

Genehmigung Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift

herausgegeben durch "Nainen Kikan" (Die Brennkraftmaschine)

ausgegeben am Band 6, Heft Nr.61, Juli 1967, Seite 77 - 80

16

Der Matsuda-Cosmo-10A-Kreiskolbenmotor

von K.Yamamoto

Firma Toyo Kogyo K.K. Hiroshima

1. Vorwort

8 Jahre sind bereits vergangen, seit die Entwicklung des Wankel-Motors von der Firma NSU-Wankel in der ganzen Welt bekanntgemacht worden ist. In der Zwischenzeit haben nun aufbauend auf dem von den Firmen NSU und Wankel gelegten Grund 17 Firmen ⁱⁿ verschiedenen Ländern der Welt die Erforschung und Weiterentwicklung des Wankel-Motors betrieben.

Auch bei der Firma Toyo Kogyo hat man im Verlaufe der letzten 6 Jahre von der anfänglichen Grundlagenforschung an bis zu den Problemen, die der Wankel-Motor als Kraftfahrzeugmotor aufwarf, unzählige Versuche durchgeführt. So hat man im vergangenen Jahr mit dem Cosmo-Sportwagen auf Versuchsfahrten von über 600 000 km und auch Prüfungen außerhalb des Werkes erfolgreich durchgeführt und dabei die Dauerhaftigkeit des Wankel-Motors und seine Betriebszuverlässigkeit geprüft und hat dabei alle Erwartungen übersteigende Ergebnisse erzielt, aufgrund deren man sich entschlossen hat, vom Monat Juli an mit dem Verkauf zu beginnen.

Die Firma Toyo Kogyo ist somit die erste Firma auf der ganzen Welt, welche mit der Fertigung und dem Verkauf eines Zweikammer-Wankel-Motors begonnen hat.

Über die grundlegenden technischen Probleme des Wankel-Motors haben wir bereits im April-Heft 1967 dieser Zeit-

schrift berichtet.

In der vorliegenden Arbeit soll deshalb ausschließlich über die Konstruktion des Wankel-Motors für den Cosmo-Sportwagen berichtet werden.

2. Die grundsätzliche Konstruktion und die Leistung

Ganz zu Anfang sind bei unserer Firma sämtliche grundlegenden Probleme des Wankel-Motors mit einem Einkammer-Motor untersucht worden, danebenher hat man jedoch auch die besonderen Probleme, wie sie durch den Mehrkammermotor gegeben sind, parallel untersucht. Als Ergebnis dieser Forschungen sind wir zu dem Schluß gelangt, daß im Hinblick auf den reibungslosen Betrieb, wie er von einem Kraftfahrzeugmotor verlangt wird, der Zweikammermotor am besten geeignet ist und wir haben uns deshalb entschlossen, für den Cosmo-Sportwagen einen Motor mit nur 2 Kammern zu bauen. Auch das Volumen der einzelnen Kammer mit 491 ccm haben wir unter ganz spezieller Berücksichtigung der Verwendung des Motors für den Cosmo-Sportwagen gewählt.

Für Japan ist es das 1. Mal, daß ein Wankel-Motor hergestellt und verkauft wird; auch das Volumen war bisher im Ausland äußerst beschränkt und von den verschiedenen Elementen und Faktoren, die von diesem Motor verlangt werden, sind die Lebensdauer und die Betriebszuverlässigkeit die wichtigsten. Ausgehend von diesen Überlegungen haben wir also auch alle unsere Berechnungen und Konstruktionen grundlegend auf diese Punkte ausgerichtet.

Unsere Überlegungen über die Betriebsleistungskennlinien des Wankel-Motors haben wir auf einen Wankel-Motor bezogen,

wie er sich nach den bisher gebräuchlichen Gedankengängen leicht ergab; und wir waren der Ansicht, daß eine Leistungskennlinie, bei der man den Schwerpunkt auf eine gewisse Biegsamkeit und Wendigkeit legte, eher wünschenswert sei als eine außerordentlich scharfe Kennlinie. Ohne also vergeblich eine hohe Leistung zu verfolgen, sind wir zu einer Planung des Motors gekommen, bei welcher wir den Schwerpunkt in eine flexible Betriebscharakteristik und in eine leichte Steuerbarkeit beim Fahren gelegt haben. Bei alledem kann man aber doch sagen, daß der Wankel-Motor in technischer Hinsicht eine außerordentlich schwierige Konstruktion darstellt.

Die verschiedenen grundlegenden Daten des Motors sind folgende:

Erzeugungsradius (generating radius)	R = 101 mm
Exzentrizität (eccentricity)	e = 15 mm
Breite (width)	b = 60 mm
Parallelverschiebung (equi-distance)	a = 4 mm
Schwenkwinkel (leaning angle)	$\psi_{\max} = 26.5$
Kompressionsverhältnis (compression ratio)	$\epsilon = 9.4$
Volumen einer Kammer (chamber volume)	v = 491 ccm

$$\sin \psi_{\max} = 3e/R$$

$$v = 3 \sqrt{3} e \cdot (R+a) \cdot b$$

Die Abb.1 zeigt die Leistungskennlinien des Motors bei Vollast.

3. Die Konstruktion des Motors

3.1 Die Konstruktion des Gehäuses

Sämtliche Gehäuseteile des Wankel-Motors für den Cosmo-Sportwagen sind auf den Photoseiten am Eingang dieses Heftes abgebildet. Wir sehen dort von links nach rechts der Reihe nach angeordnet den Frontdeckel, das Frontgehäuse,

ein Läufergehäuse, das Zwischengehäuse, ein Läufergehäuse und das rückwärtige Gehäuse. Die hauptsächlichen Gehäuseunterteile bilden den Ölsumpf. Diese Gehäuseteile werden durch 19 Spannschrauben miteinander verbunden. Bei diesen Spannschrauben ist natürlich die Verringerung der Wärmespannungen des Gehäuses berücksichtigt worden.

In den Abb. 2 u. 3 ist das Kühlsystem dargestellt. Das Kühlwasser strömt nach dem Axialströmungssystem von den Teilen hoher Temperatur zu den Teilen niedriger Temperatur, dabei ist die Erreichung einer mittleren Temperatur zwar geplant, wie man jedoch aus der Abb. 3 ersehen kann, ist bei den Teilen der niedrigen Temperatur eine Vorwärmung durch einen Teil der Auspuffgase mit berücksichtigt worden. Um zwischen den Gehäuseteilen eine Abdichtung der Gase und des Kühlwassers zu erreichen, hat man O-Ringe aus wärmebeständigem Material verwendet. In den Seitengehäusen sind außer den Kanälen für das Kühlwasser auch noch die Kanäle für das Gasgemisch und die Kanäle für das Schmieröl untergebracht. Am Zwischengehäuse ist eine Reduktionseinrichtung für die durchblasenden (blow by) Gase angebracht, diese ist mit der Unterströmung des Luftfilters verbunden, beim seitlichen Einlaßsystem jedoch sind die zum Innern des Gehäuseumpfes hindurchblasenden Gase nur ganz gering.

a) Das Läufergehäuse: Das Gehäuse besteht aus Aluminium, auf den Flächen, auf welchen die Scheiteldichtungen gleiten, hat man eine Hartverchromung ausgeführt und die Fertigbearbeitung hat man nach einem der "Zahlenwertsteuerung" ähnlichen Verfahren durchgeführt. Die Form des Gehäuses hat man so ausgebildet, daß bei der Mengenfertigung eine

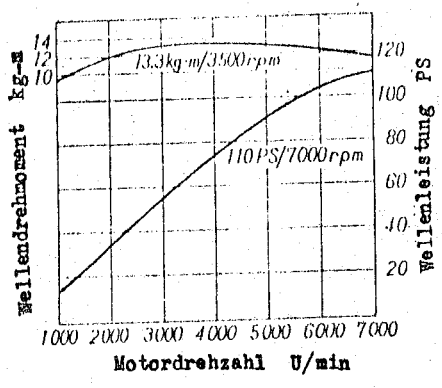


Abb. 1 Die Leistungskennlinien bei Vollast

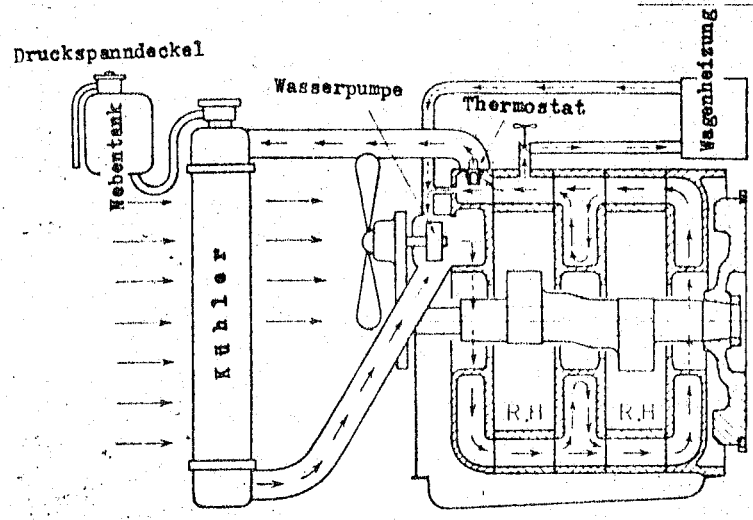


Abb. 2 Das Kühlsystem

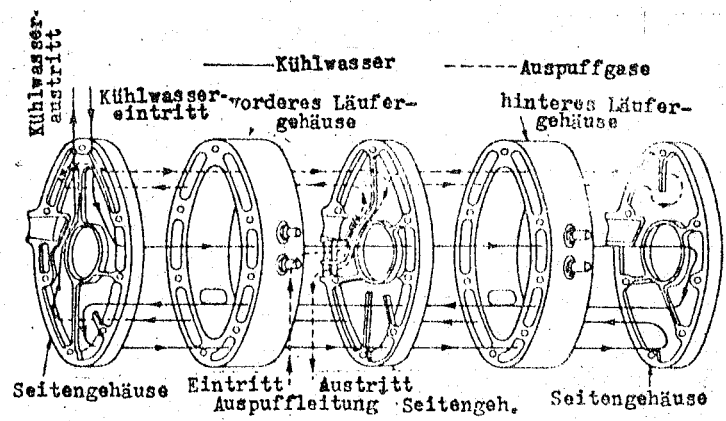


Abb. 3 Das Kühlsystem

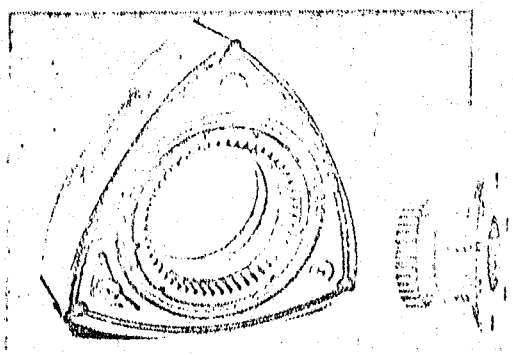


Abb. 4 Der Läufer und das feststehende Zahnrad

Herstellung im Druckgußverfahren möglich ist (die Einzelheiten der Konstruktion sind aus den Abbildungen zu ersehen).

b) Das Seitengehäuse: Auch das Seitengehäuse ist in Aluminium ausgeführt, auf die Flächen jedoch, auf denen die Seitendichtungen und die Öldichtungen gleiten, hat man hochkohlenstoffhaltigen Stahl aufgespritzt und dadurch eine ausreichend harte Schicht erhalten. Die ganz feine Porosität der aufgespritzten Fläche ist auch für das Festhalten des Schmieröles sehr zweckmäßig.

3.2 Der Läufer und seine Dichtungen

Für den in der Abb.4 gezeigten Läufer hat man ein Spezialgußeisen von hoher Zugfestigkeit verwendet. Am Läufer sind außer den Scheiteldichtungen auch noch an den Seitenflächen die Seitendichtungen und die Öldichtungen angebracht.

Die Scheiteldichtungen stellen den wichtigsten Teil dar, insbesondere ist die Wahl des Materiales für die Scheiteldichtungen als Kombination mit dem Material der Trochoidengleitflächen entscheidend für das Sein oder Nichtsein des Kreiskolbenmotors. Für die Scheiteldichtungen ist bei unserer Firma durch eine sich über eine Reihe von Jahren hinweg erstreckende intensive Forschung ein Spezialkohlematerial entwickelt worden, welches hinsichtlich seiner Festigkeit und hinsichtlich seiner Abriebverschleißbeständigkeit ausreichend gute Ergebnisse erbracht hat.

Bei den Seitendichtungen für das Spezialgußeisen hat man die Biegsamkeit (flexibility) ebenso wohl wie auch den Labyrintheffekt berücksichtigt.

Ganz allgemein ist es bei den Kreiskolbenmotoren außeror-

dentlich schwer, eine Verbindung zwischen den Scheiteldichtungen und den Seitenflächendichtungen, d.h. also ein durchgehendes Dichtungssystem zu bekommen, dieses Problem ist bei dem in der Abb.5 dargestellten wesentlichen Hauptpunkten des Wankel-Motors besonders sorgfältig behandelt worden.

Die Öldichtungen müssen außer dem Verhüten des Durchleckens des Öles auch noch die Aufgabe der Überwachung und Steuerung der Schmierung der Gleitflächen des Seitengehäuses übernehmen. Die Konstruktion der Öldichtungen unserer Firma ist in der Abb.6 dargestellt.

Das Innere des Läufers wird durch das Schmieröl gekühlt. Nachdem das Schmieröl seine Kühlaufgabe erfüllt hat, läuft es durch die sich im Gehäuse befindenden Kanäle wieder in den unteren Ölsumpf zurück.

3.3 Das feststehende Zahnrad und die Läuferverzahnung

Um die Planetenumlaufbewegung des Läufers zu erreichen, wird ein Zahnradgetriebe angewandt. Das feststehende Zahnrad hat 34 Zähne und den Modul 1,75, es trägt in seinem Innern ein Hauptlager und es ist am Seitengehäuse festgeschraubt. Die Läuferverzahnung besitzt 51 Zähne und ist durch Federstifte im Läufer starr befestigt. Für die Herstellung dieses Zahnradgetriebes wird ein Kohlenstoffstahl verwendet.

3.4 Die Exzenterwelle

Die Exzenterwelle besteht aus Chrommolybdänstahl. Die Lagerteile dieser Welle sind im Einsatz durch Aufkühlung gehärtet. Das aus den Läuferlagern herausspritzende Drucköl dient der Schmierung der Läuferlager und außerdem auch als

Tafel 1

Die wichtigsten Daten des 10A-Wankel-Motors

Der Motor

Art des Kreiskolbenmotors	NSU Wankelbauart
Typenbezeichnung	10 A
Art des Motors	Benzinmotor
Kühlsystem	Wasserkühlung
Zahl der Läufer	2 hintereinander geschaltete Läufer
Exzentrizität	15 mm
Anfangsradius (?)	101 mm
Parallelverschiebung	4 mm
Breite	60 mm
Volumen der einen Kammer	491 ccm
Kompressionsverhältnis	9.4
Kompressionsdruck	9.3 kg-cm ² bei 300 U/Min.
max.mittl.effektiver Druck	8.51 kg-cm ² bei 3500 U/Min.
maximale Leistung	110 PS bei 7000 U/Min.
maximales Drehmoment	13.3 kg-m bei 3500 U/Min.
kleinster Kraftstoffverbrauch bei Vollast	235 g/PS-h bei 4000 U/Min.
Abmessungen des Motors (Länge x Breite x Höhe)	510 x 595 x 545 mm
Gewicht des voll ausgerüsteten Motors	102 kg (samt Schmieröl)
Öffnungszeitpunkt der Ansaugöffnung	22° nach O.T.
Schließzeitpunkt der Ansaugöffnung	45° nach U.T.
Öffnungszeitpunkt der Auspufföffnung	71° vor U.T.
Schließzeitpunkt der Auspufföffnung	41° nach O.T.
Anlaßsystem	Anlaßmotor

Die Zündanlage

das Zündsystem	Batterie-Zündspule
die Zündzeitpunkte (Grad vor U.T./U/Min.)	T -7°/700 L +3°/700
Zündfolge	1-2
Typ der Zündspule	HP 5-10 F (für T u.L zus.)
Zündspulenhersteller	Sakagami Transformatoren
Verteilertyp	T TVB-2 A1, L TVB-2 A1
Verteiler-Hersteller	Mitsubishi Denki
Zündzeitpunkt-Vorverstelltyp	Fliehkraft u. Vakuum
Zündkerzentyp	(a) B-8EPD, (b) W25EPE-A (für beide Zündkerz.gleich)
Zündkerzenhersteller	(a) Nihon Tokusho Jigyo (b) Nippon Denso
Abmessungen d.Zündkerzen -Strecke	14 mm (a) 0.5 mm, (b) 0.6 mm

Kraftstoffanlage

Vergaserprinzip	Stromberg
Vergasertyp u. Anzahl	KCA 306, 1 Stück
Vergaserhersteller	Hitachi Seisakusho
Gasventildurchmesser	P: 26 mm, S: 30 mm
Venturidurchmesser	P: 21.13.6, 5mm, S: 28.10 mm
Bit-Durchmesser bei hohen Drehz.	P: 87 mm, S: 140 mm
Bit-Durchm. bei niedrig. Drehz.	P: 40 mm, S: 100 mm

Gebläserichtung	nach unten
Luftfilterbauart u. Anzahl	Papierfilter, 1 Stück
Luftfilterhersteller	Tokyo Roki
Kraftstoffpumpenbauart	Elektropumpe
Kraftstoffpumpenhersteller	Mitsubishi Denki
Fassungsvermögen des Hauptkraftstofftanks	57 l

Die Schmieranlage

Schmiersystem	Volldruckschmierung
Schmierölpumpentyp	Trochoidenzahnradpumpe
Typ der Ölreinigung	Papierfilter
Ölwannenfassungsvermögen	3.8 l
Ölkühlerbauart	Luftkühlung

Die Kühlanlage

Kühlsystem	zwangsläufige Zirkulation
Bauart des Wärmeabstrahlers	Druckwasserrohr
Kühlwassermenge (voll)	6.5 l
Bauart der Wasserpumpe	Fliehkraftpumpe
Art des Thermostaten	Wachs-Thermostat

Die Batterie

Batterietyp u. Anzahl	NS 60 L-1 Stück
Batteriespannung	12 Volt
Ampère-Stunden der Batterie	45 Ah (20 Stunden)

Die Lichtmaschine

Lichtmaschinentyp	AC 300/12 MR
Lichtmaschinenhersteller	Mitsubishi Denki
System der Stromerzeugung	Wechselstrom-System
Spannung der Lichtmaschine	12 Volt
Kapazität der Lichtmaschine	0.3 kW
Typ des Spannungs- u. Stromreglers	RL-P

Der Anlasser

Anlassertyp	MS 1.0/12 UL
Anlasserhersteller	Mitsubishi Denki
Spannung u. Leistung d. Anlassers	12 Volt - 1.0 kW

T: Zündkerze auf der trailing Seite

L: Zündkerze auf der leading Seite.

Kühlmittel für das Innere des Läufers.

Da der Läufer bei seiner Drehbewegung mit bezug auf die Mittellinie der Achse um eine gewisse Exzentrizität versetzt ist, muß beim Zusammenbau von Läufer und Welle das dynamische Gleichgewicht genommen werden, die Gegengewichte jedoch werden am vordern und am hinteren Ende der Exzente welle befestigt.

3.5 Das Ansaugsystem

Ausgehend von den grundlegenden Richtlinien für die Planung hat man mit Rücksicht auf die Flexibilität des Betriebszustandes das System der seitlichen Ansaugöffnungen gewählt.

Diese Ansaugöffnungen stellen mit bezug auf einen Läufer ein System der Doppelseitenöffnungen dar; das Kennzeichne dieses Systemes besteht darin, daß die eine Ansaugöffnung für niedrige Belastungen bestimmt ist, während die andere Öffnung als Ansaugöffnung für hohe Belastungen dient. Bei der für die niedrigen Drehzahlen bestimmten Ansaugleitung wird ein die Wärme der Auspuffgase ausnützendes Vorwärmsystem angewandt. Jeder Läufer hat sein eigenes für sich getrenntes Ansaugsystem.

Der Vergaser. Als Vergaser wird eine eigens für diesen Zweck konstruierte Vierkammer-Vergaserbauart verwendet, die Leerlaufeinstellung geschieht auf leichte Weise durch eine in der Mitte angebrachte Schraube. Das kontinuierlich Arbeiten des Vergasers bei niedrigen Lasten und bei hoher Belastung wird durch den Venturiunterdruck automatisch gesteuert.

3.6 Das Zündsystem

Wie man aus der Abb.7 ersieht, ist zu beiden Seiten der

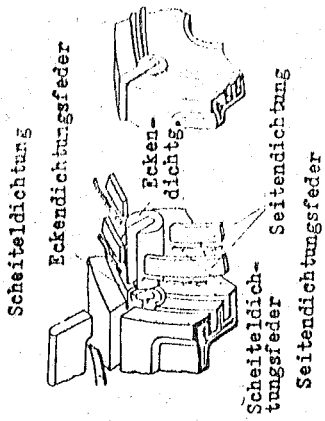


Abb.5 Die Konstruktion der Gasdichtungen

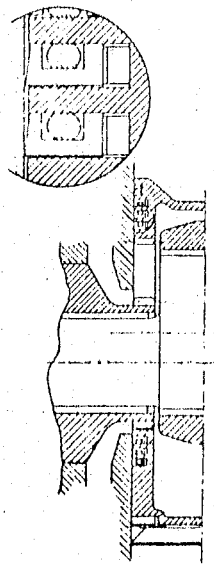


Abb.6 Die Konstruktion der Öldichtungen

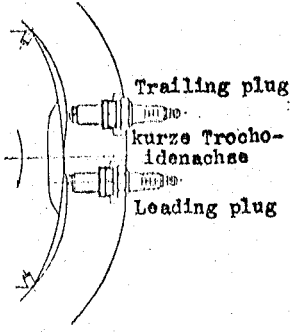


Abb.7 Die Anordnung der Zündkerzen

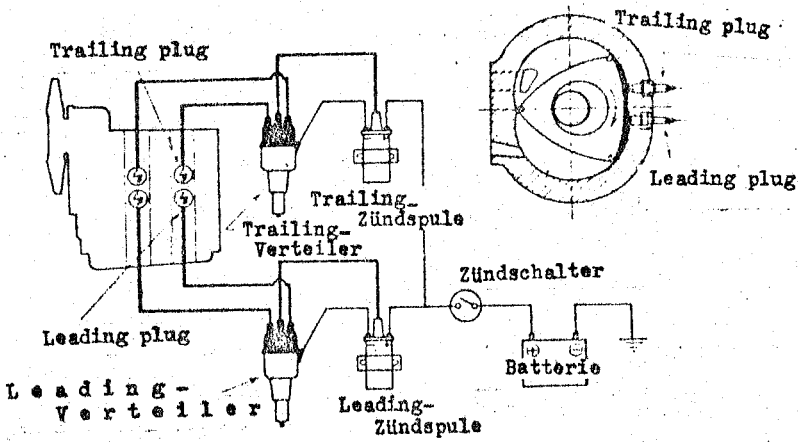


Abb.8 Das Zündsystem

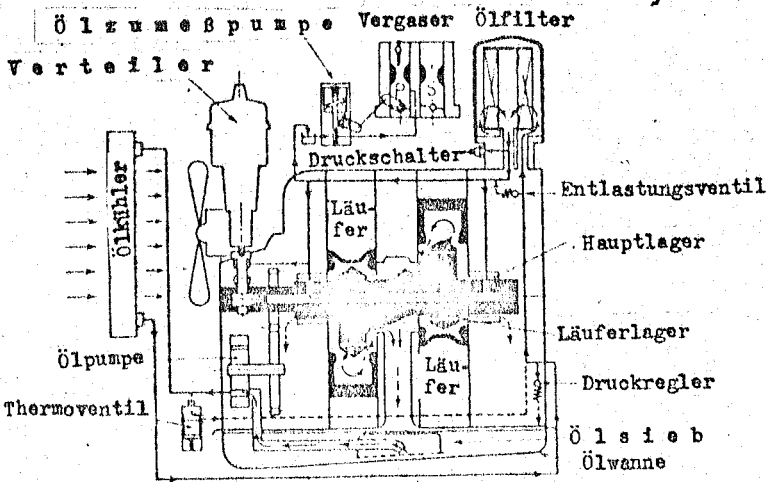


Abb.9 Das Schmiersystem

kurzen Achse des Läufergehäuses je eine Zündkerze angeordnet.

Die Verbindungsbohrung zwischen dem Elektrodenraum und der Trochoidenoberfläche hat auf der Schleppseite (trailing side) einen Durchmesser von 4.2 mm und auf der Führungsseite (leading side) einen Durchmesser von 12.5 mm. Die Zündkerzen sind von unserer Firma eigens für den Kreiskolbenmotor entwickelt worden. Die Abmessungen und die Wärmewerte dieser beiden Zündkerzen sind gleich, die Wärmewerte sind den Betriebsbedingungen entsprechend gewählt worden. Die Zündkerzen haben ein Gewinde von 14 mm und eine Einschraubtiefe (?) (reach) von 3/4 Zoll.

Für das Zündsystem hat man kein spezielles Verfahren verwendet. Da die beiden Zündvorstellwinkel verschieden sind, so braucht man 2 Verteiler, für beide Zündkerzen wird die Zündwinkelvorstellung durch die Fliehkraft und durch den Unterdruck in der Ansaugleitung gesteuert (vergleiche Abb.8).

3.7 Die Schmiereinrichtung

Die Abb.9 zeigt das Schmiersystem.

Der Ölsumpf faßt ungefähr 4 Liter. Da das Öl auch zur Kühlung des Läufers verwendet wird, ist auch ein Ölkühler vorhanden. Bei niedriger Öltemperatur läuft das Öl nicht durch den Ölkühler und wie man aus der Abbildung ersieht, wird die Umlaufbahn des Öles durch ein wärmeabhängiges Thermoventil gesteuert.

Die Schmierung der inneren Teile des Motors, insbesondere der Scheiteldichtungen und der Läufergleitflächen im Gehäuse erfolgt durch eine für die Schmierung bestimmte Haupt-

pumpe und außerdem noch durch eine Zumeßpumpe. Durch diese Zumeßpumpe wird die Schmierölmenge proportional zur Motordrehzahl und zur Drosselklappenöffnung einem sich in einer Primäröffnung (primary port) befindenden Drosselventil zugeführt. Dieses Öl wird gemeinsam mit dem sich im Ölsumpf befindenden Schmieröl verwendet.

4. Schlußwort

Da es verschiedene Konstruktionsformen des Wankel-Motors gibt, so sind die Eigenschaften des Motors, seine Leistung usw. durchaus nicht immer gleich. Bis heute ist zwar die öffentliche Beurteilung der einzelnen Teile eines Wankel-Motors nur in ganz geringem Umfang erfolgt, es besteht jedoch durchaus die Möglichkeit, vielerlei Formänderungen in Anwendung zu bringen. Auch ist man sich heute durchaus noch nicht im klaren, ob man bei den einzelnen Teilen des Motors hinsichtlich ihrer konstruktiven Planung, hinsichtlich des verwendeten Materiales und hinsichtlich der angewandten Bearbeitungsverfahren immer auf dem bisher eingeschlagenen Wege bleiben wird. Deshalb ist auch der hier beschriebene 10A-Kreiskolbenmotor unserer Firma, der in diesem Falle in den Cosmo-Sportwagen eingebaut wird, eben immer nur ein einzelner Typ unter den Wankel-Motoren.

Für den allerersten Verkauf des Wankel-Motors mußten wir uns bei unserer Firma zunächst einmal darauf beschränken, einfach einige der Bedingungen des Wankel-Motors herauszugreifen, in der Zukunft wird der Wankel-Motor weiter entwickelt werden und es werden Motoren hergestellt werden, die sich in ihrer Konstruktion und in ihren Betriebseigenschaften von dem heutigen unterscheiden.