

**Sperrfrist für Texte & Fotos: Dienstag, 13. August**

**100 Jahre Felix Wankel – Workshop Mazda RX-8**

---

1	Kurztext	<b>Der Mazda RX-8</b>
2	Felix Wankel	<b>Ein Mann und seine Maschine</b>
3	Motor	<b>Das Grundprinzip des Rotationskolbenmotors</b>
4	Renesis	<b>Der Mazda Renesis-Motor</b>
5	Kurzfassung	<b>Der Mazda Renesis-Motor</b>
6	Fakten	<b>Fragen und Antworten</b>
7	Zum Nachschlagen	<b>Rotary-Lexikon</b>
8	Vermischtes	<b>Kurioses und Motorsport</b>
9	Historie I	<b>Die klassischen Wankel-Fahrzeuge</b>
10	Historie II	<b>Alle Lizenznehmer</b>
11	Historie III	<b>Alle Fahrzeuge mit Rotationskolbenmotor</b>
12	Historie IV	<b>Alle Mazda-Kreiskolbenmotoren</b>

## **01 Kurzttext**

### **Der Mazda RX-8**

Der Mazda RX-8, der 2003 auf den Markt kommt, basiert auf dem Concept-Car RX-EVOLV, das erstmals im Oktober 1999 auf der Tokyo Motor Show gezeigt wurde. RX-8 und Renesis-Motor bilden eine revolutionäre Kombination: ein viertüriger Sportwagen mit einem auf Hochleistung getrimmten Rotationskolbenmotor.

Vier Türen hat der RX-8, und davon öffnen die beiden hinteren sich gegenläufig zur Fahrtrichtung. Dank dieses „Freestyle“ genannten Systems kann der RX-8 auf eine B-Säule verzichten: Die Fond-Türen sind auch hinten angeschlagen.

#### **Platz für Vier**

Vier Erwachsenen und deren Gepäck bietet er genügend Platz. Dennoch behält der RX-8 das Grundkonzept Sportwagen bei: Frontmotor, Heckantrieb und eine Linienführung, der man die sportliche Kompromisslosigkeit der Entwickler ansieht. Kurze Überhänge, markante Kotflügel und Stoßfänger sowie eine schwungvolle Motorhaube – der neue RX-8 zeigt sein Leistungspotenzial auch optisch. Der fünfeckige Kühlergrill als gemeinsames Familien-Merkmal aller Mazda-Fahrzeuge fungiert als Lufteinlass.

Bei der Entwicklung des Renesis-Motors standen drei Entwicklungsziele im Lastenheft. Er sollte eine entsprechende Leistung bringen wie das Biturbo-Aggregat 13B, eindeutige Priorität genossen jedoch ein geringerer Kraftstoffverbrauch und minimierte Schadstoffemissionen. Diese Ziele hat Mazda mit dem Renesis erreicht: Das wassergekühlte Aggregat mit zwei Scheiben und Kammern mit jeweils 654 Kubikzentimeter Volumen leistet ca. zwischen 176 kW

(240 PS) und 184 kW (250 PS) bei 8.500/min. Das maximale Drehmoment von 220 Newtonmetern liegt bei 7.500/min an, womit der Renesis der leistungsstärkste Rotationskolbenmotor ohne Turbolader ist. Der Renesis braucht 50 Prozent weniger Schmieröl und 40 Prozent weniger Treibstoff als sein Vorgänger. Auch das Problem der hohen Emissionen bei Rotationskolbenmotoren hat Mazda gelöst. Der Renesis emittiert weniger als 19 Gramm CO, 22 Gramm HC und 14 Gramm NOx und erfüllt damit die Grenzwerte der europäischen Abgasnorm EU 4.

#### Kompakter Motor

Der Rotationskolbenmotor baut außerordentlich kompakt. Mit allen Zusatzaggregaten ist der Renesis nur etwa so groß wie ein Vierzylinder-Reihenmotor. Der Motorblock selbst ist mit 338 Millimeter Höhe etwa ebenso hoch wie das Getriebe.

Dank der geringen Baugröße des Renesis-Triebwerks konnte die A-Säule weiter nach vorne gerückt und stärker geneigt werden. Durch den Einbau des Antriebs in Mittellage konnte der Motor noch weiter hinter der Vorderachse in Richtung Fahrzeugmitte platziert werden, als bei den sonst bei Mazda üblichen Konstruktionen mit Kreiskolbenmotoren.

Der kompakte Rotationskolben-Motor, der lange Radstand von 2,70 Meter und die raumsparenden Sportsitze ermöglichen großzügige Raumverhältnisse. Kopf-, Schulter- und Kniefreiheit können mit denen von konventionellen sportlichen Limousinen durchaus mithalten. Der RX-8 steht auf 18-Zoll-Felgen mit Reifen der Dimension 225/45 ZR 18, das Fahrwerk mit doppelten Dreieckslenkern sorgt für ausgezeichnetes Fahrverhalten. Ein Sechsgang-Schaltgetriebe, ABS und DSC gehören zur Sicherheitsausrüstung.

Der Mazda RX-8 verwendet zur Erhöhung der Steifigkeit einen Motorrahmen mit geschlossenem Querschnitt. Während die meisten Fahrzeuge mit vorn liegendem Motor und Hinterradantrieb für ausreichende Steifigkeit zwei Wellen mit Mittellager benötigen, erfordert der kurze Abstand zwischen Getriebe und differenzial nur eine aus Kohlenstoff-Komposit-Werkstoff bestehende Welle. Das spart Gewicht. Außerdem verwendet Mazda für Motorhaube und Kotflügel leichte Materialien wie Aluminium und Kunststoff.

#### Modernes und klassisches Interieur

Für das Interieur wählte Mazda eine Mischung aus Modernität und Tradition. Im Blickfeld des Fahrers befinden sich Drehzahlmesser und Tacho als klassische Rundinstrumente. Der Drehzahlmesser hat seine Null-Lage in 6-Uhr-Stellung, wie es für einen Motor mit hoher Drehzahl angemessen ist. Alle Bedienelemente sind leicht erreichbar. Die Oberseite der Mittelkonsole besteht aus Aluminium und betont das sportive Ambiente.

## 2 Felix Wankel

### **Ein Mann und seine Maschine**

Der Schock sitzt tief bei Kenichi Yamamoto, Direktor für Forschung und Entwicklung und später Chairman der Mazda Motor Corporation. Am 9. Oktober 1988 stirbt Dr. Felix Wankel, und Yamamotos Reaktion spiegelt die ganze Bedeutung des Erfinders des Rotationskolbenmotors wider: „Die Automobilwelt hat einen ihrer großen Ideengeber verloren.“ Zeit seines Lebens war er von Maschinen fasziniert, doch eine technische Ausbildung hat er nie genossen. Wankel war nie ein abstrakt denkender Wissenschaftler, sondern ein Tüftler, der ein höchst differenziertes und distanzierendes Verhältnis zur Mathematik hatte: „Mich stören die Formeln.“ Dennoch wurde er der Vater des Rotationskolbenmotors.

Am **13. August 1902** erblickt Felix Wankel im badischen Lahr das Licht der Welt.

**1908 - 1911** besucht er die Volksschule in Geisingen und Donaueschingen, danach das Gymnasium.

**1915** siedelt er mit seiner Mutter nach Heidelberg um. Er besucht dort das Gymnasium, wechselt später nach Weinheim und verlässt 1921 in der Unterprima die Schule, da er mit Mathematik und Physik auf Kriegsfuß steht. Anschließend beginnt er eine Lehre als Verlagskaufmann im Verlag von Carl Winter in Heidelberg. Häufig zieht er sich in das Buchlager zurück, liest Biographien über Technik- und Wissenschaftspioniere und holt sich Anregungen über Geräte und Maschinen, die er dann in seiner Werkstatt nachbaut.

**1924** richtet er im Abstellraum des Vaters eines Freundes in der Kleinschmittstraße 8 in Heidelberg eine Werkstatt ein. Er baut unter anderem ein stromlinienförmiges Dreirad und entwirft für eine Schmierapparatefabrik ein „Fettdurchfluss-Anzeigegerät“, in der zum ersten Mal ein später

„Kolbentragscheibe“ genanntes Teil und ein „Ringraum“ vorkommen. Aus dieser Zeit datieren erste Überlegungen, Benzinmotoren ohne hin- und hergehende Teile zu bauen.

**1926** wird ihm gekündigt. Wankel lernt den arbeitslosen Ingenieur Ernst Wolf kennen, der ihm bis 1936 beim Bau von Maschinenteilen und Abdichtungsversuchsvorrichtungen hilft, und ihm beibringt, seine Ideen in die exakte Form technischer Zeichnungen umzusetzen.

**1932** meldet Wankel sein erstes Patent zur Abdichtung des Verbrennungsraumes an. Der Drehkolbenmotor DKM 32 läuft nur kurz, liefert aber als Verdichter bei 1000/min schon 5 atü – ein Erfolg der ersten räumlich verlaufenden Dichtgrenze.

**1934** unterschreibt Wankel einen Vertrag mit BMW für die Entwicklung von Drehschiebersteuerungen für Automotoren, nachdem ihm zwei Tage vorher Daimler-Benz eine Absage erteilt hatte. Wankel entwirft und baut eine Walzensteuerung für einen Vierzylinder-Pkw-Motor, der später zwar zündet, dessen falsche Steuerzeiten aber noch keinen Freilauf zulassen. Im selben Jahr

schafft Wankel den technischen Durchbruch. In der Werkstatt „Schneider Automatenbau“ in Lahr, die ihm Material und Werkstatt unentgeltlich zur Verfügung stellt, läuft der Prototyp eines Kreiskolbenmotors. Zwei Jahre später wird das Reichsluftfahrtministerium auf Felix Wankel aufmerksam und bietet ihm die Einrichtung eines Motoreninstitutes in Lindau an. Wankel nimmt an und zieht mit seiner Frau an den Bodensee.

**1937 bis 1941** arbeitet er an vielen Projekten parallel: Versuchsvorrichtungen für Bandabdichtungen, Konstruktion eines regelbaren außenachsigen Drehkolbenverdichters, Gleitversuche für Geschwindigkeiten bis 300 m/s bei motorischer Befeuerung.

**1942** entsteht in der Bregenzerstraße 116 ein Entwicklungswerk zur Untersuchung und Erprobung mehrzylindrischer Flugmotoren. Außerdem beginnt die Entwicklung des Spaltgleitkufenbootes „Zisch 42“, das später mit mehr als 100 km/h über den Bodensee fahren soll.

**1943** beginnen die Versuchsarbeiten für Flugmotoren. Wankel baut Vorrichtungen für serienmäßige und austauschbare Dichtungsteile und schreibt einen Forschungsbericht über den „Stand der Drehschiebermotoren“. Von der Lilienthal-Gesellschaft erhält er eine Anerkennungsprämie für seine Arbeiten auf dem Abdichtungsgebiet.

**1944** absolviert ein Drehkolbenverdichter erfolgreich einen Probelauf auf dem Prüfstand. Der Einmarsch der Franzosen beendet Wankels Forschung. Sein Institut wird beschlagnahmt und Wankel für kurze Zeit inhaftiert.

**1945** demontierten die Franzosen Wankels Versuchswerkstätten.

**1949** baut Wankel in seinem Wohnhaus in Lindau eine Werkstatt mit Prüfstand und Zeichenbüro auf – die TES (Technische Entwicklungsstelle).

**1951** bekommt Wankel eine kuriose Absage von Opel: „Bessere Motoren als unsere gibt es nicht!“ Auch MAN, einst Förderer von Rudolph Diesel, reagiert negativ. Der technische Direktor der NSU-Werke, Dipl.-Ing. Dr. Viktor Frankenberger interessiert sich für Wankel und schickt Dr. Walter Froede, Chef der Entwicklungs- und Rennabteilung zur Kontaktaufnahme. Froede empfiehlt dem Vorstand, sich Wankels Mitarbeit für Drehschiebesteuern zu sichern. Wankels Passion für Rotationskolbenmaschinen und sogenannte Spaltgleitkufenboote verschweigt er.

**1954** entsteht nach dreijähriger Konstruktions- und Experimentierarbeit der erste für ein Fahrzeug vorgesehene Viertaktmotor mit kreisenden Kolben. Ihr Debüt gibt die Wankel-Konstruktion als Ladegebläse für einen Zweitaktmotor mit 50 Kubikzentimeter Hubraum und nimmt 1956 an einem Weltrekord teil: Mit dem NSU-Zweitakter erreicht der „Baumm'sche Liegestuhl“, eine Stromlinien-Zigarre auf zwei Rädern, eine Geschwindigkeit von 196 km/h.

**1957** läuft der erste Wankel-Verbrennungsmotor im Labor und wird von der Fachwelt als revolutionäre Entwicklung gefeiert. Der Versuchsmotor DKM 54, den Wankel gemeinsam mit NSU entwickelt, läuft im Februar 1957 erst kurz, aber nach Einregeln des Vergasers gleichmäßig und minutenlang. Nach konstruktiven Änderungen bis Ende 1957 leistet der 250 Kubikzentimeter große Motor 29 PS bei 17.000/min, kurzzeitig werden sogar 22.000/min registriert. Vier dieser Motoren werden gebaut, einer steht heute im Deutschen Museum. Zusammen mit dem Geschäftsmann Ernst Hutzenlaub gründet Wankel die Patentverwaltungsgesellschaft Wankel GmbH. Damit ist Wankel einer der wenigen Erfinder, der von Beteiligungen an den Lizenzeinnahmen bis zu seinem Tode sorgenfrei leben kann.

**1958** steigt der amerikanische Hersteller von Flugzeugtriebwerken Curtis Wright bei Wankel ein und baut in Lizenz Wankel-Flugzeugmotoren. Die ersten Autos mit Kreiskolben erscheinen 1960 als „Versuchs-Prinzen“ von NSU auf deutschen Straßen.

**1961** beginnt in Lindau nach Wankels Ideen der Bau der architektonisch einzigartigen Technischen Forschungs- und Entwicklungsstelle TES der Fraunhofer-Gesellschaft.

**1963** feiert das erste Wankel-Serien-Auto, ein NSU Spider, auf der Internationalen Automobil-Ausstellung in Frankfurt seine Premiere. Sein Kreiskolbenmotor schöpft aus einem Kammervolumen von 500 Kubikzentimeter eine Leistung von 37 kW/50 PS. Ein Jahr später geht der Motor in die Serienproduktion. 2.375 Spider werden insgesamt gefertigt und ihre leistungsgesteigerten Rennversionen fahren allen anderen Autos auf und davon.

**1967** erscheint mit dem legendären Mazda Cosmo das erste Wankel-Auto mit Zweischeiben-Motor.

**1968** baut NSU den Ro 80. Der Zweischeiben-Motor mit einem Liter Volumen und 81 kW/110 PS verleiht der frontgetriebenen Limousine eine Höchstgeschwindigkeit von 180 km/h. Das Fahrzeug ist zwar ungewöhnlich lauffähig, aber recht reparaturanfällig.

**Anfang der 70er Jahre** stehen die Lizenzinteressenten bei Wankel Schlange. Wankel schließt Verträge mit Daimler Benz und VW, Rolls Royce und Porsche, General Motors und Ford, Nissan, Mazda und Yamaha, Toyota, American Motors, Krupp und vielen anderen, darunter alle größeren Motorradproduzenten. Die Lizenzgewinne sind beträchtlich.

**1971** kauft der britische Konzern Lonrho Ltd. die Wankel GmbH.

**1974** kommen die Schwierigkeiten. Zwar werden die Probleme mit „Rattermarken“ auf den Gehäuse-Innenflächen und mit den Dichtleisten gelöst, doch die Erwartung, der Rotationskolbenmotor lasse sich preisgünstiger produzieren als der Hubkolbenmotor, erfüllt sich nicht. Steigende Kraftstoffpreise

während der ersten Energiekrise und verschärfte Abgasvorschriften in Amerika stoppen die Weiterentwicklung des Wankel-Motors. General Motors und Daimler-Benz geben weit gediehene Wankel-Projekte auf. Peugeot stoppt 1975 die gerade erst 1974 angelaufene Birotor-Produktion der Konzerntochter Citroën. Audi beendet zwei Jahre später die Produktion des von NSU übernommenen Ro 80. Von allen ursprünglichen Lizenznehmern baut allein Mazda einen nunmehr ausgereiften Rotationskolbenmotor in das Sportcoupé RX-7 ein. Bei den Motorradherstellern bleibt die britische Firma Norton für die heimischen Polizeimaschinen beim Wankel-Prinzip. Aber Wankel baut nicht nur für die Auto- und Motorradindustrie.

**1976** treibt eine 220 kW/299 PS starke Kreiskolbenmaschine das Motorboot „Zisch“ mit über 100 km/h über den Bodensee.

**1978** gelingt Wankel die Abdichtung des neuartigen Zweitakt-Drehkolben-Motors DKM 78, der im Vergleich zum herkömmlichen Viertakt-Kreiskolbenmotor (KKM) bei kleinerem Bauvolumen bedeutend mehr leistet und weniger verbraucht.

**1986** verkauft Felix Wankel sein Institut für 100 Millionen Mark an Daimler-Benz. Privat tüftelt er weiter an neuen Motorkonstruktionen und an einem mechanischen Kompressor. Einen Teil seiner Patenteinnahmen bringt Wankel in eine Schweizer Stiftung ein, die jährlich den schon 1972 ins Leben gerufenen Wankel-Tierschutzforschungspreis vergibt.

**Am 9. Oktober 1988** stirbt der Ehrendoktor der TH München Dr. h. c. Felix Wankel nach langer Krankheit in Heidelberg. Die Mazda Motor Corporation versichert, weiterhin Motoren ohne Ventile und Pleuel nach dem Wankel-Prinzip zu bauen.

Seit 1961 hat Mazda rund zwei Millionen Rotationskolbenmotoren gebaut – die meisten für den Sportwagen RX-7. Felix Wankel, der Mann ohne Ingenieurstitel und Führerschein, hat Automobilgeschichte geschrieben und hat seinen Platz neben den großen Motoringenieuren Nicolaus August Otto, Carl Benz, Gottlieb Daimler, Wilhelm Maybach und Rudolf Diesel.

### **Curriculum Vitae Felix Wankel**

13. 8. 1902	Wankel wird in Lahr bei Offenburg geboren
1920 - 1921	Gymnasium in Weinheim bei Heidelberg
1921 - 1926	Lehre als Verlagskaufmann
1924 - 1932	Erste Werkstatt, Bau einer Fahrmaschine (1927)
1928 - 1931	Abdichtungsversuche, auch Reparaturen
1933	1. Patentanmeldung einer Drehkolben-Maschine (DKM 32)
1934 - 1936	Forschungsauftrag von BMW (Drehschieber-Steuerungen, Rotationskolbenmotoren) in der Versuchsabteilung Lahr (Büro und Werkstatt im elterlichen Haus, Motorenprüfstand bei Firma Automatenbau)
1936 - 1945	Wankel-Versuchswerkstatt VVW in Lindau, Finanzierung durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt DVL; Arbeit an Drehschieber-, Walzendrehschieber- und Scheibendrehschieber-Steuerungen für Flugmotoren, Weiterarbeit an Drehkolben-Maschinen
1944	Versuchslauf eines Drehkolben-Verdichters
1945	Haft und Forschungsverbot durch die Alliierten
1951 - 1961	Technische Entwicklungsstelle TES Lindau (Wohnhaus Wankel). Auftragsarbeiten von Goetze, 1951 (Kolbenringe, Abdichtungen); NSU, 1951 (Drehschieber-Steuerungen); Borsig, 1953 (Rotationskolben Luftverdichter DKM 53); NSU, 1954 (Drehkolben-Motor DKM 54)

- 1956 NSU-Rekordfahrten (50 ccm Quickly, Baumm'scher Liegestuhl) mit Wankel- Drehkolben-Verdichter DKM 54
- 1957 Wankel-NSU-Drehkolben-Motor DKM 54 auf dem Prüfstand
- 1958 NSU-Kreiskolben-Motor KKM 57 auf dem Prüfstand
- 1960 Prototyp NSU Prinz mit KKM 250 (30 PS)
- 1961 Bau (nach Wankels Ideen) der architektonisch einzigartigen Technischen Forschungs- und Entwicklungsstelle TES der Fraunhofer-Gesellschaft, Lindau (1973 Kauf durch Wankel und Hutzenlaub)
- 1963 Veröffentlichung von Wankels „Einteilung der Rotationskolben-Maschinen“, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart
- 1964 - 1967 NSU Wankel Spider (KKM 502) – erstes Serienauto mit Rotationskolben-Motor
- 1967 Mazda Cosmo Sport – erstes Auto mit Zwei-Läufer-Kreiskolben-Motor
- 1967 - 1977 NSU Ro 80 (KKM 612) – erstes deutsches Auto mit Zwei-Läufer-Kreiskolben-Motor
- 1971 Verkauf der Wankel GmbH an Lonrho Ltd.
- 1971 Prototyp des hochseefähigen Wankel-Gleitflossen-Motorboots „Zisch“
- 1972 Stiftung des Felix-Wankel-Tierschutz-Forschungspreises
- 1976 Wankel-Museum in Lindau, ab 1984 in Gstaad/Schweiz
- 9. 10. 1988 Felix Wankel stirbt in Heidelberg

## **Ehrungen und Auszeichnungen für Felix Wankel**

1969	Ehrenzeichen des VDI (Verein Deutscher Ingenieure) in Gold. Verleihung der Ehrendoktorwürde "Dr. Ing. e. h." durch die Technische Hochschule München.
1970	Großes Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland
1971	Verleihung der Franklin-Medaille durch das Franklin-Institut, Philadelphia
1973	Verdienstorden des Landes Bayern
1981	Ehrenbürgerschaft seiner Geburtsstadt Lahr
1986	Goldener Ehrenring des Deutschen Museums München Diesel-Medaille in Gold des Deutschen Instituts für Erfindungswesen
1987	Verleihung der Soichiro-Honda-Medaille Ehrentitel „Professor h.c.“ durch das baden-württembergische Wissenschaftsministerium <b>3 Motor</b>

## **Grundprinzip des Rotationskolbenmotors**

Der Rotationskolbenmotor unterscheidet sich in seiner Funktionsweise grundlegend von allen konventionellen Verbrennungsmotoren. Bei herkömmlichen Hubkolbenmotoren wird eine translatorische Bewegung (Auf und Ab) in eine Drehbewegung an der Kurbelwelle umgesetzt. An dem einen Ende befindet sich die Brennkammer, am anderen die Kurbelwelle. Die Vibrationen, die durch die Auf- und Ab-Bewegungen und die Drehungen der Kurbelwelle entstehen, müssen durch ein Massenschwungrad ausgeglichen werden.

Physikalisch gesehen ist der Rotationskolbenmotor ein innenachsiges System mit einer parallelachsigen Lage der Drehachsen zweier rotierender Drehkörper. Der Kolben, oder auch Rotor oder Läufer genannt, ist beim Rotationskolbenmotor dreieckförmig, wobei seine drei gleich langen Seiten konvex gewölbt sind. Der Kolben rotiert im Stator, einem ovalen, in der Mitte leicht eingeschnürten

Gehäuse. Bei der Drehung des Kolbens liegen die drei Ecken ständig an der Gehäusewand an, wodurch der Mittelpunkt des Kolbens während der Rotation einen geschlossenen Kreis beschreibt.

An seinen drei Scheitelpunkten und an den Flanken, also an allen Berührungsflächen, ist der Rotor so gegen das Gehäuse abgedichtet, dass kein Gas von einer Arbeitskammer in die nächste überströmen kann. In die drei Ecken sowie die Seitenflächen des Kolbens sind Dichtelemente eingelassen. Dichtbolzen in Form von kurzen, zylindrischen Teilen, die mit kleinen Tellerfedern unterlegt sind, laufen an den Enden der Dichtleisten mit den seitlichen Dichtstreifen zusammen.

#### Das Arbeitsprinzip

Dem Arbeitsprinzip des Rotationskolbenmotor liegt die Epitrochoide zugrunde, die auf verschiedene Arten erzeugt werden kann. Sie entsteht beispielsweise beim Abrollen eines Kreises auf einem anderen Kreis mit doppeltem Radius. Dafür wird ein innerhalb des Abrollkreises gewählter Punkt fortlaufend markiert. Der Radius des Grundkreises entspricht dem Abstand vom Mittelpunkt des Rotationskolbens zu einer seiner Ecken (erzeugender Radius =  $R$ ). Der Abstand des gewählten Punktes (kurvenerzeugender Punkt) vom Mittelpunkt des Abrollkreises entspricht der Exzentrizität. Rollt der Abrollkreis innerhalb des Grundkreises ab, entsteht eine Hypotrochoide. Liegt der Punkt auf dem Umfang des Abrollkreises, entstehen entsprechend Epi- oder Hypozykloiden. Der Abrollkreis kann auch über dem Grundkreis hängen, etwa wie ein innenverzahntes Hohlrad über einem außenverzahnten kleineren Rad und ist somit dem innenachsigen Prinzip einer Rotationskolbenmaschine vergleichbar.

Die Trochoide, die tatsächlich im Motor entsteht, entspricht jedoch nicht der mathematisch erzeugten Kurve. Sie wird um ein kleines Maß nach außen verlegt, damit die Dichtleisten verschleißgünstiger der Trochoidenkontur folgen können. Das Maß für die Aequidistante entspricht dabei dem Radius der abgerundeten Leistenkuppe.

Der Rotor bewegt sich im Stator exzentrisch, und zwar so, dass die drei Ecken des Rotors bei jeder Drehung stets der Wand des Gehäuses folgen. Im Rotor selbst befindet sich ein Hohlrad mit Innenverzahnung, das sich auf einem am seitlichen Motorgehäuse befestigten Zahnrad abwälzt. Diese Verzahnung ist nötig, damit sich der Rotor während der Drehung ständig über seine Innenverzahnung auf dem fest stehenden Zahnrad abstützen kann und dabei gleichzeitig eine Drehbewegung auf die Exzenterwelle ausübt.

#### Drei Arbeitsräume

Auf diese Weise entstehen zwischen den drei Flanken des Rotors und der Innenfläche des Stators drei Arbeitsräume, deren Rauminhalt sich während einer Rotorumdrehung ständig ändert. Diese Funktionsweise macht Kurbelwelle und Ventile überflüssig, die einzigen bewegten Teile sind der Drehkolben und das angeschlossene Planetengetriebe. Diese Charakteristika führen zu dem geringen Gewicht und der geringen Baugröße des Rotationskolbenmotors.

Der Läufer ist das krafterzeugende, die Exzenterwelle das kraftabgebende Teil bei einem Rotationskolbenmotor. Die Exzenterwelle ist vergleichbar mit der Kurbelwelle des Ottomotors. Kolbenhohlrad und fest stehendes Ritzel haben ein Verhältnis der Zähne von 3:2, der Kolben dreht sich also mit zwei Drittel der Winkelgeschwindigkeit der Exzenterwelle. Bei einem Zweischeiben-Rotationskolbenmotor ergibt sich durch die um 180 Grad versetzten Exzenter eine bessere Laufruhe als bei einem Einscheibenmotor. Bei einem Dreischeiben-Rotationskolbenmotor wird die Laufruhe vergleichbar mit einem Achtzylinder-Hubkolbenmotor. Durch dieses Aneinanderreihen mehrerer Motorzellen lassen sich mit geringem Bauaufwand bei kleinen Motorabmessungen große Leistungen verwirklichen.

Während ein normaler Viertakter für zwei Umdrehungen der Kurbelwelle vier Arbeitstakte braucht, schafft der Rotationskolbenmotor alle vier Takte bei einer einzigen Umdrehung. Unwuchtkräfte treten fast nicht auf, da sich der Schwerpunkt des Kolbens in geringem Abstand um die Drehachse bewegt und der Kolben somit dynamisch ausgeglichen ist.

## **Das Viertaktprinzip**

Die Arbeitsweise des Rotationskolbenmotors entspricht dem Viertakt-Ottomotor-Prinzip. Dadurch, dass die drei Ecken des Rotors stets Kontakt zu den Statorwänden haben, entstehen Hohlräume. Beim Umlauf des Kolbens bilden dessen drei Kanten mit der Gehäusewand drei Kammern (A, B, C) mit variablem Volumen, in denen jeweils während einer Kolbendrehung ein vollständiger Viertaktprozess wie beim Ottomotor mit Ansaugen, Verdichten, Zünden und Ausstoßen abläuft. Die Einlass- und Auslassöffnungen in Form von Schlitzen werden während der Rotation vom Kolben selbst geöffnet und geschlossen. Infolge der überlagerten Kreis- und Drehbewegungen des Kolbens ändern die sichelförmigen Kammern ihre Volumina. Es spielen sich somit in den drei Kammern immer drei von vier Arbeitstakten gleichzeitig ab, und nach jeder vollen Kolbendrehung hat der Motor dreimal den kompletten Viertakt-Ottoprozess durchlaufen.

### **1. Takt (Ansaugen)**

Eine Rotorecke gibt beim Vorbeistreichen den Einlassschlitz frei. Das Kraftstoff-Luft-Gemisch strömt in die nachfolgende Kammer, und durch die Bewegung des Rotors vergrößert sich das Kammervolumen.

### **2. Takt (Verdichten)**

Bei der weiteren Drehung des Rotors verringert sich das Volumen der Kammer, in der sich das Gemisch befindet: Das Kraftstoff-Luft-Gemisch in ihr wird verdichtet.

### **3. Takt (Zünden)**

Das verdichtete Gemisch wird gezündet. Durch die Verbrennung dehnt sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch aus und dreht den Kolben, der wiederum die Exzenterwelle antreibt.

#### **4. Takt (Ausstoßen)**

Die erste Dichtleiste des Läufers streicht am Auslassschlitz vorbei und gibt ihn frei.

Dieses Arbeitsspiel vollzieht sich in allen drei Kammern gleichzeitig. Bei jeder vollen Umdrehung des Kolbens erfolgen somit drei Zündungen. Damit ist der Drehmomentverlauf eines Rotationskolbenmotors wesentlich gleichförmiger als bei einem Einzylinder-Ottomotor, bei dem nur eine Zündung pro zwei Kurbelwellenumdrehungen stattfindet.

4 Renesis

#### **Der neue Rotationskolbenmotor „Renesis“**

Die Bezeichnung „Renesis“ setzt sich zusammen aus der Abkürzung für Rotary Engine RE und der Schöpfungsgeschichte „Genesis“. Renesis steht für einen neuen technischen und konstruktiven Ansatz: Mazda hat die bekannten Konstruktionsformen des Rotationskolbenmotors neu konzipiert und revolutioniert.

Der Renesis ist eine weiterentwickelte Version des Rotationskolbenmotors MSP-RE (**M**ulti-**S**ide-**P**ort **R**otary **E**ngine), den Mazda in dem Konzept-Sportwagen RX-01 erstmals auf der Tokyo Motor Show 1995 der Öffentlichkeit vorstellte. Vier Jahre später auf der Tokyo Motor Show 1999 zeigte Mazda den Renesis-Motor in der viersitzigen Sportwagen-Konzeptstudie RX-EVOLV. Der Renesis ist die serienreife Endstufe der konsequenten Entwicklungsarbeit und treibt den neuen RX-8 an.

Bei der Entwicklung des Renesis standen drei Entwicklungsziele im Lastenheft:

- Eine entsprechende Leistung wie im aufgeladenen 13B Motor bei
- geringerem Kraftstoffverbrauch und minimierten Schadstoffemissionen.

Diese Ziele hat Mazda mit dem Renesis erreicht: Das wassergekühlte Aggregat mit zwei Scheiben und Kammern mit jeweils 654 Kubikzentimeter Volumen leistet ca. zwischen 176 (240 PS) und 184 kW (250 PS) bei 8.500/min. Das maximale Drehmoment von 220 Newtonmeter liegt bei 7.500/min an, womit der Renesis der leistungsstärkste Rotationskolbenmotor ohne Turbolader ist. Der Renesis benötigt 50 Prozent weniger Schmieröl und 40 Prozent weniger Treibstoff als sein Vorgänger. Auch das Problem der hohen Emissionen bei Rotationskolbenmotoren hat Mazda gelöst. Der Renesis emittiert weniger als 19 Gramm CO, 22 Gramm HC und 14 Gramm NOx und erfüllt damit die Grenzwerte der europäischen Abgasnorm EU 4.

### **Konstruktionsmerkmale**

Der Renesis unterscheidet sich in wesentlichen Konstruktionsmerkmalen grundlegend von herkömmlichen Rotationskolbenmotoren. Die Auslasskanäle, die bei konventionellen Rotationskolbenmotoren üblicherweise auf dem Trochoidgehäuse angebracht waren, befinden sich nun in der Seitenwand des Stators. Diese Anordnung vermeidet das unerwünschte Überlappen der Öffnung von Aus- und Einlasskanälen und erhöht dadurch den Wirkungsgrad erheblich. Außerdem sind die Einlassöffnungen um 30 Prozent größer und werden deutlich früher geöffnet als in bisherigen Konstruktionen. Im Gegenzug werden die fast doppelt so großen Auslassöffnungen mit geringerem Strömungswiderstand später freigegeben, was zu einem längeren Auslasstakt führt und eine deutlich verbesserte Wärmebilanz zur Folge hat.

### **Der Seitenauslass**

Mazda setzt seitlich im Gehäuse platzierte Auslässe ein. Beim Renesis-Motor werden weder Einlass- noch Auslasskanal durch den Mantel, also vom Umfang

her, geführt. Der Vorteil des Umfangeinlasses, die hohe Leistung, wird durch seine Nachteile, die große Überschneidung und das Schieberuckeln, aufgehoben.

Die Vorteile des Seitenauslasses sind evident: keine Überschneidung von Ein- und Auslass, kein Schieberuckeln, bessere Gemischaufbereitung und die einfachere Ölabdichtung des Läufers. Die Lauffläche des Stators besteht aus einer Chrom-Molybdän-Legierung. Der Mantel selbst ist aus Aluminium gegossen. Die Lauffläche wird von nur noch drei kleinen Löchern durchbrochen: zwei für die Zündkerzen und eins für die Ölzufuhr zu den Dichtleisten.

Der Ölversorgung kommen gleich zwei Funktionen zu. Sie ist unverzichtbar für die Schmierung und sichert gleichzeitig die Dichtigkeit. Das Öl zur Schmierung der ECKkantendichtungen des Kolbens wird direkt auf die Innenwände des Verbrennungsraums aufgebracht. Durch die Wahl von kurzen Ölwegen und geeigneten Düsen verbraucht der Renesis nur etwa halb so viel Öl wie herkömmliche Rotationskolbenmotoren. Die obere Zündkerze zündet durch einen Schusskanal. Die untere Kerze sitzt im Druckausgleichspunkt mit nahezu gleichem Druck zwischen den einzelnen Kammern und benötigt deshalb keinen Schusskanal.

### **Variable Ansaugsteuerung, elektronische Drosselklappen**

Üblicherweise verfügen Rotationskolbenmotoren über je einen Auslasskanal außen auf dem Trochoidgehäuse. Der Renesis jedoch ist mit zwei seitlichen Auslässen pro Rotor ausgestattet, die jeweils einen doppelt so großen Querschnitt wie herkömmliche Auslässe aufweisen. Diese Konfiguration verbessert nicht nur den Fluss der Abgase, sondern erlaubt die verzögerte Öffnung des Auslasskanals. Die Einlassöffnungen werden früher als bisher, die Auslassöffnungen dagegen später freigegeben: Das Ergebnis sind ein verlängerter Zündtakt und ein höherer thermischer Wirkungsgrad – beides kommt der Verbrauchsminderung zugute.

Der Renesis arbeitet mit einem variablen 6PI-Ansaugsystem (Six Port Induction) mit drei Einlasskanälen für jeden der beiden Rotoren. Elektromotoren betätigen die Lamellenventile an den Einlasskanälen jedes Rotors, die so die Dynamik der einströmenden Luft zur Aufladung nutzen und den Füllungsgrad erhöhen. Darüber hinaus besitzt der Renesis zwei elektronische Drosselklappen, die die Drosselklappenbefehle in elektronische Signale umsetzen. Dies ermöglicht eine höchst akkurate und direkte Steuerung der Ventile. Schließlich ist das neu entwickelte und harzbehandelte Ansaugrohr leichter und auf optimale Strömungseigenschaften hin konstruiert, um Luftwiderstand und Ansaugverluste auf ein Minimum zu reduzieren.

Der Renesis besitzt neue Einspritzdüsen, die den Kraftstoff ultrafein zerstäuben. Hochleistungszündkerzen sorgen für die bessere Zündung des Gemischs. Diese Verbindung von ultrafeiner Zerstäubung und kraftvoller Zündung führt zu einer nahezu vollständigen Verbrennung – und damit direkt zu einem höheren Wirkungsgrad und niedrigen Emissionen. Der doppelwandige Auspuffkrümmer hält die Abgastemperaturen hoch und verkürzt auf diese Weise die Kaltlaufphase des Katalysators.

### **Flaches Nass-Sumpf-Schmiersystem**

Das neue flache Nass-Sumpf-Schmiersystem verfügt über eine nur 40 Millimeter tiefe Ölwanne. Das ist nur halb so viel wie bei einem bisher üblichen Rotationskolbenmotor. Daher kann der gesamte Antriebsstrang – und damit der Fahrzeugschwerpunkt – niedriger gelegt werden. Versuche mit Trockensumpf-Konstruktionen hat Mazda nach intensiven Kosten-, Gewichts- und Zuverlässigkeitsvergleichen zugunsten des Nass-Sumpf-Schmiersystems aufgegeben.

### **Kompakter Leichtbau**

Das komplette Renesis-Aggregat ist 30 Prozent leichter und kompakter als der Bi-Turbo-Motor 13B-REW des RX-7. Mit allen Zusatzaggregaten ist der Renesis

nur etwa so groß wie ein Vierzylinder-Reihenmotor. Der Motorblock selbst ist nur 338 Millimeter hoch und damit etwa ebenso hoch wie das Getriebe. Der Motor des RX-8 befindet sich 140 Millimeter näher am Cockpit als das Triebwerk des RX-7. Diese Einbauposition ermöglicht die ideale Achslastverteilung von 50:50, die sich vorteilhaft auf das Fahrverhalten auswirkt. Das geringe Motorgewicht und die optimale Einbauposition verleihen dem RX-8 exzellente Wendigkeit und Leistungsfähigkeit auch unter verschärften Bedingungen.

### **Effizienz auf höchstem Niveau**

Der Renesis ist der elegante Kompromiss zwischen hohem Leistungspotenzial einerseits und niedrigem Kraftstoffverbrauch sowie geringem Schadstoffausstoß andererseits. Die Technologie des Seitenauslasses kann auch akustisch überzeugen. Anders als Rotationskolbenmotoren mit peripheren Auslasskanälen erzeugt der Renesis klare und transparente Geräusche in hohen Frequenzlagen und einen sonoren Sound bei tieferen Frequenzen. Der Renesis überzeugt daher nicht nur mit seiner ungemein gleichmäßigen Kraftentfaltung, er klingt auch genau so, wie man es von einem Sportwagentriebwerk erwartet.

5 Kurzfassung

### **Der Mazda „Renesis“**

Die Bezeichnung „Renesis“ setzt sich zusammen aus der Abkürzung für Rotary Engine RE und der Schöpfungsgeschichte „Genesis“. Renesis steht für einen neuen technischen und konstruktiven Ansatz: Mazda hat den Rotationskolbenmotor neu konzipiert und revolutioniert. Der Renesis ist der elegante Kompromiss zwischen hohem Leistungspotenzial einerseits und niedrigem Kraftstoffverbrauch sowie geringem Schadstoffausstoß andererseits.

Basis für die Entwicklung war der Rotationskolbenmotor MSP-RE (**M**ulti-**S**ide-**P**ort **R**otary **E**ngine), den Mazda in dem Konzept-Sportwagen RX-01 erstmals auf der Toyo Motor Show 1995 und vier Jahre später auf der Tokyo Motor Show 1999 in der viersitzigen Sportwagen-Konzeptstudie RX-EVOLV der Öffentlichkeit

vorstellte. Der Renesis ist die serienreife Endstufe der konsequenten Entwicklungsarbeit und treibt den neuen RX-8 an.

Bei der Entwicklung des Renesis standen drei Ziele im Lastenheft. Er sollte eine entsprechende Leistung bringen wie das Biturbo-Aggregat 13B, eindeutige Priorität genossen jedoch ein geringerer Kraftstoffverbrauch und minimierte Schadstoffemissionen. Diese Ziele hat Mazda mit dem Renesis erreicht: Das wassergekühlte Aggregat mit zwei Scheiben und Kammern mit jeweils 654 Kubikzentimeter Volumen leistet ca. zwischen 176 (240 PS) und 184 kW (250 PS) bei 8.500/min. Das maximale Drehmoment von 220 Newtonmetern liegt bei 7.500/min an, womit der Renesis der leistungsstärkste Rotationskolbenmotor ohne Turbolader ist. Der Renesis braucht 50 Prozent weniger Schmieröl und 40 Prozent weniger Treibstoff als sein Vorgänger. Auch das Problem der hohen Emissionen bei Rotationskolbenmotoren hat Mazda gelöst. Der Renesis emittiert weniger als 19 Gramm CO, 22 Gramm HC und 14 Gramm NOx und erfüllt damit die Grenzwerte der europäischen Abgasnorm EU 4.

Der Renesis unterscheidet sich in wesentlichen Konstruktionsmerkmalen grundlegend von herkömmlichen Rotationskolbenmotoren. Mazda setzt beim Renesis die Seitenauslasstechnologie ein, was die unerwünschte Überlappung der Öffnung von Aus- und Einlasskanälen vermeidet und den Wirkungsgrad erheblich erhöht. Außerdem sind die Einlassöffnungen um 30 Prozent größer und werden deutlich früher geöffnet als bisher. Im Gegenzug werden die fast doppelt so großen Auslassöffnungen mit geringerem Strömungswiderstand später freigegeben, was zu einem längeren Auslasstakt führt und eine deutlich verbesserte Wärmebilanz zur Folge hat.

Die Vorteile des Seitenauslasses sind evident: keine Überschneidung von Ein- und Auslass, kein Schieberuckeln, bessere Gemischaufbereitung und die einfachere Ölabdichtung des Läufers. Durch den Seitenauslass wird der Austritt unverbrannter Kohlenwasserstoffe aus dem Brennraum in die Auslassöffnungen verhindert. Die Restgase werden vielmehr in den nächsten Verbrennungszyklus

mit hinüber genommen und verbrannt, was die Emissionen drastisch verringert. Das neuartige Kraftstoff-Öl-Dichtungssystem enthält Abscheideventile und wurde speziell auf die Seitenauslasskonfiguration hin entwickelt. Möglich wurde die Serieneinführung der Seitenauslasstechnik aber erst jetzt durch die Verwendung von Keramikportlinern zur Auskleidung der seitlichen Auslasskanäle.

Der Renesis arbeitet mit einem variablen 6PI-Ansaugsystem (Six Port Induction) mit drei Einlasskanälen für jeden der beiden Rotoren. Darüber hinaus besitzt der Renesis zwei elektronische Drosselklappen. Neue Einspritzdüsen zerstäuben den Kraftstoff ultrafein und Hochleistungszündkerzen sorgen für eine bessere Zündung des Gemischs. Der doppelwandige Auspuffkrümmer hält die Abgastemperaturen hoch und verkürzt auf diese Weise die Kaltlaufphase des zweistufigen Katalysators. Das neue flache Nass-Sumpf-Schmiersystem verfügt über eine nur 40 Millimeter tiefe Ölwanne. Das ist nur halb so viel wie bei einem bisher üblichen Rotationskolbenmotor. Das Öl zur Schmierung der Eckkantendichtungen des Kolbens wird direkt auf die Innenwände des Verbrennungsraums aufgebracht. Durch die Wahl von kurzen Ölwegen und geeigneten Düsen verbraucht der Renesis nur etwa halb so viel Öl wie herkömmliche Rotationskolbenmotoren.

Das komplette Renesis-Aggregat ist 30 Prozent leichter und kompakter als der Bi-Turbo-Motor 13B-REW des RX-7. Mit allen Zusatzaggregaten ist der Renesis nur etwa so groß wie ein Vierzylinder-Reihenmotor. Der Motorblock selbst ist nur 338 Millimeter hoch und damit etwa ebenso hoch wie das Getriebe. Der Motor des RX-8 befindet sich 140 Millimeter näher am Cockpit als das Triebwerk des RX-7. Diese Einbauposition ermöglicht die ideale Achslastverteilung von 50:50, die sich vorteilhaft auf das Fahrverhalten auswirkt. Das geringe Motorgewicht und die optimale Einbauposition verleihen dem RX-8 exzellente Wendigkeit und Leistungsfähigkeit auch unter verschärften Bedingungen.

Auch akustisch kann der Renesis glänzen. Er erfreut mit klaren und transparenten Geräuschen in hohen Frequenzlagen und einem sonoren Sound

bei tieferen Frequenzen. Daher überzeugt der Renesis nicht nur mit seiner ungemein gleichmäßigen Kraftentfaltung, sondern er klingt auch genau so, wie man es von einem Sportwagentriebwerk erwartet. 2003 kommt der Mazda RX-8 mit dem Renesis-Triebwerk auf den Markt.

## **6 Fakten**

Fragen und Antworten

### **Wofür steht der Name Renesis?**

Die Bezeichnung „Renesis“ setzt sich zusammen aus der Abkürzung für Rotary Engine RE und der Schöpfungsgeschichte „Genesis“ und soll symbolisch andeuten, dass hier ein neuartiger Rotationskolbenmotor entstand. Renesis ist eine verbesserte Version des Rotationskolbenmotors MSP-RE, der im Konzept-Sportwagen RX-01 auf der Tokyo Motorshow 1995 vorgestellt wurde. Eine weiter entwickelte Version befand sich im viersitzigen Sportwagen RX-EVOLV, der 1999 auf der Tokyo Motor Show zu sehen war.

### **Welches sind die Vorteile des Rotationskolbenmotors?**

1. Geringeres Gewicht
2. Kompakte Bauweise
3. Vibrationsarmut
4. Höhere Leistung
5. Größere Zuverlässigkeit

### **Warum hält Mazda als einziger Hersteller dem Rotationskolbenmotor die Treue?**

Weil Rotationskolbenmotoren im Vergleich zu Hubkolbenmotoren kompakter bauen und gerade im Sportwageneinsatz von Vorteil sind. Mazda hat mit dem 787B, der einen Vierscheiben-Wankel mit 515 kW/700 PS unter der Haube hatte, 1991 die 24 Stunden von Le Mans gewonnen. Mazda besitzt die Lizenz schon seit 1961 und hat seither die technische Machbarkeit des Prinzips Wankel in der Großserie bewiesen.

### **Hat Mazda relevante Stückzahlen gebaut?**

Mazda hat bis März 2002 1.800.637 Fahrzeuge mit Rotationskolbenmotoren hergestellt und verkauft, darunter allein 810.000 Fahrzeuge der Baureihe RX-7.

### **Warum hat sich der Rotationskolbenmotor bisher nicht allgemein durchgesetzt?**

Es gab Vorurteile hinsichtlich Effizienz und Sauberkeit der Rotationskolbenmotoren. In der Vergangenheit war der spezifische Kraftstoffverbrauch deutlich höher als beim Hubkolbenmotor, es gab Probleme mit den Emissionen und anfangs auch Schwierigkeiten mit der Dichtigkeit und Langlebigkeit der Motoren. Das alles machte den Rotationskolbenmotor für die breite Masse der Kunden unattraktiv.

### **Sind diese Probleme heute gelöst?**

Ja, der Renesis kennt diese Probleme nicht. Er verfügt über zwei Auslassöffnungen und drei Einlassöffnungen pro Kammer. Durch den Seitenauslass im Renesis wird der Austritt unverbrannter Kohlenwasserstoffe aus dem Verbrennungsraum in die Auslassöffnungen verhindert. Wegen der hohen Kompression und neuartiger Zerstäuber zur Gemischaufbereitung wird eine nahezu vollständige Verbrennung über den gesamten Drehzahlbereich erzielt. Daraus ergibt sich die für einen Sportwagen nötige Leistung bei deutlich verringertem Kraftstoffverbrauch.

### **Welches sind die Eckdaten des Renesis?**

Die Leistung des Renesis beträgt ca. zwischen 176 (240 PS) und 184 kW (250 PS) bei 8.500/min., das maximale Drehmoment 220 Nm bei 7.500/min. Die Kolben sind 14 Prozent leichter als beim RX-7. Dadurch verringert sich das Massen-Trägheitsmoment und verhilft dem Motor zu einer höheren Leistung, die einem aufgeladenen Kreiskolbenmotoren mit linearer Leistungskurve bei niedrigen und hohen Drehzahlen nahe kommt. Durch den Wegfall der überlappenden Freigabe von Einlass- und Auslassöffnungen läuft der Renesis mit einem sehr mageren Gemisch. Mit allen Nebenaggregaten ist der Renesis

etwa so groß wie ein Vierzylinder-Reihenmotor. Der Motorblock selbst ist nur 338 Millimeter hoch und damit etwa ebenso hoch wie das Getriebe. Das flache Nass-Sumpf-Schmiersystem verfügt über eine nur 40 Millimeter tiefe Ölwanne. Das ist nur halb so viel wie bei einem bisher üblichen Rotationskolbenmotor. Der komplette Renesis-Motor ist 30 Prozent leichter und kompakter als der RX-7-Turbomotor 13B-REW und verbraucht im Leerlauf 40 Prozent weniger Kraftstoff.

### **Eignet sich der Rotationskolbenmotor für alternative Kraftstoffe?**

Mazda forscht in der Reihe der HRX-Motoren mit Wasserstoff als Antriebsenergie für den Rotationskolbenmotor. Wasserstoffbetrieb als Kraftstoff ist in Kombination mit dem Rotationskolbenmotor von höchstem Interesse. Das Hauptproblem bei Wasserstoff sind spontane Entzündungen an heißen Motorenteilen. Bei Hubkolbenmotoren sind dies die Auslassventile. Beim Rotationskolbenmotor sind Einlass- und Auslasstrakt räumlich getrennt und bei entsprechender Auslegung der Ein- und Auslässe in keiner Phase des Arbeitsspiels miteinander verbunden. Daher können die spontanen H<sub>2</sub>-Verbrennungen, die schon viele Hubkolben-Versuchsmotoren haben explodieren lassen, beim Rotationskolbenmotor nicht stattfinden. Mazda hat bisher zwei Versuchsfahrzeuge mit Wasserstoffantrieb realisiert – den HRX-2 und den HRX-4. Die Leistung des HRX-2 beträgt 96 kW/130PS bei einem Kammervolumen von zwei mal 650 Kubikzentimetern Kammervolumen.

### **Wo hat der Rotationskolbenmotor künftig Chancen, sich durchzusetzen?**

Mazda sieht im Automobilbau gute Chancen. Da sich der thermische Wirkungsgrad des Rotationskolbenmotors mit steigender Drehzahl erhöht und der Motor vibrationsfrei läuft, bietet er sich für den Sportwagenbau an. Das belegt auch der Renesis, der jetzt im Sportwagen RX-8 auf den Markt kommt, auf eindrucksvolle Weise.

7 Zum Nachschlagen

## **Rotationslexikon**

**Aequidistante** - die im Motor verwirklichte Trochoide (siehe unten) entspricht nicht der mathematisch erzeugten Kurve. Sie wird um einen kleinen Betrag nach außen verlegt, damit die im Kreiskolben untergebrachten Dichtleisten verschleißgünstiger der Trochoidenkontur folgen können. Das Maß für die Aequidistante entspricht dem Radius der abgerundeten Leistenkuppe.

**Außenachsig** - parallel zueinander liegende Drehachsen zweier rotierender Körper, die wie zwei miteinander kämmende, außenverzahnte Zahnräder im Eingriff sind.

**Corioliskraft** - (benannt nach dem französischen Mathematiker Gustave Gaspard Coriolis 1792-1843). Beim Durchlaufen der Trochoideneinsattelung treten beim Kreiskolbenmotor nach innen gerichtete Fliehkräfte auf. Zu diesen kommen wegen der wechselnden Gleitgeschwindigkeit der Dichtleisten Corioliskräfte hinzu. Diese wirken zusätzlich und abweichend zur Fliehkraft auf während der Rotation bewegliche Teile ein, wie beispielsweise die Dichtleisten.

**Dichtbolzen** - zylindrisches Teil, in dem die Enden der Dichtleisten und die seitlichen Dichtstreifen zusammenlaufen.

**Dichtgrenze** - Verlauf einer Abdichtung entsprechend der zu schließenden Spalten

**Dichtleiste** - ein- oder mehrteiliges Dichtelement an den drei Ecken (Kanten) des Kolbens, auch Scheitelleiste, Radialdichtung oder radiale Dichtleiste genannt. Dichtet zwei benachbarte Kammern gegeneinander ab.

**Dichtstreifen** - bogenförmige Dichtleiste auf beiden Stirnseiten des Kolbens. Auch Axialdichtung genannt.

**Drehkolbenmotor (DKM)** - besitzt mehrere Drehkörper, die wie ein Rad nur um ihren Mittelpunkt (Schwerpunkt) gleichförmig rotieren. Kurbel (Exzenter) wie beim Kreiskolbenmotor (KKM) entfällt. Höchste Drehzahlen sind möglich, es gab innen- und außenachsige Ausführungen. DKM werden heute nicht mehr gebaut.

**Einsattelung** - die Stellen, an denen die Trochoide wie bei einer >8< eingeschnürt ist.

**Epitrochoide** - siehe Trochoide

**Erzeugender Radius** - siehe Trochoide

**Exzenterwelle** - Drehachse mit exzentrisch (außermittig) gelagertem scheibenförmigen Körper, auf dem der Kreiskolben gelagert ist. Vergleichbar mit der Kurbel einer Kurbelwelle. Drei Umdrehungen der Exzenterwelle entsprechen einer Umdrehung des Kolbens.

**Exzentrizität** - Abstand zwischen den Mittelpunkten von Exzenterwelle und Exzenter. Entspricht dem „Hub“ der Kurbelwelle. Wichtigstes Maß zur Erzeugung von raumveränderlichen Trochoidenmaschinen.

**Gleitgeschwindigkeit** - Geschwindigkeit der Dichtleiste beim Gleiten entlang der Trochoide. Der Kolbengeschwindigkeit beim Hubkolbenmotor vergleichbar. Entsprechend der Trochoidenkontur wechselt die Gleitgeschwindigkeit bei gleichbleibender Exzenterwellendrehzahl ständig.

**Heißer Bogen** - Zone der Trochoide, die nur von heißem Gas bestrichen wird

**Hohlrad** - innenverzahntes Steuerzahnrad im Kreiskolben. Wälzt sich um außenverzahntes kleines Zahnrad ab, das fest mit dem Gehäuseseitenteil verbunden ist. Erst dadurch wird die Kolbenbewegung erzwungen.

**Hypotrochoide** - siehe Trochoide

**Innenachsig** - parallelachsige Lage der Drehachsen zweier rotierender Drehkörper wie bei zwei verschieden großen, ineinanderkämmenden Zahnrädern. Der Rotationskolbenmotor ist ein innenachsiges System mit einer parallelachsigen Lage der Drehachsen zweier rotierender Drehkörper.

**K-Faktor** - Kennwert für die Gestaltung des Kreiskolbenmotors. Verhältnis von erzeugendem Radius (siehe Trochoide) und Exzentrizität. Der K-Faktor beeinflusst Verdichtung, Einsattelung, Dichtleistenschwenkwinkel, Kolbengröße oder Exzenterwellendurchmesser. Alle Werte hängen mathematisch miteinander zusammen, wird einer geändert, ändern sich auch die anderen.

**Kolbenmulde** - Wenn sich eine Kolbenflanke mittig an der Einsattelung der Trochoide befindet, bestünde ohne Mulde keine Verbindung zwischen beiden Teilkammern. Lage und Form der Kolbenmulde kann zur Verbesserung des Wirkungsgrades variiert werden.

**Kreiskolben** - dreieckförmiger, die Leistung übertragendes Teil beim Wankelmotor, auch als Läufer, Kolbenläufer, Rotor oder einfach Kolben bezeichnet. Kreist mit dem rotierenden Exzenter der Exzenterwelle und dreht sich dabei durch eine Zahnradsteuerung (Hohlrad und Ritzel) um sich selbst. Die drei Ecken werden auch Kanten, die beiden Seiten auch Stirnseiten und die drei Schenkel auch Flanken genannt.

**Kreiskolbenmotor (KKM)** - entsteht aus dem Drehkolbenmotor durch kinematische Umkehrung. Der Außenläufer wird stillgesetzt. Nun muss der Mittelpunkt des Innenläufers kreisen, um die für das Viertaktprinzip notwendigen veränderlichen Räume zu erzeugen. Dafür muss seine Drehachse von einem Exzenter geführt werden.

**kurvenerzeugender Punkt** - der Punkt, der zur Erzeugung einer Trochoide (Epitrochoide) auf einem Kreis gewählt wird, der auf einem anderen Kreis abrollt. Die Verbindung der Punkte ergibt die Trochoide.

**kurze Achse** - Abstand vom Mittelpunkt zur engsten Stelle der Einsattelung der Trochoide

**lange Achse** - längster Abstand vom Mittelpunkt der Trochoide. Setzt sich aus Exzentrizität und erzeugendem Radius zusammen.

**Läufer** - anderer Ausdruck für rotierendes Teil (siehe Kolben)

**Lauffläche** - auf der Lauffläche setzt der rotierende Kolben auf. Die Lauffläche besteht aus einer Chrom-Molybdän-Legierung. Molybdän ist eines der wenigen Materialien, bei denen keine Rattermarken auftreten. Besonders in den Anfangsjahren waren diese riffelartigen Verschleißerscheinungen auf der Lauffläche durch Reibschwingungen der Scheitelleisten symptomatisch für den Rotationskolbenmotor.

**Mantel** - beim Wankelmotor umschließendes Gehäusemittelteil mit der Trochoidenlaufbahn

**Mitteldruck** - mittlerer, auf die Kolbenfläche wirkender Verbrennungsdruck, gemessen in  $\text{kp/cm}^2$ . Maß für die Berechnung von Drehmoment und Leistung und somit auch für den Wirkungsgrad.

**Öldichtung** - Abdichtung der beiden Kolbenstirnseiten gegenüber dem im Kolben befindlichen Kühlöl

**Portliner** - Portliner werden beim Renesis-Motor zur Auskleidung der seitlichen Auslasskanäle eingesetzt. Grundstoff für Portliner ist Aluminiumtitanat – die stöchiometrische Mischphase von Aluminiumoxid und Titandioxid. Niedrige

Wärmeleitfähigkeit, sehr niedrige Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine damit verbundene sehr hohe Temperaturbeständigkeit sowie offene Porosität kennzeichnen das Material. Besonders die offene Porosität ist für die Verwendung im Motorenbau wichtig. Sie resultiert aus einer Besonderheit bei der Abkühlung. Dabei entstehen kritische innere Spannungen, die zu mikroskopisch kleinen Rissen führen. Beim Aufheizen heilen die Risse des Materials teilweise wieder aus.

**Rattermarken** - riffelartige Verschleißerscheinungen auf der Lauffläche

**Renesis** - setzt sich zusammen aus der Abkürzung für Rotary Engine RE und der Schöpfungsgeschichte „Genesis“. Der Begriff soll exemplarisch erhellen, dass Mazda die bekannten Konstruktionsformen der Kreiskolbenmotors neu konzipiert und revolutioniert hat.

**Rotationskolbenmotor** - Oberbegriff für Dreh- und Kreiskolbenmotor

**Rotor** - anderer Begriff für rotierenden Kolben oder Läufer

**Scheitelleiste** - siehe Dichtleiste

**Seitendichtung** - Abdichtung des Kolbens gegenüber den beiden Seitenteilen des Gehäuses, auch stirnseitige oder axiale Abdichtung genannt.

**Seitenauslass** - Beim Renesis-Motor sind die Auslassöffnung seitlich angeordnet und so gestaltet, dass das unverbrannte Gemisch von der Kolbenflanke über den Totpunkt hinweg zum nächsten Einlasstakt mitgeführt wird. Dadurch geht dieser Anteil an Energie nicht verloren. Verbrauch und Emissionen sinken.

**Seiteneinlass** - Zuführung des Frischgases durch das Seitenteil. Man entgeht damit zu großer Überschneidung mit dem Gasauslass in der Trochoide.

**Six Port Induction** - Mechanismus zur Ansaugzeitänderung, bei dem jedem Kolben drei variable Einlassöffnungen zugewiesen sind. Das System gibt bestimmte Einlassöffnungen erst bei hohen Drehzahlen frei. Damit wird der dynamische Einlasseffekt zur Optimierung der Kompression bei hohen und niedrigen Drehzahlen genutzt.

**Stator** - ovales, in der Mitte leicht eingeschnürtes Gehäuse

**Trochoide** - Trochoide kommt von griechisch trochos – das Rad. Übliche Abkürzung für z. B. Epi- oder Hypotrochoide. Die dem Rotationskolbenmotor zugrunde liegende Epitrochoide kann auf verschiedene Arten erzeugt werden. Sie entsteht beispielsweise beim Abrollen eines Kreises auf einem anderen Kreis mit doppeltem Radius. Dafür wird ein innerhalb des Abrollkreises gewählter Punkt fortlaufend markiert. Der Radius des Grundkreises entspricht dem Abstand vom Mittelpunkt des Kreiskolbens zu einer seiner Ecken. Der Abstand des gewählten Punktes (kurvenerzeugender Punkt) vom Mittelpunkt des Abrollkreises entspricht der Exzentrizität. Rollt der Abrollkreis innerhalb des Grundkreises ab, entsteht eine Hypotrochoide. Liegt der Punkt auf dem Umfang des Abrollkreises, entstehen entsprechend Epi- oder Hypozykloiden.

**Umfangsauslass** - Gasauslass in der Trochoide. Normalerweise werden die Gemischreste und die unverbrannten Abgasanteile über den Umfangsauslass ausgeschoben und verschlechtern die Emissionen. Da beim Renesis die Auslassöffnung dagegen seitlich angeordnet und so gestaltet sind, dass das unverbrannte Gemisch von der Kolbenflanke über den Totpunkt hinweg zum nächsten Einlasstakt mitgeführt wird, geht dieser Anteil an Energie nicht verloren. Verbrauch und die Emissionen sinken.

**Umfangseinlass** - Gaseinlass in der Trochoide. Bewirkt bessere Kammerfüllung, verursacht aber Gasüberschneidung mit benachbartem Gasauslass.

**Zwickel** - nachlaufende Kolbenflanke

8 Vermischtes

## **Kuriosa und Motorsport**

### **Der fliegende Liegestuhl**

Lange vor der Serienfertigung von Rotationskolbenmotoren hatte ein Rotationskolbenkompressor von Wankel bereits entscheidenden Anteil an mehreren Weltmeistertiteln. 1951 überraschte der Graphiker Gustav Adolf Baumm die Welt mit seiner Vorstellung eines Fahrzeugs für Geschwindigkeitsweltrekorde. Dabei liegt der Fahrer auf dem Rücken in einem zigarrenförmigen und extrem niedrigen, zweirädrigen, stromlinienförmigen Fahrzeug. Baumm konnte NSU für sein Vorhaben gewinnen und stieg als freier Mitarbeiter in das Konstruktionsteam ein.

Mit BAUMM I und BAUMM II – beide Fahrzeuge waren nur rund 75 Zentimeter hoch, was ihnen den Spitznamen „fliegender Liegestuhl“ einbrachte – fuhr Baumm im April 1954 elf neue Geschwindigkeitsweltrekorde in den Klassen zwischen 50 und 175 Kubikzentimeter ein. BAUMM I wurde von einem 49-ccm-Zweitaktmotor mit 3,4 PS angetrieben und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 127 km/h. Der Viertakter BAUMM II leistete 7,2 PS aus 98 ccm Hubraum und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 178 km/h. Im Mai 1955 fielen 22 neue Weltrekorde. Felix Wankel steuerte einen Rotationskolbenkompressor bei, und damit erreichte der 49-ccm-Zweitaktmotor eine Höchstgeschwindigkeit von 151 km/h. BAUMM II mit einem 18 PS starken 125-ccm-NSU-Rennmotor schaffte 218 km/h Spitzengeschwindigkeit. Damit wurden sogar die alten Rekordmarken für die 250-ccm-Klasse übertroffen. 1955 kam Baumm auf dem Nürburgring von der Strecke ab und verunglückte im Alter von nur 34 Jahren tödlich.

### **General Motors auf Wankel-Wegen**

1970 erwarb General Motors für 50 Millionen Dollar auf Drängen seines technisch interessierten Präsidenten Ed Cole eine Wankel-Lizenz. Geplant war ein Rotationskolbenmotor mit zwei und vier Rotoren, der im Chevrolet Corvette zum Einsatz kommen sollte. Am 14. Januar 1972 wurde die Karosserie des XP-895 Show Cars mit Mittelmotor zu Pininfarina nach Italien eingeschifft. Bis 1976

folgten noch andere Modelle wie die Corvette XP-897GT mit Birotor, die 1973 in Frankfurt ausgestellt wurde. Am 24. September 1974 stellte Ed Cole weitere Versuche mit Rotationskolbenmotoren ein, da GM die Emissionen nicht in den Griff bekam. Noch im selben Monat erklärte der GM-Chef seinen Rücktritt.

### **Felix Wankels Mercedes SL**

Felix Wankel hätte gerne einen Mercedes C 111 besessen. Aber die Stuttgarter erfüllten dem Erfinder seinen Wunsch nicht. Also griff er zur Selbsthilfe und baute den von Daimler-Benz für den C 111 entwickelten Vierscheibenmotor in einen serienmäßigen 350 SL ein. Im Sommer 1972 war das Fahrzeug fertig: Felix Wankel konnte als Beifahrer im schnellsten SL der damaligen Zeit Platz nehmen. Schließlich besaß er selbst keinen Führerschein. Der Motor wog mit 180 Kilogramm 60 Kilogramm weniger als der serienmäßige 3,5-Liter-Achtzylinder. Dafür war seine Leistung deutlich höher: 320 PS bei 6500/min leistete das Aggregat mit 4x600 Kubikzentimeter Kammervolumen und einer Bosch-Benzineinspritzung. In nur 6,9 Sekunden beschleunigte der 350 SL Wankel von 0 auf 100 km/h und weiter bis auf eine Höchstgeschwindigkeit von 240 km/h. Die äußeren Unterschiede zum Serien-SL sind marginal. Nur der Ölkühler unterhalb der Stoßstange sowie das Wankel-Embleme an Front- und Heckhaube deuten auf das Rotationskolbenprinzip hin.

### **Der Bergmeister**

1966 gewann Karlheinz Pannowitz auf einem NSU Wankel Spider die Deutsche Grand-Tourisme-Rallye-Meisterschaft. 1967 wurde Siegfried Spieß auf dem NSU Wankel Spider Deutscher Automobilbergmeister aller Hubraumklassen und Kategorien.

### **Die Sieger der 24 Stunden von Le Mans**

Bertrand Gachot, Johnny Herbert und Volker Weidler teilten sich abwechselnd im Juni 1991 das Cockpit des Mazda 787B. Mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 205,133 km/h auf einer Gesamtstrecke von 4.923,2 Kilometer gewann das Team die 24 Stunden von Le Mans. Damit war Mazda der einzige japanische

Hersteller, der dieses Rennen mit einem Rotationskolbenmotor gewann. Der Motor verfügt über ein Kammervolumen von 4 x 654 Kubikzentimeter. In der Le Mans-Ausführung leistet er 515 kW/700 PS bei 9.000/min, sein maximales Drehmoment von 607 Nm liegt bei 6.500/min. Das Aggregat verfügt über stufenlos verstellbare Saugrohre sowie drei Kerzen pro Kammer. Die Lauffläche und die Dichtleisten bestehen aus Keramik.

### **Der kleinste Wankel der Welt**

Der zur Zeit kleinste Wankelmotor der Welt arbeitet an der Universität Berkeley Kalifornien, USA, wird mit Butan oder Propan betrieben und leistet 2,5 Watt. Anvisiert sind 30 Watt. Sein Kammervolumen beträgt 77,5 Kubikmillimeter. Das System arbeitet mit Selbst- oder Plasmajet-Zündung und normaler oder katalytischer Verbrennung.

## 9 Historie I

### **Die Klassiker mit Wankelmotor**

#### **Mazda Cosmo 110 Sport**

Der Cosmo 110 S war das erste Serienauto von Mazda mit Wankelmotor und ging 1967 in Produktion. Der Motor 10A verfügte über ein Kammervolumen von 2 x 491 ccm, entwickelte 110 PS bei 7000/min und ein maximales Drehmoment von 142 Nm bei 5000/min. Mantel und Seitenteile bestanden komplett aus Aluminium. Die Mantellauffläche war hart verchromt, die Seitenteile mit Stahl und Molybdän beschichtet. Insgesamt baute Mazda von 1967 bis 1972 exakt 1176 Cosmo 110 Sport.

#### **Mazda R 100**

Der Mazda R 100 lief zwischen 1968 und 1973 genau 95.891 Mal vom Band. Er basierte auf dem RX-85, den Mazda auf der Tokyo Motor Show 1967 vorstellte. Im R 100 verrichtete der Rotationskolbenmotor 10A mit einem Kammervolumen von zwei mal 491 Kubikzentimeter seinen Dienst. Er leistete 74 kW/100 PS bei 7000/min und entwickelte sein maximales Drehmoment von 130 Nm bei 3500/min. Die Kraft gelangte über ein Vierganggetriebe an die Räder. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 180 km/h.

#### **Mazda R 130**

Das R 130 Coupé (Luce) wurde 1969 eingeführt. Das Coupé basierte auf dem Prototyp RX-87, der 1967 auf der 15. Tokyo Motorshow vorgestellt wurde. Der 13A Motor mit einem Kammervolumen von zwei mal 654 Kubikzentimeter erreichte eine Leistung von 126 PS bei 6000/min, sein maximales Drehmoment lag bei 171 Nm bei 3500/min.

#### **Mazda RX-2**

Den RX-2 Capella rüstete Mazda mit dem 12A Rotationskolbenmotor aus. Der Capella war das erste Wankelmodell, das nach Europa (Schweiz) geliefert wurde. Der Motor leistete 120 PS bei 6500/min und verfügte über ein maximales

Drehmoment von 156 Nm bei 3500/min. Ab Mai 1970 wurde der RX-2 verkauft und blieb bis 1978 im Programm. Fünf Personen fanden bequem im RX-2 Platz. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 190km/h. Für den RX-2 hatte Mazda ein manuelles Viergangschaltgetriebe und eine Vollautomatik im Angebot.

### **Mazda RX-3**

1971 führte Mazda den RX-3 als Viertürer und als Coupé ein. Er war das erste Mazda-Wankelauto, das nach Deutschland exportiert wurde. 1972 folgte dann noch eine Kombiversion mit Automatikgetriebe. Als Motor kam der 10A Wankelmotor mit zwei mal 491 Kubikzentimeter Kammervolumen zum Einsatz. 105 PS bei 7000/min und ein maximales Drehmoment von 134 Nm bei 3500/min standen zur Verfügung. Die GT-Version wurde mit dem 12A Wankelmotor und Fünfgang-Schaltgetriebe ausgerüstet. Der leistete 120PS bei 6500/min und verfügte über ein maximales Drehmoment von 156 Nm bei 3500/min.

## 10 Historie II

### **Alle Wankel-Lizenznehmer**

21.10.1958	Curtiss & Wright Corp.	ohne Einschränkung
29.12.1960	Fichtel & Sachs AG Industrie	Benzinmotoren 0,5-30 PS für Boote
25.02.1961	Yanmar Diesel Co. Ltd.	Benzinmotoren 1-100 PS, Dieselmotoren 1-300 PS
27.02.1961	Toyo Kogyo, Co. Ltd. (Mazda)	Benzinmotoren 1-200 PS für Landfahrzeuge
04.10.1961	Klöckner-Humboldt-Deutz AG	Dieselmotoren ohne Einschränkung
26.10.1961	Daimler-Benz AG	Benzinmotoren ab 50 PS aufwärts
30.10.1961	MAN AG	Dieselmotoren ohne Einschränkung
02.11.1961	Fried. Krupp	Dieselmotoren ohne Einschränkung
12.03.1964	Daimler-Benz AG	Dieselmotoren ohne Einschränkung
15.04.1964	S.p.A Alfa Romeo	Benzinmotoren 50-300 PS Pkw
17.02.1965	Rolls-Royce Motors Ltd.	Diesel- und Hybridmotoren 100-850 PS
02.03.1965	Dr. Ing. h.c. Porsche KG	Benzinmotoren von 50-1000 PS
01.03.1966	Outboard Marine Corp.	Benzinmotoren 50-400 PS
11.05.1967	Comotor S.A.	Benzin- und Dieselmotoren ohne Einschränkung
12.09.1967	Graupner	Benzinmotoren 0,1-3 PS
28.08.1969	Savkel Ltd.	Benzinmotoren 0,5-30 PS, Industriemotoren
01.10.1970	NISSAN Motor Company Ltd.	Benzinmotoren 80-120 PS
10.11.1970	General Motors	Benzinmotoren ohne Einschränkung
24.11.1970	SUZUKI	Benzinmotoren 20-60 PS für Zweiräder
25.05.1971	TOYOTA	Benzinmotoren 75-150 PS für Pkw



## 11 Historie III

### **Alle Fahrzeuge mit Rotationskolbenmotor**

1964-67	NSU Spider (2.375 Stück insgesamt produziert) 500 Kubikzentimeter
1967	Mazda Cosmo Sport 110S L10A Birotor (343 Stück produziert)
1968-72	Mazda Cosmo Sport 110S L10B Birotor (1.176 Stück produziert)
1968-77	NSU Ro 80 (zwischen 33.900 und 47.400 Stück produziert)
1968-72	Mazda R100 Coupé 2+2
1968-73	Mazda R100 Familia Presto Coupé 2+2
1970-	Mazda RX-2 Capella
1971-74	Mazda RX-2 Coupé
1971-74	Mazda RX-2 Sedan
1969	Mercedes Benz MB C111
1970	Citroën M35 KKM 500
1970-72	Mazda R130 Luce Coupé
1970-73	Mazda Familia Rotary SS Sedan
1971-76	Mazda RX-3 Coupé
1971-76	Mazda RX-3 Sedan
1971-76	Mazda RX-3 Wagon
1972	Mercedes 350 SL mit Wankelmotor speziell für Felix Wankel umgebaut
1972-78	Mazda RX-4 Coupé
1972-78	Mazda RX-4 Sedan
1972-78	Mazda RX-4 Wagon
1973	Citroën Birotor KKM 62
1973	Corvette XP-897GT
1974-76	Mazda Pickup
1975-81	Mazda Cosmo RX-5, 2+2
1975-78	Mazda Roadpacer 4dr Sedan 13B.
1977-78	Mazda RX-3SP Coupé 4 pass.

1977-86	Mazda Luce 4dr Sedan, 13B.
1978-80	Mazda RX-7 GS X605, P642
1981-85	Mazda RX-7 GSL P815
1983	Mazda RX-7 P130
1981-83	Mazda P128 Cosmo Coupé
1982-83	Mazda P128 Cosmo Coupé
1984-85	Mazda RX-7 P132
1984-85	Mazda RX-7 P132
1983-86	Mazda P144 Cosmo Coupé
1983-86	Mazda P144 Cosmo Coupé
1986-88	Mazda RX-7 zweite Generation
1986-88	Mazda RX-7 Cabriolet
1986-88	Mazda RX-7 Turbo II
1989-91	Mazda RX-7 zweite Generation
1989-91	Mazda RX-7 Cabriolet
1989-91	Mazda RX-7 Turbo II
1989	Mazda Luce (929) FI 2-rotor
	Mazda Cosmo SX 2-rotor
	Mazda Cosmo 3-rotor
	Mazda Cosmo JC
1991	Volzhskii AZ Lada
1993-95	Mazda RX-7 dritte Generation

## **Motorräder**

1960	MZ Prototyp
1969	BSA: F&38;S
1970	BSA mit zwei Rotoren in der BSA A75 Bandit
1970	DKW Hercules 2000
1972	Yamaha RZ201 660 Kubikzentimeter
1972-76	Van Veen OCR 1000
1972-77	Hercules/DKW W2000
1973	Suzuki RE5
1975-76	Suzuki RE5 zweite Generation
1983	Norton RC588
1987-88	Norton Classic 588 Kubikzentimeter
1988	Norton Commander
1989	Norton Commander wassergekühlt
1989	Norton P55
1980	Norton F1
1991	Roton racing

## **Flugzeuge**

1980	Norton
1987-89	Moller M200X
1991	Moller Flugboot
1991	Moller M400
1995	ASH 26E

## **Schneemobile**

1974	Alouette Silver Cloud Mk II
1969-74	Arctic Cat Cheetah
1974-75	Arctic Cat Cheetah zweite Generation
1968-70	Arctic Cat Lynx Fichtel & Sachs
1971-74	Arctic Cat Lynx Wankel 303
1974-75	Arctic Cat Lynx 1
1969-74	Arctic Cat Panther F&S 303
1974-75	Arctic Cat Panther F&S 295
1969-74	Arctic Cat Puma F&S 303
1972-73	Evinrude RC-35-Q
1976	Evinrude OMC 500
1972	Johnson OMC 500
1972-73	Johnson Phantom
1968	Polaris Mustang
1969	Polaris Mustang und Colt
1968-69	Scorpion Mark II
1968-69	Skiroule
1972-74	Skiroule RTW300, Kanada, Fichtel & Sachs KM24

## **andere Anwendungen für den Wankelmotor**

1960	NSU KKM 60 Bootsmotor
1962	NSU KKM 150 Bootsmotor
1969	NSU KKM 612 Bootsmotor
1969	Yanmar Außenbordmotor
1974-80	Moller XM-4 Fichtel und Sachs
1970	Marine Corp vier Rotoren, Außenbordmotor
1986	Ingersoll-Rand Kompressor
1995	Moller Minijet experimentaler Bootsmotor
1996	Ebbtide RX-19 Bootsmotor

### **Prototypen, Concept Cars, Serienmodelle, Sportwagen**

1960	NSU Prinz
1963	NSU Sport Prinz
1963	Mazda Cosmo
1965	Mazda R16A, 4-rotor
1967	Mazda RX87
	Mazda RX85
1969	Mercedes C111
1970	Mercedes C111 4-rotor
1970s	Mercedes 2-rotor Prototyp
1970	Mazda EX005 Wankel
1970	Mazda RX500
1972	Chevrolet Corvette XP-897GT 2 Design von Pininfarina
1973	NSU Ro 80 Design von Pininfarina
1973	Nissan Datsun 1200
1973	Audi 3-Rotor Prototyp
1973	(Mazda) Sigma MC73 Le Mans
1973	Chevrolet Corvette (XP-882) 4 Rotoren
1974	(Mazda) Sigma MC74 Le Mans
1976	Mazda March 75S racing
1978	Mazda RX-7 Bonneville

1981	Norton Motor in einem Austin Metro
1981	Mazda RX-7 Type 253 Le Mans
1982	Mazda RX-7 Type 254 Le Mans
1983	Mazda 717C Le Mans Sieger Gruppe C-Junior
1983	BF Goodrich Lola T616 Sieger Gruppe C2 Winner
1984	Mazda 727C Le Mans
1984	March 84G Twin Turbo
1985	MX-03
1987	MX-04
1985	Mazda 737C Le Mans
1986	Mazda RX-7
1980	Yates Hovercraft
1991	Mazda HR-X Wasserstoffantrieb
1991	Mazda 787B Le Mans Sieger
1994	Mazda HRX-2 Wasserstoffantrieb
1995	Mazda RX-01

12 Historie IV

**Mazda Wankel Motorenhistorie**

Jahr	Typ	Art	Anzahl Kammern x Volumen	Leistung bei /min.
1961	40A	Experimental	1 x 386 ccm	
1962	L8A	Experimental	1 x 399 ccm	
1963	L8A/0353	Experimental	2 x 399 ccm	
1963	L8A/3804	Experimental	3 x 399 ccm	
1963	L8A/3805	Experimental	4 x 399 ccm	160 PS/6000
1964	10A/3820	Prototyp	2 x 491 ccm	
1966	12A/3830	Experimental	2 x 573 ccm	
1966	12A/3830	Prototyp	2 x 573 ccm	
1967	400/3867	Experimental	2 x 395 ccm	
1967	400/3893	Experimental	2 x 495 ccm	
1967	10A/0810	Cosmo L10A	2 x 491 ccm	110PS/7000 135Nm/3500
1968	10A/8020	R100 / Presto	2 x 491 ccm	100PS/7000 137Nm/3500
1968	10B	Cosmo	2 x 491 ccm	128PS
1968	10A/0813	Cosmo L10A	2 x 491 ccm	128PS/7000 14 Nm/5000
1968	10A/0820	Cosmo	2 x 491 ccm	100PS/7000
1968	10A/3883	Singapore GPrennen	2 x 491 ccm	204 PS 170kW/230PS
1968	12A/3872	Prototyp	2 x 573 ccm	
1969	10A/3877	R100(US)	2 x 491 ccm	100PS/7000 129Nm/4000
1970	12A 9,4:1	R100	2 x 573 ccm	100PS/7000 129Nm/4000
1970	12A 9,4:1	RX2	2 x 573 ccm	120PS/7000
1970	3912	Experimental	1 x 356 ccm	35 PS
1970	X002	Experimental	1 x 360 ccm	
1970	3915	Experimental	1 x 360 ccm	
1970	6A	Experimental	1 x 573 ccm	halber 12A
1970	7A	Experimental	1 x 654 ccm	halber 13B
1971	10A/0866	RX3 (Jp)	2 x 491 ccm	105PS/7000
1971	2002	Experimental	4 x 491 ccm	180 PS/6000
1972	12A/R612 9,4:1	RX3 (US)	2 x 573 ccm	102PS/6800 134Nm/4000
1972	12A 9,4:1	R100	2 x 573 ccm	100PS/7000 112Nm/4000
1972	12A/3905 9,4:1	RX2 (US)	2 x 573 ccm	102PS/6800 137Nm/4000

1972	21A	Experimental	2 x 1064 ccm	185PS 280Nm
1973	12A 9,4:1	Luce GR (JP)	2 x 573 ccm	120PS/6500 162Nm/3500
1973	12A 9,4:1	Luce GR AP (Jp)	2 x 573 ccm	115PS/6500 159Nm/3500
1973	12A 9,4:1	Luce GR II( Jp)	2 x 573 ccm	130PS/7000 168Nm/4000
1973	12A 9,4:1	Luce GR IIAP (JP)	2 x 573 ccm	125PS/7000 164Nm/4000
1973	12A 9,4:1	RX-2	2 x 573 ccm	97PS/6500 134Nm/4000
1973	12A	Le Mans	2 x 573 ccm	250PS/8000
1973	15A	Experimental	2 x 737ccm	135PS/5750 203Nm/3500
1974	12A SIP 9,4:1	RX2	2 x 573 ccm	97PS/6500 134Nm/4000
1976	12A 9,4:1	RX3 Nikki 2B1	2 x 573 ccm	95PS/6000 143Nm/4000
1977	12A 9,4:1	RX3SP	2 x 573 ccm	95PS/6000 143Nm/4000
1977	12A Sport 9,4:1	Racing Kit	2 x 573 ccm	250PS+/9000
1979	12A 9,4:1	RX7	2 x 573 ccm	100PS/6000 147Nm/4000
1981	12A	RX7 US lean	2 x 573 ccm	100PS/6000 147Nm/4000
1982	12A 6PI	Luce, Cosmo (Jp), RX7	2 x 573 ccm	
1983	12A/Turbo	Luce, Cosmo, RX7	2 x 573 ccm	160PS/6000 231Nm/4000
1983	13G Racing	Rennen 757	3 x 654 ccm	450PS/8500
1984	20B	Produktion Rennmotor	3 x 654 ccm	500PS/9000
1984	12A/Turbo 8,5:1	Luce, Cosmo, RX7	2 x 573 ccm	165PS/6000 231Nm/4000
1984	12A 9,4:1	RX-7 (S,GS,GSL)	2 x 573 ccm	101PS/6000 149Nm/4000
1984	13B DEI 9,4:1	RX7 (GSL-SE)	2 x 654 ccm	135PS/6000 186Nm/2750
1986	13B DEI 9,4:1	RX7 2.Generation	2 x 654 ccm	146PS/6500 193Nm/3500
1986	13B/Turbo 8,5:1	RX7 Turbo II	2 x 654 ccm	182PS/6500 256Nm/3500
1988	13J-M Racing	Rennen 767	4 x 654 ccm	500PS/8500
1989	13B VDEI 9,7:1	leichtere Läufer	2 x 654 ccm	160PS/7000 196Nm/4000
1989	13B/Turbo 9,1:1	leichtere Läufer	2 x 654 ccm	200PS/6500 274Nm/3500

1989	13B	Luce (Jp, 929)	2 x 654 ccm	177PS/6500 253Nm/3500
1989	13J-MM Racing	Rennen 767	4 x 654 ccm	630PS/9000 Schrittsaugrohr
1989	20B	Eunos Cosmo	3 x 654 ccm	280PS/6500 402Nm/3000
1991	26B	Rennen 787B Le Mans	4 x 654 ccm	700PS/9000 607Nm/6500
1991	HR-X	Exp. Wasserstoff	2 x 499 ccm	100PS 127Nm
1992	13B/TwinTurbo 1:9,0	RX7 3.Generation	2 x 654 ccm	255PS/6500 304Nm/5000
1993	HRX-2	Exp. Wasserstoff		
1995	13B MSPRE	RX01	2 x 654 ccm	220PS/8500 223Nm/6500
1999	13B Renesis	RX-Evolv, RX-8	2 x 654 ccm	280PS/9000 250PS/8500