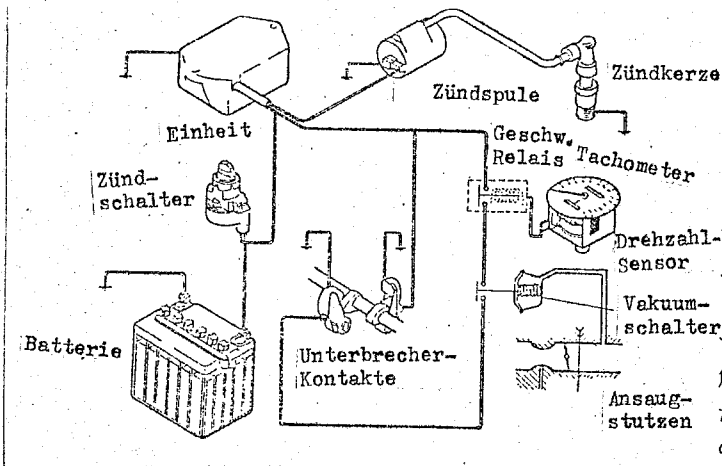


Abb.23 Das Zündsystem

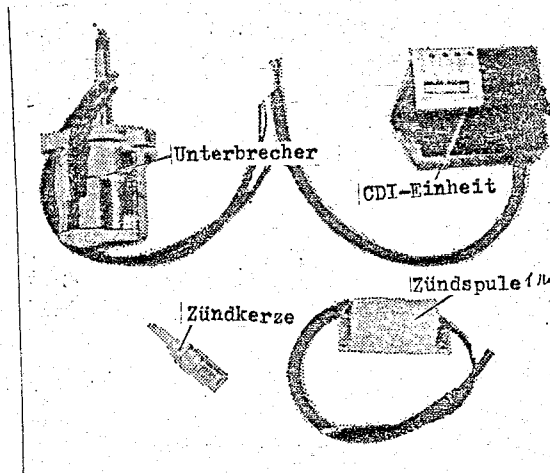


Abb.24 Die verschiedenen zur Zündanlage gehörenden Teile

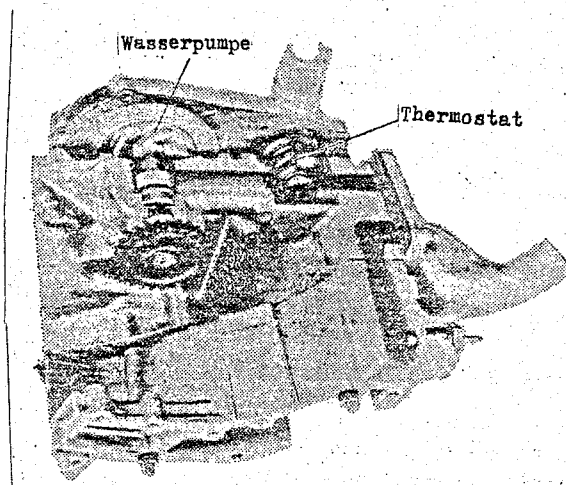


Abb.25 Die Anordnung der Wasserpumpe und des Thermostaten

lingseitigen Einkerzensystem die günstigsten Ergebnisse erhalten und man bekam hier auch die längste Lebensdauer der Unterbrecherkontakte, und um zu einem vollkommen instandsetzungsfreien System durchzudringen, hat man den CD-Zünder (CD-Ignitor) der Hochleistungskontaktbauart der Firma Nippon Denso angewandt. Die Entladungsspannung ist höher als bei dem Batteriezündungssystem und die Kapazität und die induktive Entladungszeit konnten gut mit dem Betrieb des Motors in Übereinstimmung gebracht werden, es ist dadurch gelungen, Hand in Hand mit der Zündkerzencharakteristik eine Verrußung der Kerzen auszuschalten und bei niedrigen Lasten eine stabile Verbrennung zu erzielen. Der Unterbrecher ist aus einem Doppelnocken und einem Einfachnocken aufgebaut, die auf einer und derselben mit der halben Drehzahl der Exzenterwelle laufenden Nockenwelle sitzen. Der Einfachnocken stellt eine Einheit eines neuartigen Verdünnungszündsystemes dar, welches zu dem Zweck erfunden wurde, das Problem der Vibrationserscheinungen zu lösen, welche bei Trägheitsfahrt mit geschlossener Drosselklappe oder bei Fahrt im Gefälle, d.h. also bei der sogenannten Leerlauffahrt entstehen; dieses System stellt die Kombination von 2 Schaltern zu einem einzigen System dar, nämlich die Kombination eines den Unterdruck bei den niedrigen Drehzahlen abgreifenden Vakuumschalters und eines bei 1700 U/Min. und darunter einen Stromkreis abschaltenden Leerlaufschalters. Eine den Zündzeitpunkt vorverlegende Einrichtung arbeitet nach dem Fliehkraftprinzip, ein eingestellter Zeitpunkt bei einer Leerlaufdrehzahl von 1200 U/Min. beträgt als Regelwert, auch bei Benutzung von bleilosem Benzin 5° vor OT, und die maximale Zündzeitpunktvorverstellung beträgt 31° vor OT.

4.9 Das Kühlsystem

Die Wasserpumpe ist von der sechsflügeligen Wirbelbauart mit einem Durchmesser von 60.5 mm.

Es wird ein mit Wachskügelchen arbeitender Thermostat verwendet, der bei 71°C ein Ventil öffnet, und bei 85°C das Ventil vollständig öffnet, wobei der Hub des vollständig geöffneten Ventiles 8 mm oder mehr beträgt. Wie wir in der Abb.25 sehen, hat man den Thermostat dort angebracht, wo das heiße Wasser, das einen Bypaß durchlaufen hat, und das nach dem Durchströmen des Kühlers gekühlte Wasser miteinander vermischt werden, man spricht hier von einem Mischventilsystem. Der Grund, weshalb man gerade dieses System angewandt hat, liegt darin, daß man sich überlegt hat, daß einmal die Amplitude der Temperaturschwankungen des Kühlwassers äußerst gering sind und daß deshalb die dem Gehäuse mitgeteilten zyklischen Wärmespannungen sehr stark reduziert werden. Vergleiche hierzu die Abb.26.

Der Kühler arbeitet mit einem von der Firma Nippon Denso hergestellten Druckdichtungssystem; der Kühler ist von der "vertical flow corrugated fin and tube"-Bauart, er ist aus Aluminium hergestellt und der an einem Druckregelventil eingestellte Druck beträgt 0.9 kg/cm².

Weiterhin ist bei dem Kühler ein vierflügeliger Hochleistungs-lüfter mit einer Luftfördermenge von 290 m³/Stunde vorgesehen, der in seiner Leistung so ausgelegt ist, daß selbst bei den härtesten Bedingungen, wie etwa bei lang dauernder Fahrt auf Steigungen bei großer Hitze oder bei der Fahrt innerhalb einer Stadt mit großer Verkehrsstauungen eine Überhitzung ausgeschlossen ist. Vergleiche hierzu die Abb.27.

Die Kühlwasserumlaufbahn im Motorgehäuse hat man nach dem Achsströmungssystem ausgeführt, bei welchem man das gesamte

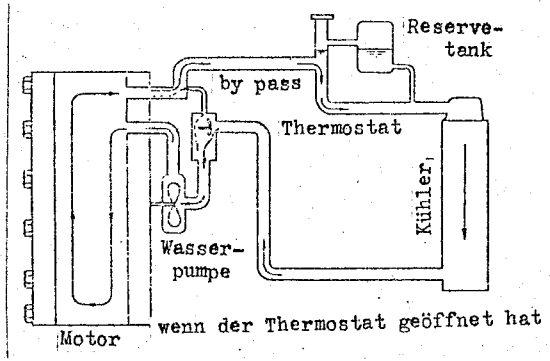


Abb.26 Die Zirkulationswege des Kühlwassers

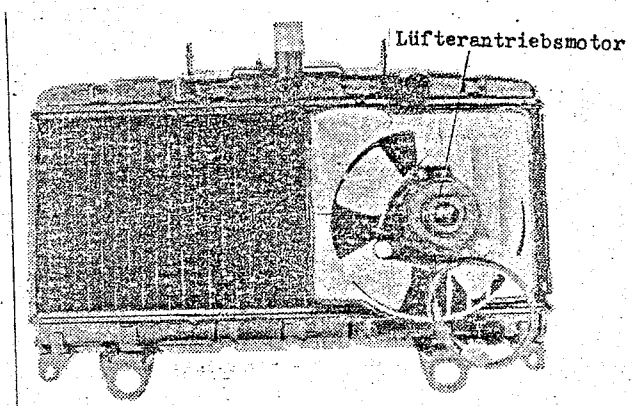


Abb.27 Der Lüfterantriebsmotor

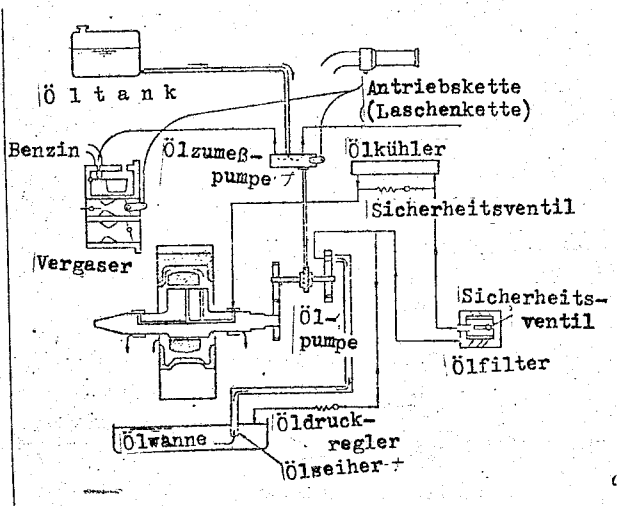


Abb.28 Das Schmiersystem

Gehäuse in gut ausgewogener Weise kühlen kann. Das Kühlwasser strömt zunächst durch die heißen Teile in der Nähe der Zündkerzen, sodann kühlt es die Umgebung des Auspuffschlitzes, durch welchen die Verbrennungsgase ausströmen, und zuletzt strömt es in dem Gehäuse in der Nähe des Ansaugschlitzes, der die niedrigste Temperatur hat, vorbei und vollendet, indem es so hin und her strömt, seinen Kreislauf in dem Gehäuse. Eine eingehende Untersuchung der Kühlwasserdurchströmmenge und der Anordnung der Rippen im Gehäuse hat ergeben, daß bei allen Betriebsbedingungen die höchste Temperatur der Außenhaut des Gehäuses auf 185°C heruntergedrückt wird.

4.10 Das Schmiersystem

Die Schmierung des Kreiskolbenmotors wird ganz groß unterteilt in die Schmierung der Gasdichtungselemente und die Schmierung der einzelnen Lager, welche gleichzeitig auch zur Kühlung des Läufers von innen her dient. Diese beiden Schmierungen arbeiten zwar mit einer und derselben Ölwanne, was jedoch das in die Arbeitskammer hineingeförderte Öl anbelangt, so muß ganz besonders darauf geachtet werden, daß im Interesse einer langen Lebensdauer und einer hohen Betriebszuverlässigkeit des Motors möglichst immer ganz frisches Öl zugeführt wird.

Die Abb.28 zeigt einen Schmierplan. Die Schmierung der einzelnen Dichtungen erfolgt, wie wir das bei einem Zweitakt-Zweiradfahrzeug im allgemeinen beobachten, dadurch, daß das Schmieröl einem besonderen am Fahrzeug befestigten Öltank entnommen und durch eine Zumeßölpumpe, ein Fabrikat der Firma Mikuni-Kogyo (Abb.29), zugemessen und in den Kanal, durch welchen das Benzin im oberen Teile der Schwimmerkammer des Vergasers einströmt, unter Druck gefördert und so mit dem Benzin vermischt wird. Die Steuerung der Fördermenge dieser

Pumpe erfolgt gekuppelt mit dem Gaspedal aufgrund des Gaspedalöffnungsgrades.

Die Zuführung des Öles für die Schmierung der Lager und für die Kühlung des Läufers geschieht dadurch, daß das sich in einer unter dem Motor vorgesehenen Ölwanne befindende Öl über ein Ölsieb mit Hilfe einer Trochoidenpumpe hochgesaugt, über ein Ölfilter und einen luftgekühlten, aus Aluminium hergestellten Ölkühler geleitet, dort gefiltert und gekühlt und dann dem Motor zugeführt wird, wo es unter Druck in die sich in der Exzenterwelle befindenden Kanäle gelangt. Wie das in der Abb.30 im Schnitt dargestellte Erzeugnis zeigt, besteht ein Teil des Ölkreislaufes aus einer in einem Aluminiumgußgehäuse untergebrachten Reglereinheit, in welche ein aus einer Feder und einem Kolben bestehendes Öldruckregelventil sowie ein Ölkühlersicherheitsventil eingebaut sind.

Als Ölfilter wird ein von der Firma Nippon Denso hergestelltes aus einer Filterpatrone bestehendes Ölfilter verwendet, von dem man eine vollkommene Reinigung des Öles erwarten kann und dessen Befestigungsort man unter Berücksichtigung seiner Betriebsfähigkeit gewählt hat.

Wir hatten uns entschlossen, für das Zumeßöl und für das Motorenöl ein und dieselbe Ölsorte zu verwenden; unsere sich über lange Zeit hinweg erstreckende gemeinsame Entwicklungsarbeit mit der Firma Mitsubishi Sekiyu hatte ergeben, daß das sowohl hinsichtlich der Wärmebeständigkeit wie auch hinsichtlich seiner Beständigkeit beim Reinigen hervorragende Kreiskolbenspezialöl als das Suzuki-Kreiskolbenmotoröl festgelegt wurde. Die Viskosität dieses Öles ist durch SAE 10W/40 festgelegt, und es besitzt den besonderen Vorzug, daß man durch Steuern seines Aschegehaltes die Ablagerungen äußerst gering halten kann.

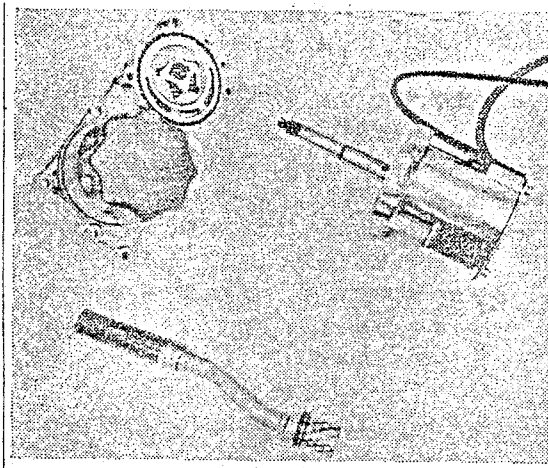


Abb.29 Ölpumpe und Ölfilter

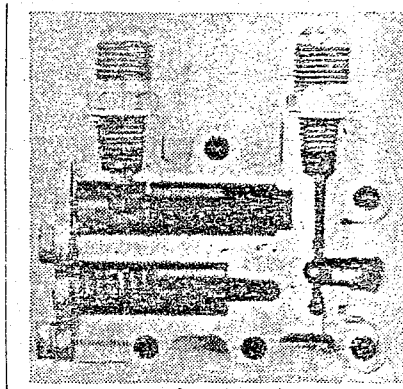
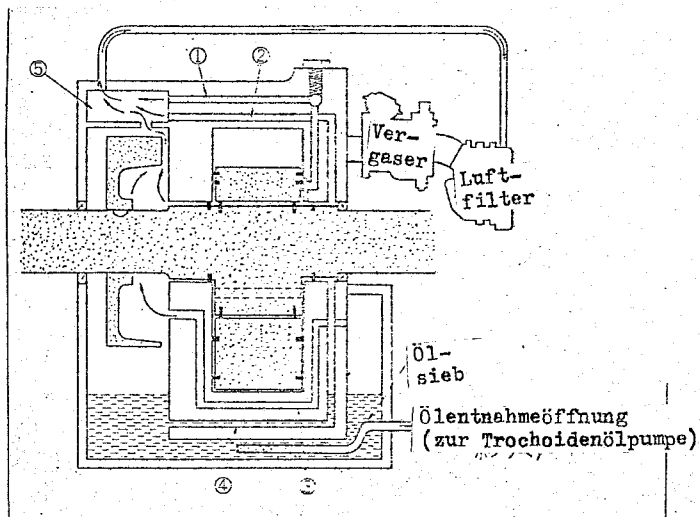


Abb.30 Der Druckregler, im Schnitt dargestellt



- (1) Kanal der Arbeitskammerdurchblasgase (über ein Rückschlag-ventil)
- (2) Kanal der am rechten Exzenterwellendichtungsring aus-leckenden Gase
- (3) Die Verbindung mit den Luftkammern rechts u.links über der Ölwanne herstellender Kanal
- (4) Kanal, durch welchen ausschließlich das Schmiermittel des rechten Exzenterwellenlagers zurückgeführt wird.
- (5) Kammer, in welcher sich die Durchblasgase sammeln

Abb.31 Die Rückführung der Durchblasgase

4.11 Die Einrichtung zum Zurückführen der Durchblasgase

Die Abb.31 zeigt die Einrichtung zum Zurückführen (recycling) der Durchblasgase (blow by gas). Nachdem die Durchblasgase auf die Öldichtungselemente eingewirkt haben, werden sie in einem mit einer Pufferwand versehenen Raum gesammelt, in welchem die beigemischten Ölbestandteile ausgeschieden werden, worauf ausschließlich die Gase durch einen Schlauch in das Luftfilter geleitet und so, ohne daß sie in die Atmosphäre ausströmen können, zurückgeführt werden.

5. Schlußwort

In dem vorliegenden Bericht sind alle wesentlichen Einzelheiten des in das Suzuki-RE-5 -Kreiskolbenmotor-Zweiradfahrzeug eingebauten Motors beschrieben worden.

Nachdem wir uns erstmals auf der ganzen Welt entschlossen hatten, ein Zweiradfahrzeug mit einem richtig gehenden Kreiskolbenmotor auszurüsten, sind nunmehr 4 Jahre vergangen und wir sind jetzt gerade dabei, die für den Ausfuhrmarkt fertiggestellten Fahrzeuge zum Versand zu bringen. In der Zwischenzeit ist nicht nur in allen Abteilungen unseres Werkes mit Hochdruck gearbeitet worden, sondern wir hatten auch das Glück, mit vielen mit uns in Verbindung stehenden Firmen positiv zusammenarbeiten zu dürfen, und wir wollen nicht versäumen, all diesen Firmen an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen, und in den Punkten, wo sich die Erwartungen noch nicht erfüllt haben, wollen hier unserer Entschlossenheit Ausdruck geben, durch weitere Entwicklung und Verbesserung in der Zukunft Ihren Wünschen zu entsprechen.

Heute, wo allenthalben der Ruf nach den Rohstoffquellen und nach der Reduzierung der Umweltverschmutzung laut wird, sind

wir der Meinung, daß unsere Anstrengung das geeignete Zweiradfahrzeug in die Welt hinauszusenden, in der Zukunft in noch höherem Maße fortgesetzt werden muß.