

Kapitel VII

Einfache kipphebel-Desmodromik (Gruppe 5)

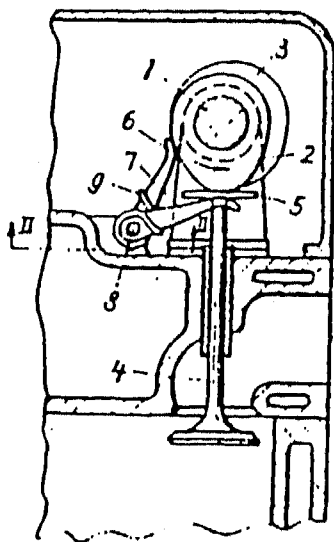


Bild 1: Basisausführung der Gruppe 5

In Abbildung 1 ist das Prinzip aller Desmo-Systeme der Gruppe 5 wiedergegeben.

Diese Systeme kennzeichnen sich durch eine weitgehende Übereinstimmung in ihrer Ausführung. Die Version, wie in Abbildung 1 ge-

zeichnet, ist denn auch tonangebend für alle Systeme dieser Gruppe. Diese Zeichnung stammt übrigens aus einem Patent von Daimler-Benz, das später noch eingehend erläutert wird.

Das kennzeichnende der Gruppe 5 ist, dass hier separate Öffnungs- und Schliesnocken verwendet werden, die auf einer einzigen Nockenwelle gelagert sind. Der Öffnungsnocken 2 befindet sich unmittelbar über dem Ventil und betätigt dieses direkt beziehungsweise mittels eines Schwinghebels. Der Schliesnocken 3 arbeitet mit Hilfe der Kipphebelarme 6 und 7 an der Unterseite des Tassenstößels 5, der am Ventil 4 befestigt ist.

Kinematik

Der Bewegungsablauf ist wie folgt. Durch den Druck des Öffnungsnocken 2 auf Stößel 5 wird Ventil 4 in Öffnungsrichtung beschleunigt. Nach einem kurzen Zeitraum, in dem sich Stößel 5 vom Nocken 2 löst (der sogenannte Freiflug) sorgt Schliesnocken 3 über die Kipphebelarme 6 und 7 dafür, dass das Ventil verzögert wird, bis es stillsteht. Wenn das

Ventil diese Lage erreicht hat - das Ventil ist dann völlig geöffnet - wird sofort die Schließbewegung ausgelöst. Dies wird immer noch vom Schließnocken 3 bewirkt, der über die Hebelarme 6 und 7 Stößel 5 in der Schließbewegung verzögert, weil Öffnungsnocken 2 die Aufwärtsbewegung von Stößel 5 und Ventil 4 abbremst. So wird das Ventil wieder zum Stillstand und in geschlossene Lage gebracht.

Übersicht der desmodromischen Ventilsteuerungs- Systeme der Gruppe 5

Diese Klasse ist eine der grössten innerhalb der Gruppeneinteilung. Sie ist aber nicht nur umfangreich, sondern auch qualitativ von besonderer Bedeutung. Schon die Namen Mercedes, Ducati, Porsche, Volkswagen, Mitsubishi und Suzuki, die wir hier nennen, zeigen deutlich, dass Gruppe 5 eine aussergewöhnliche ist. So vielen tonangebenden Namen begegnen wir in keiner einzigen anderen Gruppe. Und, um die starke Bedeutung dieser Desmo-Systeme noch mehr hervorzuheben: Im Autorennen der Formel-1, das in technischer Hinsicht die höchsten Anforderungen stellt, sind hiermit zwei Weltmeistertitel errungen worden.

Die Geschichte fängt schon 1913 in Frankreich an, als Gratien Michaux seine Patentanmeldung macht. Nachdem sich in den darauffolgenden Jahren noch einige Pioniere mit dieser Form der Desmodromik beschäftigt haben, bleibt es eine Weile still.

In den fünfziger Jahren nimmt die Anzahl dieser Systeme ungeheuer zu. In diesen Jahren wird für Dutzende dieser Typenausführung ein Patent angemeldet. In den sechziger und siebziger Jahren hörte man wenig über die Aktivitäten der Desmo-Erfinder, nur etwa drei Patentanmeldungen wurden registriert. In den

letzten Jahren steigt das Interesse für diese Desmodromik-Type wieder an. Innerhalb von drei Jahren (1984 bis 1986) wurden vier Patente angemeldet.

Im ganzen sind uns 27 verschiedene Ausführungen bekannt. Davon ist der Grossteil in Patenten oder Patentanmeldungen festgelegt. Das auffallendste an jenen Patenten ist, dass fünf, die nur in Einzelheiten voneinander abweichen, von derselben Firma, nämlich Daimler-Benz in Stuttgart, angemeldet worden sind. Wenn man dabei die Ausführungen von Porsche, Volkswagen und Schwäger berücksichtigt, bedeutet dies, dass acht Desmo-Systeme deutschen Ursprungs sind. Ferner fällt auf, dass die Italiener viel Interesse für die Gruppe 5-Systeme zeigen. Von mehreren italienischen Technikern sind sieben Ausführungen erfunden worden. Die übrigen zwölf Systeme stammen aus Frankreich, England, den Vereinigten Staaten und Japan. Die japanischen Vertreter in dieser Gruppe sind einerseits die Autoindustrie von Mitsubishi in Tokio und andererseits die Suzuki Auto- und Motorradindustrie in Hamamatsu.

Wir möchten jetzt damit anfangen, die wichtigsten Systeme näher zu erläutern. Zuerst

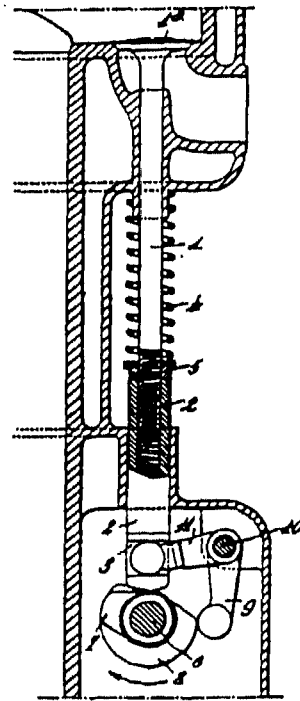


Bild 2: Das Desmo-System von Michaux

werden wir uns mit dem, von Gratien Michaux im Jahre 1913 angemeldeten Patent, befassen.

Michaux

Schon 1913 erkennt Gratien Michaux, dass Verbrennungsmotoren, deren Ventile mit Ventildfedern ausgestattet sind, einen grossen Nachteil besitzen: "Bei normalen Drehzahlen gibt es keine Probleme, jedoch im hohen Drehzahlbereich funktioniert diese Art der Ventilsteuerung nicht, da das Ventil dem Nockenprofil dann nicht mehr folgen kann." Michaux verfolgt seiner Erfindung das Ziel, Ventile auch bei sehr hohen Drehzahlen gut funktionieren zu lassen. Ausserdem will er mit seinem, in Abbildung 2 gezeichneten System ein geräuschloses Funktionieren des Ventilsteuerungs-Systems erreichen und die nachteiligen Effekte der Massenträgheit - nämlich das Loslösen der Nockenfolger vom Nockenprofil - ausschalten.

Das System hat die gleiche Arbeitsweise wie die bereits hieroben beschriebene Basisausführung. Es fällt ferner noch auf, dass der Nockenfolgerkörper 2 sehr massiv ausgeführt ist.

Nach Michaux' Meinung benötige sein Ventilsteuerungs-System nur eine schlaaffe Feder, um doch gut und geräuscharm funktionieren zu können. Das desmodromische System, bei dem die Ventilbewegung ganz von der Nockenbahn bestimmt wird, verhindert nämlich, dass das Ventil auf seinen Sitz aufprallt.

Haas

Ende der zwanziger Jahre hat sich Pierre Haas eingehend mit dem desmodromischen Ventiltrieb beschäftigt. Zwei Patente aus Gruppe 5 gehen auf seinen Namen. Beide sind in den Abbildungen 3, 4, 5 und 6 wiedergegeben. Die patentierten Ausführungen sind sehr fortschrittlich und bestechen durch ihre technischen Feinheiten.

Wir wollen sein erstes, im Jahre 1928 patentiertes System, einmal genauer betrachten. Diese Ausführung ist in den Abbildungen 3

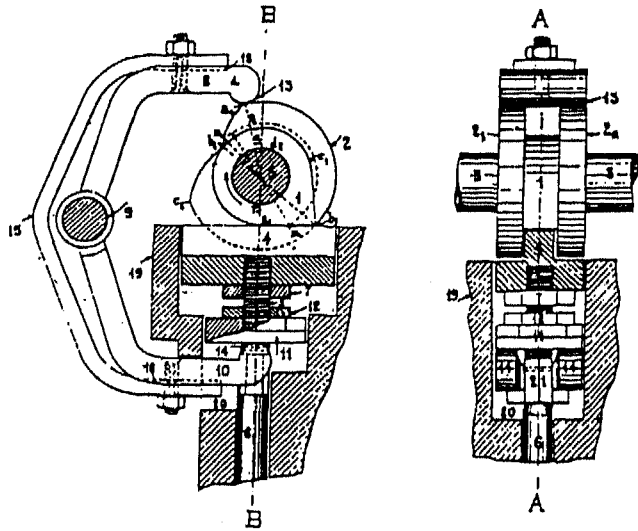


Bild 3 und 4: Das erste System von Haas, 1928 patentiert

und 4 sehr schematisch wiedergegeben (siehe die langen Kipphebelarme und die ziemlich gewagten Nockenformen). Die Arbeitsweise des Systems verläuft wie üblich.

Auffallend ist die Verwendung der doppelten Schliessnocken 2a und 2b und der Blattfeder 15. Diese Feder hat die Aufgabe, die beiden äussersten Enden von Kipphebel 8 zueinander in Spannung zu halten. Auf diese Weise wird ein permanenten Kontakt zwischen den Nocken und Stößelkörper 11 gewährleistet. Das Spiel

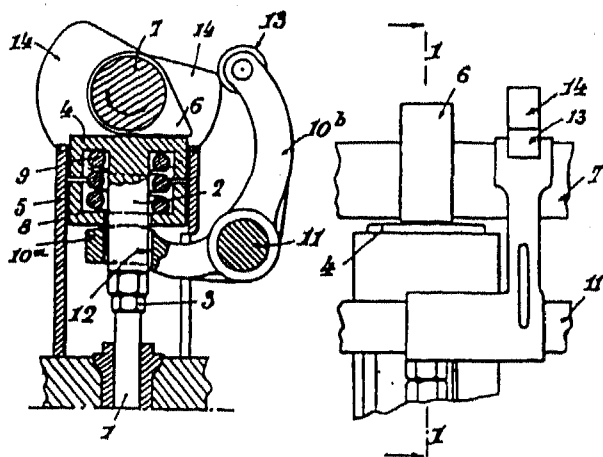


Bild 5 und 6: Haas' zweites System, 1930 patentiert

zwischen Öffnungsnocken 1 und Stößel 4 ist einstellbar; zu diesem Zweck ist das äusserste Ende 5 von Ventil 6 mit Schraubengewinde versehen.

Sehr fortschrittlich ist die Führung 19 von Stößel 4. Einer ähnlichen Konstruktion einer separaten Führung vom Stößel neben der eigentlichen Ventillführung begegnen wir später unter anderem auch bei Suzuki und Volkswagen.

Im zweiten Patent übt Haas Kritik an den, bis dahin bekannten Desmo-Systemen. Der Nachteil der Ausführungen, bei denen beide Kipphebelarme durch eine Feder miteinander verbunden sind, wäre, dass beim Bruch dieser Feder - was in jener Zeit wohl ab und zu auftrat - das Ventil geöffnet bleibe und das System dann nicht mehr funktioniere. Auch andere bekannte Desmo-Ausführungen nehmen, seiner Meinung nach, zuviel Platz ein und haben grosse hin und her gehende Massen. Schliesslich weist er auf die Probleme hin, die es bei den Einnockensystemen gibt - in unserer Terminologie: Gruppe 2 der Desmo-Systeme - bei denen die Form der Nocken nicht optimal gewählt werden kann. Ein Problem, das auch wir erkannt haben, und das im Kapitel über den Bewegungsablauf der Gruppe 2 Desmo-Systeme beschrieben wird.

Aus den obengenannten Erwägungen, die Haas in seiner Patentschrift wiedergibt, geht hervor, dass der Franzose sich eingehend mit der Desmo-Literatur befasst hat. Das Ergebnis ist dann auch eine sehr modern wirkende Desmo-Ausführung (Siehe Abb. 5 und 6), im Jahre 1930 patentiert!

Dass Haas seiner Zeit weit voraus war, zeigt sich noch deutlicher in der nun folgenden Beschreibung der Patente, die von Suzuki und Volkswagen angemeldet worden sind. Aber zunächst werden wir uns noch eingehender mit den beiden Desmo-Systemen, die Pierre Haas erfunden hat, beschäftigen.

Seine beiden Systeme zeigen als wichtigste Merkmale:

- Verwendung von zwei separaten Nocken (in Abb. 5 und 6: die Teile 6 und 14) mit der Nockenwelle über dem Ventil.

- Verwendung eines einzigen starren Kipphebels (in Abb. 5: Teil 10).
- Verwendung von zwei Führungen (in den Abb.: Teil 5, plus die nicht bezeichnete, eigentliche Ventillführung).

Die Arbeitsweise ist folgendermassen. Das Öffnen des Ventils geschieht durch Öffnungsnocken 6, der unmittelbar auf Stößel 4 einwirkt. Stößel 4 ist mit Ventil 1 fest verbunden. Das Schliessen geschieht durch Nocken 14, der Kipphebelarm 10b betätigt. Der andere Kipphebelarm 10a drückt den Ventildfederteller 8 in die Höhe und so wird das Ventil also indirekt - nämlich mit Hilfe der Feder 9 - geschlossen. Hierbei hat die Feder auch die Aufgabe, für ein gutes Schliessen des Ventils zu sorgen. Dieser Vorgang verläuft in der üblichen Weise. Durch Nocken 14 wird Feder 9 über Kipphebel 10 gespannt, wodurch das Ventil gegen seinen Sitz gedrückt wird.

Nach Haas' Meinung ist das System gegen die Folgen eines Federbruchs gesichert. Falls die Feder versagt, kommen während des Betriebs Stößel 4 und Ventildfederteller 8 gegeneinander. Auch dann funktioniert der Mechanismus noch zufriedenstellend. Höchstens könnte geschehen, dass das Ventil nicht optimal geschlossen bleibt.

Spiele im System, als Folge von Temperaturunterschieden und Verschleiss, werden von Feder 9 ausgeglichen.

Suzuki

Es gab eine Zeit, da japanische Techniker um ihre "Kopiersucht" bekannt waren. Die ersten japanische Motorräder, die in den sechziger Jahren auf dem europäischen Markt erschienen, waren oft auch schamlose Kopien englischer und deutscher Maschinen. Heute kann man getrost behaupten, dass die Japaner keine Imitatoren sind. Sie sind eher tonangebend, ganz bestimmt in der Motorradindustrie.

Betrachten wir jedoch das auf der nächsten Seite abgebildete Desmo-System, das 1984 von Suzuki-Ing. Hideo Nakamura erfunden wurde, dann treten die alten (Vor-)Urteile wieder auf.

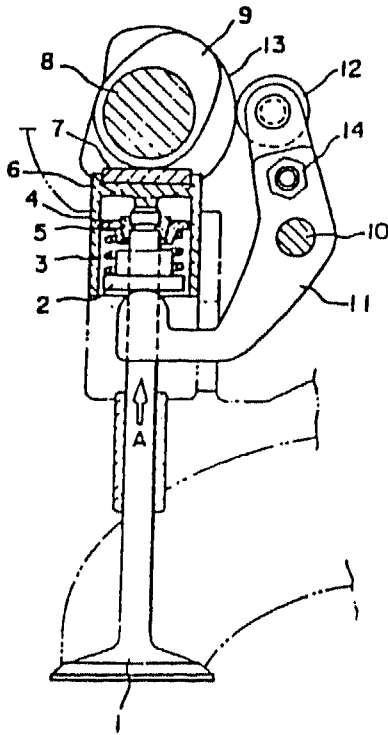


Bild 7: Das Desmo-System von Suzuki

Bei einem Vergleich des Suzuki-Desmo-Systems mit dem hiavor besprochenen System von Haas fällt sofort die sehr grosse Ähnlichkeit auf. Ob dem Suzuki-Techniker Haas' Desmo-System bekannt war, wissen wir nicht, doch die Möglichkeit schliessen wir nicht aus.

In den Hauptmerkmalen gleicht das Suzuki-System dem Desmo-System von Haas ganz genau: Zwei separaten Nocken, ein einziger Kipphebel und zwei Führungen. Auch die Arbeitsweise ist identisch: Das Öffnen des Ventils geschieht direkt durch Einwirkung des Öffnungsnockens auf den am Ventil befestigten Stößel. Das Schliessen verläuft indirekt durch Einwirkungen des Schliesznockens auf den Kipphebel, der dann über eine Schraubendruckfeder die Bewegung auf das Ventil überträgt.

Da sich diese Übereinstimmungen auch auf Details beziehen, wie auf den Rollenkontakt zwischen Schliesznocken und Schlieszkipphebel und auf den Gleitkontakt zwischen Kipphebel

und Ventildferteller, wird die Vermutung bestätigt, dass hier von einer beschämenden Imitation die Rede ist. Der einzige nennenswerte Unterschied, auf den die Suzuki-Techniker hinweisen könnten, wäre die Möglichkeit, die Einstellscheiben verschiedener Stärken auszuwechseln (siehe Abb. 7: Teil 7). Daran hatte Pierre Haas nicht gedacht. Aber, um Suzuki nur aufgrund dieser geringfügigen Änderung ein Patent zu erteilen, das geht uns doch etwas zu weit. Die Japaner können doch wohl mehr leisten, als nur das kopieren eines 55 Jahre alten Desmo-Systems?

Volkswagen

Da wir uns nach der Beschreibung der Desmo-Ausführung von Haas mit dem Suzuki-Patent befasst haben, sind wir von der chronologische Darstellung abgewichen. Der Grund hierfür liegt in der grossen Ähnlichkeit zwischen der Suzuki und der Haas Ausführung. In einem geringeren Masse gilt dies auch für das Desmo-System, das Volkswagen AG 1985 angemeldet hat. Auch dieses System, erfunden von Dr. Ing. H. Krüger, geht von Haas' Patent aus.

Mit dem Patent, das vom Wolfsburger Autowerk angemeldet wurde, verfolgt man zwei Ziele. Erstens will man Verformungen und Schwingungen im Bereich des Ventilschafts und grosse Reibungskräfte in der Ventilfehrung vermeiden. Laut Volkswagen werden diese Nachteile hauptsächlich durch den grossen Abstand verursacht, der zwischen der Stella, an der die Seitenkräfte, verursacht durch den Öffnungsnocken, ausgeübt werden (die obere Seite des Stößels) und der Stelle besteht, auf der die Seitenkräfte ausgeglichen werden (in der Ventilfehrung). Aus diesem Grunde entstehen grössere Momente mit allen, gerade erwähnten nachteiligen Folgen. Das Auffallende an der Sache ist, dass man sich in der Patentanmeldung von Volkswagen auf die Patente von Daimler-Benz beruft. Die Daimler-Benz-Ausführung wird also ziemlich kritisiert.

Zweitens, und hierbei übt man erneut Kritik an Daimler-Benz, müssen Stößel und Ventil während des Betriebs drehbar sein, damit der Stößel weniger verschleissempfindlich ist.

Nachdem Volkswagen die Nachteile anderer Desmo-Systeme (Daimler-Benz) erläutert und die eigenen Ziele formuliert hat, kommt das Werk mit dem Ei des Columbus: Die Verwendung eines gleitenden Stößels 8 in Führung 14. Diese Führung gleicht die Seitenkräfte, ausgeübt vom Öffnungsnocken, aus, wodurch diese nicht zum eigentlichen Ventiltreiber 2 weiter-

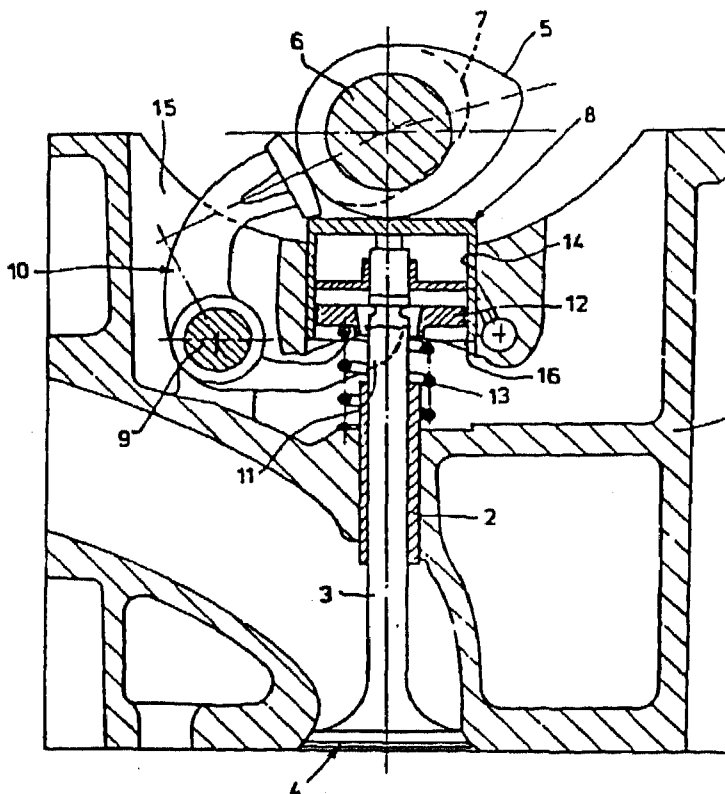


Bild 8: Die Desmo-Ausführung von Volkswagen

geleitet werden. Dieses Prinzip wurde 1928 schon von Haas verwendet. So sieht man, wie wieder einmal ein altes Prinzip neu entdeckt wird, das sogar noch für ein Patent in Betracht kommen kann.

Das Volkswagen-System, wie auch das Suzuki-System, zeigt also eine grosse Ähnlichkeit mit der Ausführung von Haas. Doch ist diese Ähn-

lichkeit mit Haas geringer als die zwischen Suzuki und Haas.

Bei Volkswagen findet die Schliessbewegung zum Beispiel direkt statt. Schliesskipphebel 10 wirkt unmittelbar auf Ventiltfederteller 12 ein, der mit Ventil 3 fest verbunden ist und nicht indirekt - über eine Feder - wie bei Haas und Suzuki.

Die zweite Zielsetzung - die Möglichkeit Stößel und Ventil während des Betriebs rotieren zu lassen - wird dadurch bewirkt, dass Ventiltfederteller 12 nicht fest mit Stößel 8 verbunden ist. Ausserdem wird - durch die tiefe Lage von Kipphebelwelle 9 - dafür gesorgt, dass das gegabelte äussere Ende 11 in allen möglichen Stellungen ausschliesslich mit Ventiltfederteller 12 Kontakt hat (und nicht mit der Unterseite 16 von Stößel 8).

Durch die Rotiermöglichkeit von Stößel und Ventil und durch das unmittelbare Einwirken des Schliesskipphebels auf das Ventil kann man das VW-System doch als sinnvolle Ergänzung zum Haas-System betrachten. Man kann nicht schlechthin von einer Kopie des Haas-Systems sprechen, was bei Suzuki wohl der Fall ist.

Doch die Tatsache bleibt, dass der wesentliche Aspekt des Volkswagen-Systems - neben der Ventiltführung ein extra gleitender Stößel, um die Seitenkräfte auszugleichen - eine konstruktive Lösung bietet, die schon mehr als ein halbes Jahrhundert bekannt ist!

Mercedes-Benz

Die Rückkehr des Silberpfeils.

"Ich weiss nicht, wann wir zu den Grand Prix' zurückkehren werden. Und wenn, dann würde ich es Ihnen nicht sagen. Aber in einer Sache können Sie absolut sicher sein. Es werden keine halben Sachen gemacht. Wir werden solange nicht fahren, bis wir Wagen haben, die siegen können und auch werden". (Ludvigsen).

Das äusserste der legendäre Alfred Neubauer, der vor dem Kriege wie auch in den Nachkriegsjahren die Leitung über das Mercedes-Rennteam hatte, gegenüber einem gewissen

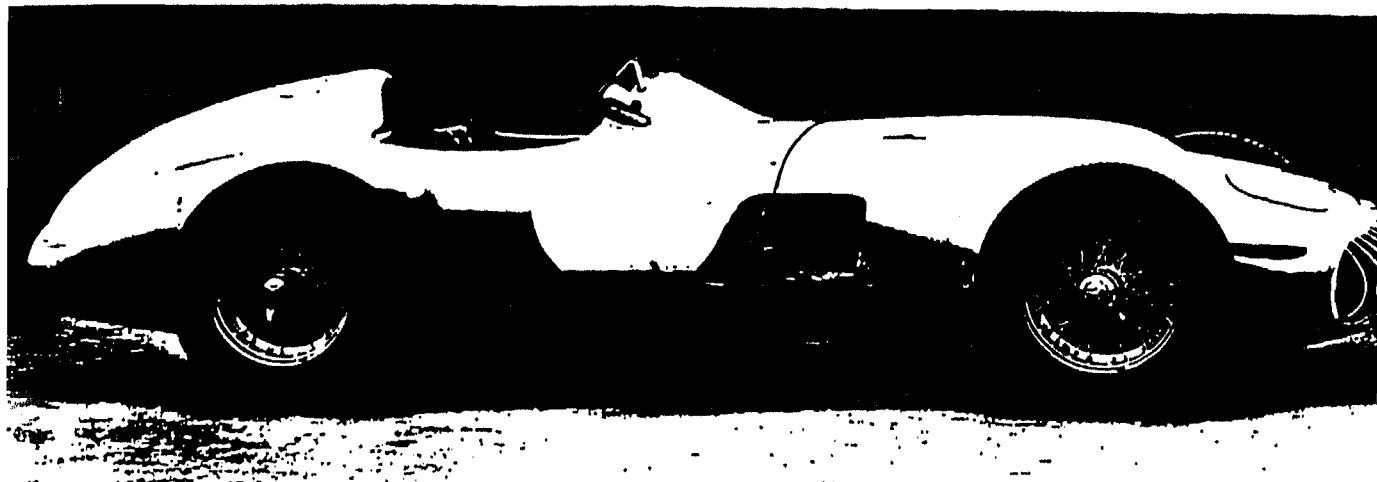


Foto 1: Mercedes W-196

David Scott-Moncrieff. Er sagte dies kurz nach dem Kriege, in einer Zeit, in der noch nicht von einem erneuten Einsteigen des Mercedes-Werks in den Grand Prix' Rennsport die Rede war.

Als dann im Juli 1954 die berühmten europäischen Rennställe (u.a. Ferrari, Gordini und Maserati) auch die silbernen Rennwagen aus Stuttgart im französischen Reims erblickten, muß ihnen der Schreck in die Knochen gefahren sein. Alle waren dorthin gekommen, um für den französischen Grand Prix anzutreten, aber mit dieser Konkurrenz hatte man nicht gerechnet. Alfred Neubauers Worte, so stellte sich heraus, waren also keine Grosztuerei gewesen. Schon während der Trainings hatte der, von Selbstvertrauen strotzende Juan Manuel Fangio ("ein Mercedes würde auf jeden Fall als erster die Ziellinie überfahren") [Ludvigsen] die Konkurrenz mit seinem neuen Mercedes W-196 deklassiert. Und im Rennen ging es eigentlich noch besser. Fangio und Karl Kling, beide in einem W-196, kamen kurz nacheinander als Erster und Zweiter über die Ziellinie, die französische und italienische Konkurrenz weit hinter sich lassend. Ein erfolgreicheres Comeback hätte sich Mercedes - sie hatten vor dem ersten Weltkrieg und in den

dreißiger Jahren auch schon sehr viel Erfolg gehabt - nicht wünschen können.

Was war doch das Besondere an diesem W-196?

Der W-196 und der "Dezimo-Fund"

Erfolge auf der Rennstrecke hängen natürlich von zahlreichen Faktoren ab. Die beiden wichtigsten sind eigentlich die Kapazitäten des Rennfahrers und die Qualitäten des Wagens. Dieser letzte Faktor umfaßt im Grunde eine Gesamtheit von Elementen, die voneinander zu unterscheiden sind und die man alle auf den gemeinsamen Nenner "Chassis- und Karosserie-Konstruktion" und "Antriebseinheit" bringen kann. Bei der Entwicklung des W-196 - womit man schon 1952 begann, nach einer Entscheidung auf höchster Ebene - wurden spezielle Teams von Technikern eingesetzt, die jeweils einen Bereich auf sich nahmen. So war Hans Gassmann für die Entwicklung des Motors verantwortlich. Der damals fünfzigjährige Ingenieur richtete 1952 sein Augenmerk vor allem auf die neueren Vorschriften, die zwei Jahre später für die Formel 1 in Kraft treten sollten. Motoren, bei denen Ladedruckfüllung verwendet wurde, konnten 1954 nur einen maximalen Zylinderinhalt von 750 cm³ haben, während für Saugmotoren das Limit bei 2500 cm³ liegen

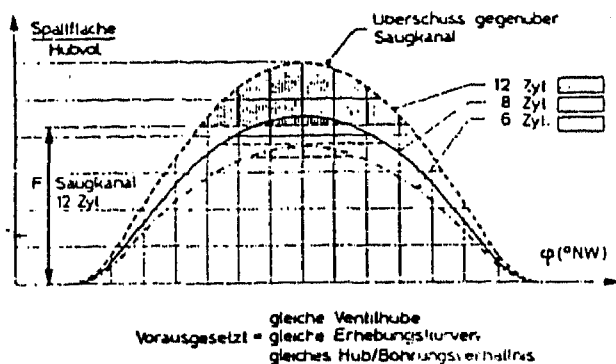


Bild 9: Ein Vergleich zwischen einem 12-, 8, und 6-Zylinder

sollte. Die erste Entscheidung war darum auch, einen "gewöhnlichen" Saugmotor zu wählen.

Wie üblich wird erst mit dem Prüfen eines Einzylinders angefangen, der traditionsgemäß mit Ventillfedern ausgestattet ist. Nach eingehender Prüfung stellt sich heraus, dass ein 12 Zylindermotor verbrennungstechnisch die beste Wahl sei (siehe Abb. 9), da ein solcher Motor den grössten vollständigen Ventilquerschnitt ergibt. Doch wählen Gassman und die Seinen einen 8-Zylinder-Reihenmotor. Solch ein Motorblock wiegt weniger und ist weniger komplex. Darum nimmt man einen Zylinderinhalt von 310 cm³ für den Einzylinder-Testmotorblock (8 x 310 = 2480).

Im Frühjahr 1952 beginnt man mit den Prüfungen und schon bald treten Komplikationen auf. Bei einem Drehzahlbereich von mehr als 8000/min. folgt der Ventilstößel dem Nockenumfang nicht mehr; die Ventile fangen zu flattern an. Das hat eine negative Kompression zur Folge, da die Ventile jetzt nicht mehr gut schliessen. Und eine hohe Kompression ist eine der Voraussetzungen, von denen Gassman ausgeht, um eine ausreichend hohe Leistung zu erzielen. Ausserdem stellt sich heraus, dass die Ventillfedern sehr bruchempfindlich sind. Hans Gassman macht sich um diese Probleme Sorgen. Er erkennt, dass die Ventilsteuerung ein grosses Hindernis für eine erfolgreiche Rückkehr von Mercedes in die Formel 1 bildet.

Über das, was am Morgen des 20. Mai 1952 geschah, ist die folgende Geschichte im Umlauf:

Während der Strassenbahnfahrt holt der sinnende Gassmann einen Briefumschlag aus der Tasche und kritzelt einige Skizzen darauf. An seinem Arbeitsplatz angekommen, zeigt er seinen Kollegen das Stückchen Papler und fügt hinzu: "Das ist es, so werden wir es machen." (Ludvigsen). Auf Gassmanns berühmten Briefumschlag waren zwei Nocken pro Ventil gezeichnet. Der eine musste das Ventil öffnen, der andere musste es wieder - mittels eines Kipphebels - schliessen. Sofort wird Gassmanns Idee in Konstruktionszeichnungen umgesetzt und deren Kopien zum Patentamt gesandt. Solch eine bedeutende Erfindung sollte so schnell wie möglich geschützt werden. Bis zu diesem Zeitpunkt ist man bei Daimler-Benz davon überzeugt, etwas vollkommen Neues erfunden zu haben. Mit anderen Worten: man dachte, dass Gassmann die desmodromische Ventilsteuerung erfunden habe, was übrigens wohl mehrmals im Laufe der Geschichte vorgekommen ist.

Überrascht nehmen die Techniker dann auch zur Kenntnis, dass schon Desmo-Patente bestehen, die vom Patentamt angeliefert werden. Es wird ihnen jedoch deutlich, dass die Vorteile desmodromischer Ventilsteuerung (eine höhere zulässige Drehzahl, grössere Sicherheit und mehr Leistung) genau die Lösungen für die Proble-

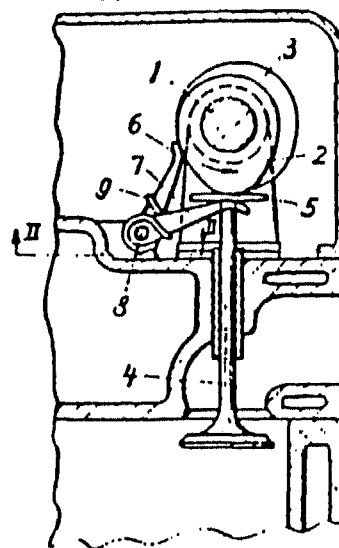


Bild 10: Das erste System von Mercedes, 1952 angemeldet

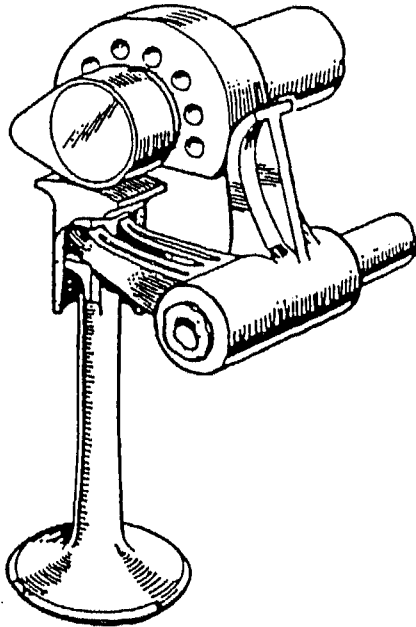


Bild 11: Das Desmo-System von Mercedes mit starrem Kippsattel

me sind, vor denen Mercedes steht. Ausserdem zeigt sich, dass das Daimler-Benz-System ausreichenden Neuigkeitswert besitzt, um patentiert zu werden.

Das erste Desmo-Patent von Mercedes

Eigentlich ist es nicht korrekt, von einem Daimler-Benz-System zu sprechen. Da Daimler-Benz sich intensiv um die Desmodromik bemühte, sind mehrere Ausführungen zustande gekommen und patentiert worden. Die erste Ausführung (US 2.751.895) wurde am 20. Mai 1952 angemeldet, ein Datum, das uns bekannt vorkommt. Die Zeichnung ist in Abbildung 10 wiedergegeben. Was die Arbeitsweise betrifft, siehe Einleitung dieses Kapitels. Doch möchten wir hier auf ein Detail dieses frühen Daimler-Benz-Desmo-Systems hinweisen. Im Gegensatz zu einigen späteren Ausführungen werden in diesem System zwei Kippsattelarme verwendet (in Zeichnung: 6 und 7), die durch eine Feder miteinander verbunden sind. Sowohl der minimale wie maximale Winkel zwischen den zwei

Kippsattelarmen sind mittels der Anschläge 10 und 11 festgelegt. Aus den Angaben von Daimler-Benz ist uns deutlich geworden, dass laufend zur Diskussion stand, ob man einen einzigen starren Kippsattel oder zwei, durch eine Feder gekoppelte Kippsattelarme verwenden sollte. Sogar 1954 wurden noch Tests mit beiden Ausführungen gemacht. Daraus ging hervor, dass der einzelne, starre Kippsattel mehr den Anforderungen entsprach. Motoren, die ein solches Desmo-System hatten, wurden bis zu 8500/min. freigegeben. Vorübergehend wurden sogar 9000/min. zugelassen, während Motoren, die mit zwei gekoppelten Kippsattelarmen ausgestattet waren, maximal 8000/min. drehen durften [Versuchsbericht 8632100633]. Der Vorteil der Ausführung mit einem einzi-

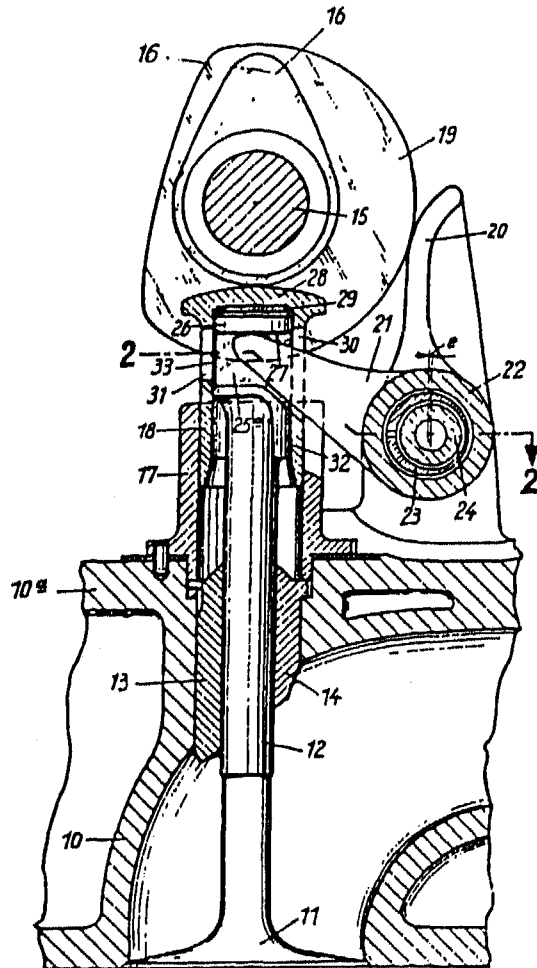


Bild 12: Die Patentzeichnung aus dem Jahre 1954

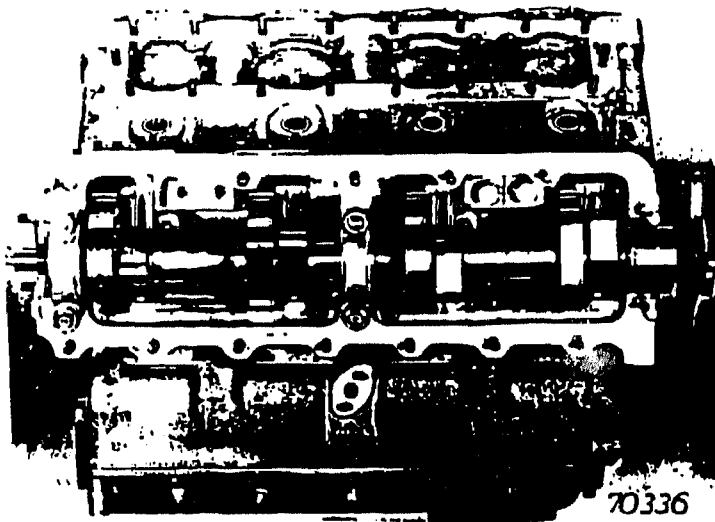


Foto 2: Die eingebaute Desmo-Nockenwelle
des W-196

gen Kipphebel beruht hauptsächlich auf dem niedrigen Gewicht und auf der, sich daraus ergebenden, kleineren hin und her gehenden Masse.

Die Patentauführung aus dem Jahre 1954

Ein Beispiel einer Desmo-Ausführung von Daimler-Benz, bei der ein einziger starrer Kipphebel verwendet wird, ist das im April 1954 angemeldete System (siehe Abbildung 11). Interessant ist, dass in der Patentschrift erwähnt wird, dass sowohl das davor besprochene Desmo-System von Michaux wie auch das 1930 patentierte System von Haas in Betracht gekommen sind. Nach der anfänglichen Euphorie, die Desmodromik "erfunden" zu haben, untersuchten die Daimler-Benz-Leute die Desmo-Literatur offensichtlich eingehend. Zugleich beweist es, unserer Meinung nach, den Irrtum, als sei das Daimler-Benz-System "nicht auf eines der früheren Vorbilder basiert" [Ludvigsen]. Diese Auffassung des Autors Ludvigsen, die sich auf selektive und (demnach) unvollständige Kenntnisse von der Entwicklung der desmodromischen Ventilsteuerungen gründet, ist zumindest diskutabel. Gewiss, das Daimler-

Benz-System ist viel mehr als nur eine Imitation der Desmo-Ausführungen, wie sie von Michaux und Haas erfunden wurden, doch es passt wohl in deren Tradition. Und, wenn aus der Patentliteratur hervorgeht, dass die Daimler-Leute gut über die Erfindungen von Michaux und Haas informiert waren, wird es doch sicher einen bestimmten Einfluss gehabt haben.

Wie dem auch sei, im Daimler-Benz-Patent bezeichnet man die Gefahr des Federbruchs als den bedeutendsten Nachteil der Systeme, bei denen die Kipphebelarme mit Feder gekoppelt sind. Auch an den Systemen, bei denen ein starrer Kipphebel, und zur Unterstützung, eine sich mit dem Ventil bewegende Schraubendruckfeder, (siehe: Michaux und Haas) verwendet wird, konstatiert man einige Nachteile. Diese sind: Federbruchgefahr, man benötigt mehr Platz und mehr hin und her gehende Masse.

Nach der Meinung von Hans Gassmann und Manfred Lorscheidt - beide sind als Erfinder genannt - müsse ein ideales desmodromisches Ventilsteuerungs-System ganz ohne Federn funktionieren, und die Kipphebelwelle müsse exzentrisch gelagert sein, um das Spiel einstellen zu können.

Ein anderer Punkt, auf den Gassmann und Lorscheidt ihr Augenmerk richteten, war die konstruktive Ausführung des Nockenfolgers (siehe Abb. 12). Es war ihnen klar, dass ein Element, und zwar ein Ventilstößel, zwischen Nocken und Ventilschaft aufgenommen werden müsse. Aber dieser Stößel sollte dann vorzugsweise nicht auf den Ventilschaft geschraubt sein. Das Auffallende ist, dass beide Erfinder betonen, dass der Ventilschaft nicht drehen dürfe. Der Kipphebel müsse mit seinem gegabelten Auszenende 21 verhindern, dass der Ventilschaft rotiert, wodurch die Erhebung der Stößelfläche 28 immer zu einem Kontakt mit dem Öffnungsnocken fähig sei.

Dass die Leute bei Daimler-Benz auch noch ein Auge für wartungstechnische Spitzfindigkeiten hatten, geht zum Beispiel aus der ausgeklügelten Konstruktion von Ventillführer und Ventil hervor. Obwohl das Ventil an beiden äußeren Enden mit einer Verdickung versehen ist (nämlich Pilzstößel 11 und Verdick-

ung 26), kann es doch leicht ausgebaut werden. Dies wird ermöglicht durch den zweiteiligen Ventiltführer (13 und 14) und durch die geringe Höhe der Verdickung 26, und zwar an jener Seite, wo die beiden Ventiltführerteile, nach Demontage der Stößelführung 17 und des Stößels 28, entfernt werden können.

Manfred Lorscheidts Dissertation

Schon allein aus der Patent-Literatur geht hervor, dass die Daimler-Benz-Techniker die desmodromische Ventilsteuerung eingehend untersucht haben. In diesem Zusammenhang ist Manfred Lorscheidts (siehe Foto 3) Dissertation eine andere wertvolle Informationsquelle. Dr. Lorscheidt, aus Pforzheim gebürtig, fing 1950, nach absolvierung seines Maschinenbaustudiums an der TH in Karlsruhe, bei Daimler-Benz als Mitarbeiter an. Er begann seine Laufbahn als Konstruktionszeichner in der Abteilung Chassis-konstruktionen für Rennwagen. Nachdem sich Lorscheidt 1952 der Motorengruppe von der Konstruktionsabteilung für Rennwagen anschloss, war er als Chefkonstrukteur fast vier Jahre mit dieser Gruppe verbunden. Im Jahre 1956 wurde er Assistent von Chefingenieur Prof. Dr. Nallinger. In all diesen Jahren war er an der Entwicklung des M-196, wie der Motor des Rennwagens W-196 genannt wurde, maßgeblich beteiligt. Vor allem der desmodromische Ventilsteuerung, widmete Dr. Lorscheidt besondere Aufmerksamkeit.

1959, also einige Jahre nach dem erfolgreichen Einsatz des W-196 in der Formel 1, schrieb Manfred Lorscheidt seine Dissertation unter dem Titel: "Beitrag zur Entwicklung optimaler Ventilsteuerungen bei schnelllaufenden Viertaktmotoren." In dieser Dissertation, die Lorscheidt den akademischen Titel Dr. Ing. einbrachte, sind die Kenntnisse auf dem Gebiet der desmodromischen Ventilsteuerung zusammengefasst, die man in all diesen Jahren bei Daimler-Benz erworben hatte.

Lorscheidt hat in seiner Dissertation den konventionellen kraftschlüssigen (durch Federn) Ventiltrieb und die desmodromische Ventilsteuerung miteinander verglichen. Ausgangspunkte waren der maximale Flächendruck zwischen



Foto 3: Dr Manfred Lorscheidt

Nocken und Nockenfolger (bedingt durch die damals verwendeten Werkstoffe) und die Drehzahl, bei der die maximale Leistung frei wird. Diesen letzten Faktor erhält man mit Hilfe von Gleichungen aus der Strömungslehre.

Die Resultate der Berechnungen sind in den Abb. 13, 14, 15 und 16 wiedergegeben. In diesen Abbildungen ist die Drehzahl n vertikal zum Zylinderinhalt eines einzigen Zylinders V_h festgehalten. In allen vier Abbildungen sind jeweils vier Kurven für vier verschiedene O -Werte gezeichnet. O ist die totale Rotierung der Kurbelwelle während der Ventilöffnung. Die vier Kurven geben alle eine Drehzahl wieder.

Nämlich:

- n_{opt} ; grösstmögliche Drehzahl, wobei die maximale Leistung aufgrund der Strömungslehre frei wird.
- n_m Fed. St.; die maximale Drehzahl, die mechanisch durch den kraftschlüssigen Ventiltrieb erreicht werden kann.
- n_s Fed. St.; die vorauszusetzende Drehzahl, wobei, bei diesen Steuerzeiten des kraftschlüssigen Ventiltriebs, die maximale Leistung aufgrund der Strömungslehre frei wird.

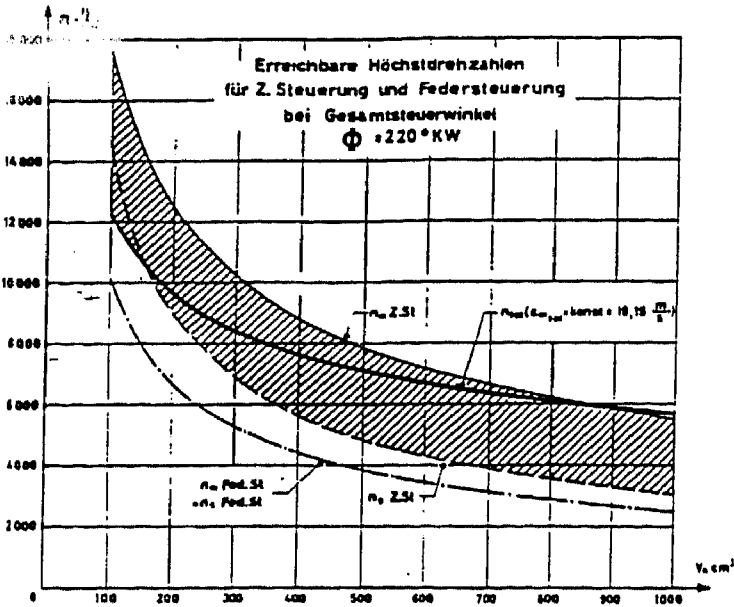


Bild 13: n_{max} bei einer Öffnungszeit von 220 Grad

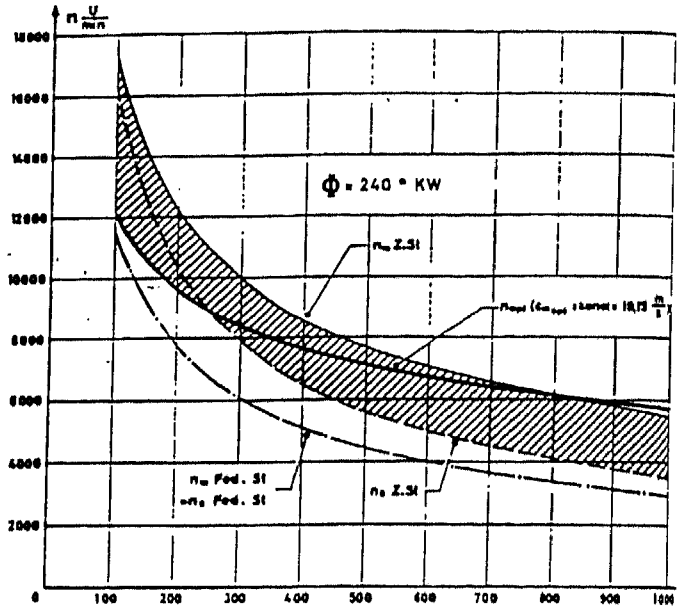


Bild 14: n_{max} bei einer Öffnungszeit von 240 Grad

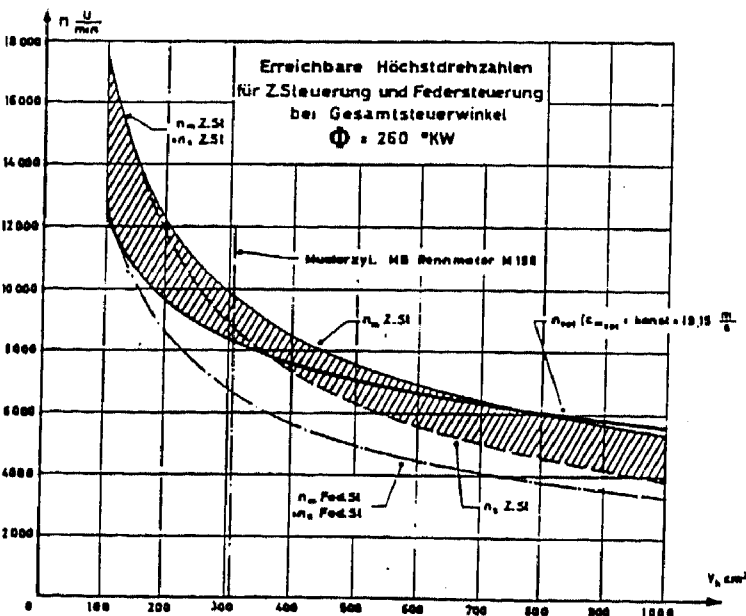


Bild 15: n_{max} bei einer Öffnungszeit von 260 Grad

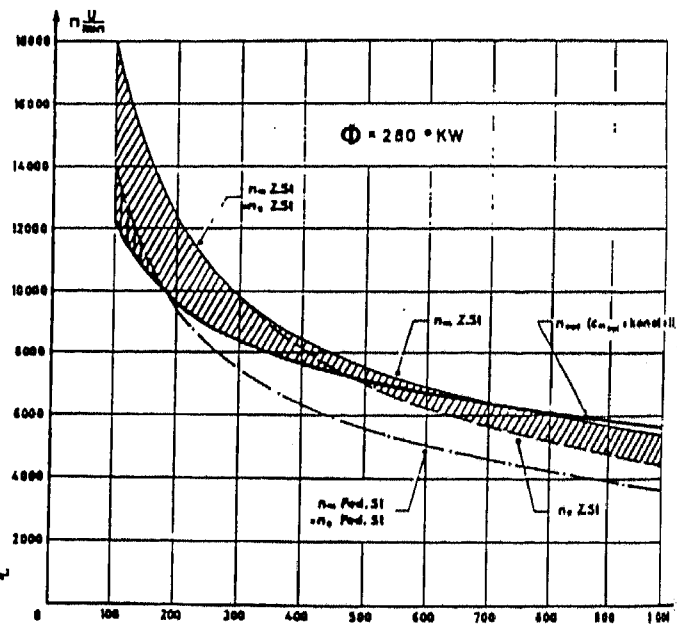


Bild 16: n_{max} bei einer Öffnungszeit von 280 Grad

- $n_{\text{m Z. St.}}$; die maximale Drehzahl, die mechanisch durch die desmodromische Ventilsteuerung erreicht werden kann
- $n_{\text{s Z. St.}}$; die vorauszusetzende

Drehzahl, wobei bei diesen Steuerzeiten der desmodromische Ventilsteuerung, die maximale Leistung aufgrund der Strömungslehre frei wird.

Was als erstes in den Abbildungen auffällt, ist, dass die Kurven von n m Fed. St. und n s Fed. St. zusammenfallen. Das heisst, dass die realisierbare Drehzahl für alle Hubräume durch die mechanische Grenzen des kraftschlüssigen Ventiltriebs bestimmt wird. In erster Linie liegt bei der desmodromische Ventilsteuerung die Kurve von n m Z. St. höher als dieselbe Kurve beim kraftschlüssigen Ventiltrieb. Ausserdem liegt diese Kurve mindestens auf gleicher Höhe, doch grösstenteils sogar überhalb der Kurve n s Z. St.

Aus den Abbildungen geht auch hervor, dass bei der kraftschlüssigen Distribution die maximale Drehzahl der maximalen Leistung nur bei einer langen Öffnungszeit der Ventile (bei $\phi=260$: 120 cm³, bei $\phi=280$: 185 cm³) erreicht werden kann. Das bedeutet demnach: eine grosse Überschneidung und demzufolge eine schlechtere Zylinderfüllung bei niedrigen Drehzahlen. Hinzu kommt ein komplexer und massiver Motorblock, da sehr viele Zylinder verwendet werden müssen.

Für die Drehzahl der maximalen Leistung kann bei dem desmodromischen Ventiltrieb ein guter Wert erreicht werden und das bei allen Zylinderinhalten, die praktisch für einen Rennwagen in Betracht kommen (zum Beispiel bei $\phi=260$ ein optimaler Zylinderinhalt von 365 cm³, der nicht viel vom realen Zylinderinhalt des M-196 abweicht). Ausserdem kann die Öffnungszeit der Ventile derart eingeschränkt werden, dass man trotz einer hohen Spitzenleistung, auch bei niedrigen und durchschnittlichen Drehzahlen eine gute Zylinderfüllung erreichen kann. Dadurch wird bei allen Drehzahlen ein grosses Drehmoment gewährleistet.

Die desmodromische Ventilsteuerung verfügt letztendlich immer über grosse mechanische Reserven in Bezug auf die maximale Drehzahl. Bei der kraftschlüssigen Distribution ist kaum von solchen Reserven die Rede. Der Desmo-Motor kann ein Aufreissen der Drehzahl nach oben leicht ausgleichen. Eine Eigenschaft, die die Rennfahrer übrigens sehr schätzen!

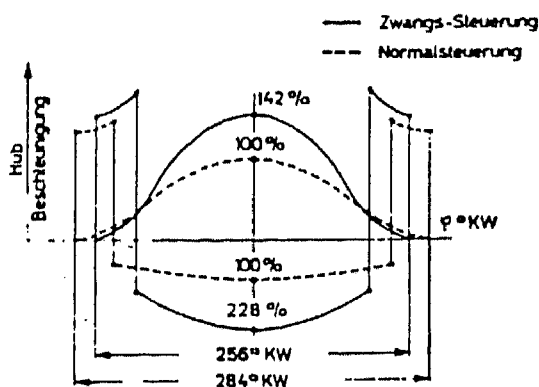


Bild 17: Ein Vergleich der Desmo mit der Normalsteuerung

Die vielen Vorteile der desmodromischen Distribution des M-196

Im Jahre 1952 ist Lorscheidt als 31-jähriger Zeichner/Konstrukteur und als Gassmanns rechte Hand an den Prüfungen der desmodromischen Ventilsteuerungs-Systeme beteiligt. Er war so von den grossen Vorteilen dieser Ventilsteuerungsart überzeugt, dass er sich sehr nachdrücklich dafür eingesetzt hat, die typischen Möglichkeiten der desmodromischen Ventilsteuerung völlig auszubeuten. Das heisst, neben den davor besprochenen guten Eigenschaften, auch die Möglichkeit, grosse Ventilhübe und hohe Beschleunigungswerte zuzulassen. Hierdurch wird, bei minimaler Überschneidung, eine maximale Fläche unter der Ventilerhebungskurve erreicht (Überschneidung = die Phase, in der Einlass- und Auslassventil geöffnet sind).

In Abbildung 17 haben die Daimler-Benz-Techniker eine, nach dem damaligen Stand der Technik ausgeführte, kraftschlüssige Distribution mit dem desmodromische Ventilsteuerungs-System von Mercedes verglichen. Beim Desmo zeigt sich, dass die Erhebung 42 % höher als bei der kraftschlüssigen Distribution gewählt werden kann. Und, was genauso wichtig ist, das Ventil kann wesentlich schneller verzögert werden. Dadurch entsteht die Möglichkeit, die Öffnungszeit der Ventile relativ kurz zu halten und somit die Überschneidung zu beschränken.

F_{sp} - Vergleich: Z. Steuerung - Federsteuerung
 (F_{sp} = Spezifischer Ventilsplattquerschnitt = f_{sp} / V_h)

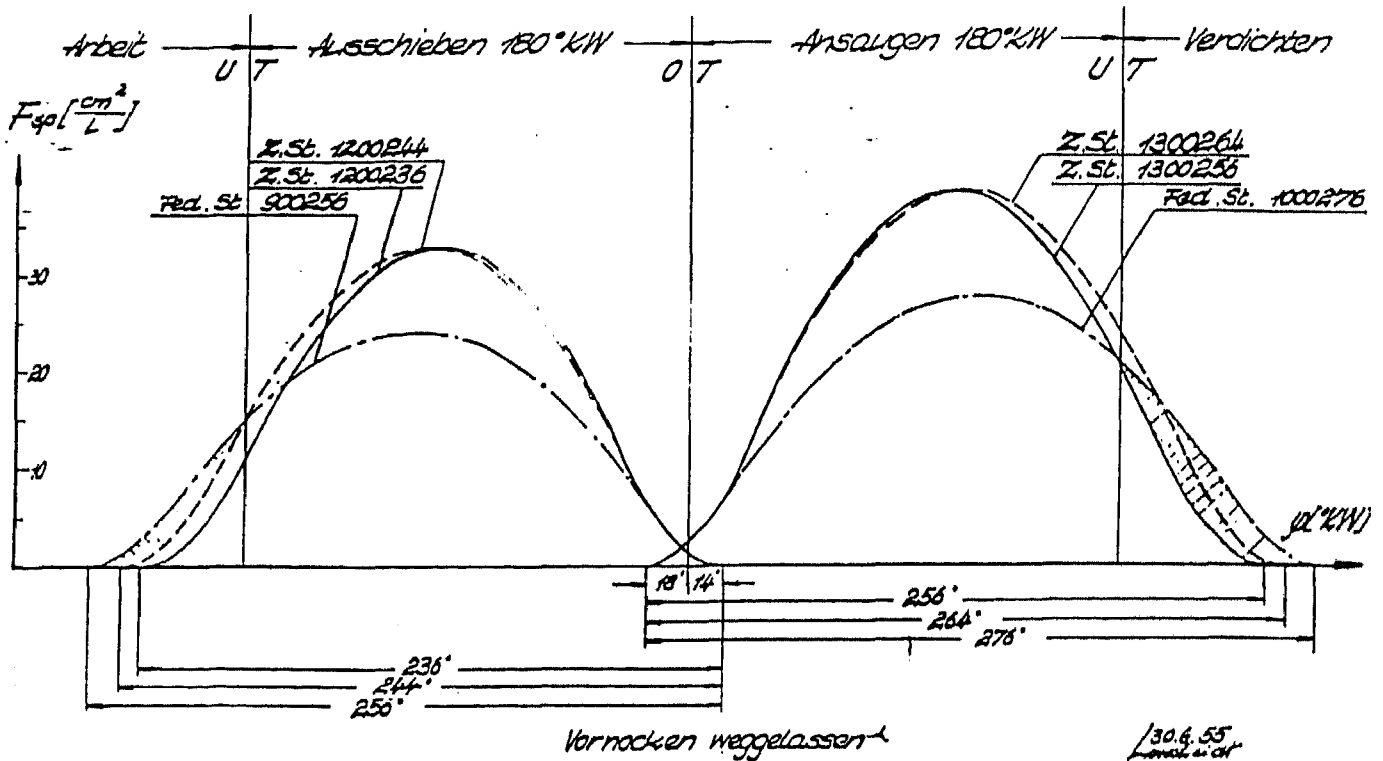


Bild 18: Ein Vergleich des Ventilsplattquerschnitts

Auch bei niedrigen Drehzahlen geht auf diese Weise wenig Kraftstoff-Luft-Gemisch verloren, während auf der anderen Seite Leistungsgewinn und ein groszes Drehmoment durch die steilen und hohen Nockenformen erzielt werden. "Das War der ganze Trick", sprach Lorscheidt [Ludvigsen]. Was Lorscheidt mit diesem Trick genau meinte, wird in Abbildung 18 noch einmal deutlich. In dieser Abbildung wird eine kraftschlüssige Distribution mit zwei Desmodromischen Ventiltrieben verglichen. Vertikal ist der spezifische Ventilsplattquerschnitt zur (horizontal) Kurbelwellendrehung festgehalten. Würden wir nur die Öffnungs- und Schliesszeitpunkte der drei Systeme kennen, dann scheint die kraftschlüssige Distribution am "heisesten". Das Auslaszventil öffnet sich nämlich früher und das Einlaszventil schlieszt

sich später als bei beiden desmodromischen Systemen. Aus den Abbildungen geht jedoch deutlich hervor, dass der spezifische Ventilsplattquerschnitt beider desmodromischer Distributionen viel grösser ist. Und der Ventilsplattquerschnitt bestimmt die Menge der Treibstoffzufuhr!

Wir wollen den Abschnitt über die technischen Vorteile der desmodromischen Ventilsteuerung, von denen Daimler-Benz dankbar Gebrauch machte, abschliessen mit der Anzahl Ventile pro Zylinder. Es hatte sich nämlich herausgestellt, dass das Gewicht der Ventile durchaus hoch sein konnte. Obwohl die Ingenieure von Daimler-Benz mit einem Vierventiler angingen, erwies sich das später als unnötig. Mit dem desmodromischen Ventiltrieb konnten auch grosze und schwere Ventile problemlos be-

tätigt werden. Daraufhin stieg man auf einen Zweiventiler um, wodurch die Form des halbkugelförmigen Verbrennungsraums noch günstiger gewählt werden konnte.

Der W-198; in jeder Hinsicht ein besonderer Rennwagen

In der untenstehenden Abbildung 19 ist der Motorblock des W-196 gezeichnet. In der Tat, die großen Ausmasse der Ventile im Vergleich zur Zylinderbohrung (76 mm) fallen auf. Das Einlassventil ist 50 mm, das Auslassventil 43 mm.

Auch die modern wirkende Lage des Einlasskanals fällt auf. Dieser Kanal liegt fast in einer Linie mit der Zylinderachse. Und dann spricht man von 'Vertical Induction'.

Gassman und Lorscheidt entschieden sich für diese Konstruktion, um die Frischgase während des Ansaugens, möglichst wenig mit dem heißen Auslassventil in Berührung kommen zu lassen. Dadurch wird verhindert, dass das frische Verbrennungsgas durch eine Temperaturzunahme an Dichtigkeit verliert. Dies würde nämlich bedeuten, dass eine kleinere Verbrennungsgasmasse zugeführt werden kann und somit weniger Treibstoff verbrannt wird.

Der W-196-Motor konnte weitere technische Spitzfindigkeiten vorweisen wie ein Benzineinspritz-System, das eingehend geprüft wurde, zwei 14 mm Bosch-Kerzen pro Zylinder, Mahle Kolben und eine spezielle, von der Firma Hirth gefertigte, rollgelagerte Kurbelwelle.

Während seiner ersten Rennen im Jahre 1954 erzielte der Motor 257 PK bei 8250/min. Diese Leistung ging Hand in Hand mit einem musterhaften Drehmomentverlauf. Bei 6300/min. schaffte der Motor schon 220 PS und erreichte gleichzeitig sein höchstes Drehmoment von 25,2 mkg. Diese Angaben, in Verbindung mit dem Gesamtgewicht des kompletten Motors von etwa 200 kg, geben das Potential des M-196 wirksam wieder.

Chassis, Bremsen und Federung waren von hoher Qualität. Es fällt allerdings auf, dass man sich oft für gediegenen Konstruktionen entschied, die ihre Zuverlässigkeit bewiesen hatten. Obwohl bei Daimler-Benz neue Ent-

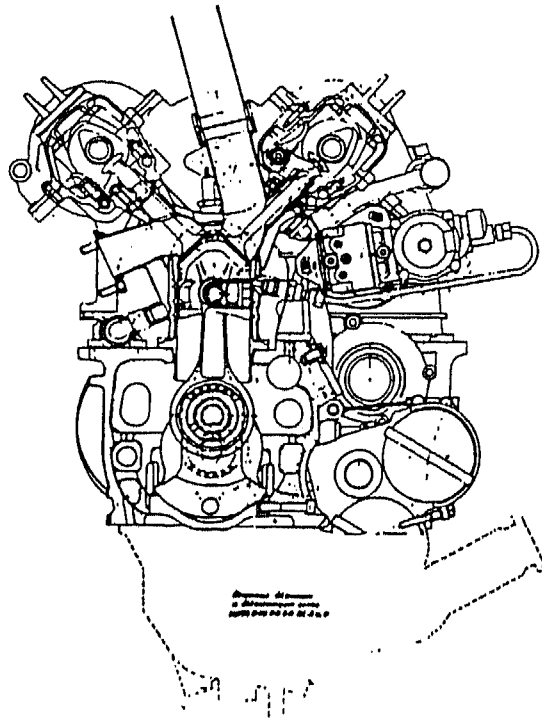


Bild 19: Der Motorblock des W-196

wicklungen wie Scheibenbremsen und eine De Dion-Hinterachse bekannt waren, griff man doch auf bewährte Elemente zurück wie Trommelbremsen und eine Schwingarmkonstruktion für die Aufhängung der Hinterachse. Rudolf Uhlenhauts Begründung hierfür war, dass den Technikern nur wenig Zeit für die Entwicklung des W-196 zur Verfügung stand.

Die mit dem W-198 erzielten Ergebnisse

Betrachten wir die Resultate, dann stellt sich heraus, dass die Daimler-Benz-Leute den richtigen Riecher hatten. Der M-196-Block, so revolutionär dank der desmodromische Ventilsteuerung, wurde in den, qua Chassisbau, konventionellen W-196 eingebaut. Sowohl 1954 wie auch 1955 war diese Kombination einfach nicht zu schlagen. Die Daimler-Benz-

| Inzet | Race | Circuit | Datum | Coureur | Klassering | n max | desmo |
|-------|-------------------|-------------|----------|----------|------------|-------|---------------------------|
| 1 | GP v. Frankrijk | Reims | 04.07.54 | Fangio | 1 | 9350 | geen problemen |
| 2 | " | " | " | Kling | 2 | 9300 | " |
| 3 | " | " | " | Herrmann | uitval | 9000 | " |
| 4 | GP v. Engeland | Silverstone | 17.07.54 | Fangio | 4 | 9800 | " |
| 5 | " | " | " | Kling | 7 | 9100 | " |
| 6 | GP v. Duitsland | Nürburgring | 01.08.54 | Fangio | 1 | onbek | " |
| 7 | " | " | " | Kling | 4 | 9300 | " |
| 8 | " | " | " | Herrmann | uitval | 9000 | " |
| 9 | " | " | " | Lang | uitval | 9180 | " |
| 10 | GP v. Zwitserl. | Bern | 22.08.54 | Fangio | 1 | 9000 | " |
| 11 | " | " | " | Herrmann | 3 | 8800 | " |
| 12 | " | " | " | Kling | uitval | 9000 | breuk nokkenaskopp. stuk |
| 13 | GP v. Italië | Monza | 05.09.54 | Fangio | 1 | 9100 | geen problemen |
| 14 | " | " | " | Herrmann | 4 | onbek | " |
| 15 | " | " | " | Kling | uitval | onbek | " |
| 16 | GP v. Berlijn | Avus | 19.09.54 | Kling | 1 | 8450 | " |
| 17 | " | " | " | Fangio | 2 | 8650 | " |
| 18 | " | " | " | Herrmann | 3 | 8600 | " |
| 19 | GP v. Spanje | Barcelona | 24.10.54 | Fangio | 3 | 9100 | gebroken inlaatklep |
| 20 | " | " | " | Kling | 5 | 9100 | geen problemen |
| 21 | " | " | " | Herrmann | uitval | 9750 | " |
| 22 | GP v. Argentinië | Buenos Air. | 16.01.55 | Fangio | 1 | 8900 | " |
| 23 | " | " | " | Herrmann | 4 | 8800 | " |
| 24 | " | " | " | Kling | uitval | onbek | " |
| 25 | " | " | " | Moss | uitval | onbek | " |
| 26 | GP v. Buenos Air. | Buenos Air. | 30.01.55 | Fangio | 1 | 8500 | " |
| 27 | " | " | " | Moss | 2 | 8300 | " |
| 28 | " | " | " | Kling | 4 | 9000 | " |
| 29 | " | " | " | Herrmann | uitval | onbek | " |
| 30 | Mille Miglia | Brescia | 01.05.55 | Moss | 1 | 8250 | " |
| 31 | " | " | " | Fangio | 2 | 7950 | " |
| 32 | " | " | " | Herrmann | uitval | 7850 | " |
| 33 | " | " | " | Kling | uitval | 7750 | " |
| 34 | GP v. Monaco | Mr. Carlo | 22.05.55 | Moss | 9 | 9300 | breuk excenterborgschroef |
| 35 | " | " | " | Fangio | uitval | 10000 | " |
| 36 | " | " | " | Simon | uitval | 9100 | " |
| 37 | Eifelraces | Nürburgring | 29.05.55 | Fangio | 1 | 8000 | geen problemen |
| 38 | " | " | " | Moss | 2 | 7450 | " |
| 39 | " | " | " | Kling | 4 | 7450 | breuk excenterborgschroef |
| 40 | GP v. België | Spa | 05.06.55 | Fangio | 1 | 9200 | geen problemen |
| 41 | " | " | " | Moss | 2 | 8900 | " |
| 42 | " | " | " | Kling | uitval | 8500 | " |
| 43 | 24 uurs race | Le Mans | 12.06.55 | Fa./Moss | terugval | onbek | " |
| 44 | " | " | " | Lev/Fits | uitval | onbek | " |
| 45 | " | " | " | Kl./Sim. | terugval | onbek | " |
| 46 | GP v. Holland | Zandvoort | 19.05.55 | Fangio | 1 | 8700 | " |
| 47 | " | " | " | Moss | 2 | 9200 | " |
| 48 | " | " | " | Kling | uitval | onbek | " |

Tabelle 1: Die mit dem W-196 erzielten Ergebnisse

Techniker hatten neue Techniken und bewährte Konstruktionen miteinander verbunden, deren Kombination für einen Meisterwagen so charakteristisch ist.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse aller Rennen mit dem W-196 wiedergegeben. Es wird außerdem erwähnt, wie sich die desmodromische

Distribution verhielt. In 42 der 48 Rennen (fast 90 %) traten mit der Ventilsteuerung keinerlei Probleme auf. Am Katastrophalsten verlief der Grand Prix von Monaco im Mai 1955. Bei allen drei W-196 brach die Sicherungsschraube des Excentermechanismus zur Einstellung des Ventilspiels. Das wiederholte sich eine Woche später an Karl Klings Wagen während

der Eifelrennen auf dem Nürburgring. Der einzige Fehler, der noch während der Rennen am desmodromischen Ventiltrieb auftrat, war ein Bruch des Nockenwellenkupplungsstücks. Das gebrochene Auslassventil im Grand Prix von Spanien (im Oktober 1954) war der Dehnung des Zylinderkopfs zuzuschreiben.

Man kann daraus schliessen, dass die Verwendung der desmodromischen Distribution in den W-196-Rennwagen von Mercedes äusserst erfolgreich verlaufen ist. Das System war im allgemeinen zuverlässig und ermöglichte eine hohe Leistung, ein grosses Drehmoment und hohe Drehzahlen.

All diese Eigenschaften trugen schliesslich zu zwei Weltmeisterschaften in der Formel 1 bei. Ausserdem hat man 1955 den Konstruktors-titel in der Sportwagen-Klasse errungen, und zwar mit dem Mercedes 300-SLR, einem vom W-196 abgeleiteten Sportwagen, der mit demselben Ventilsteuerungs-System ausgestattet war.

Werden solche Leistungen noch jemals mit einer desmodromischen Ventilsteuerung erreicht werden?

Baj

Erfolgreiche Erfindungen werden oft nachgeahmt. Und dies gilt auch für die Desmodromik. Daimler-Benz hatte der Auto- und Motorradwelt gezeigt, welche Möglichkeiten diese besondere Ventilsteuerungsart bietet und viele Werke versuchten daran wieder anzuknüpfen. Verwunderlich ist es darum auch nicht, dass Ende der fünfziger Jahren mehrere Patentanmeldungen für Ausführungen der Gruppe 5 eingereicht wurden.

Im Jahre 1956 meldete der Mailänder Alessandro Baj eine Erfindung zum Patent an. Noch im gleichen Jahre wurde ihm dies erteilt. In Abbildung 20 wird das System von Baj gezeigt.

Die Ähnlichkeit mit den Ausführungen von Haas ist wieder sehr gross; auch Baj verwendet eine separate Stöszelführung. Aber in einem einzigen Punkt unterscheiden sie sich. Die Klipphebelarme 42 und 38 sind zwei separate Teile. Beide sind durch Buchsen auf Stange 40 gelagert. Die beiden Buchsen sind in Bezug auf

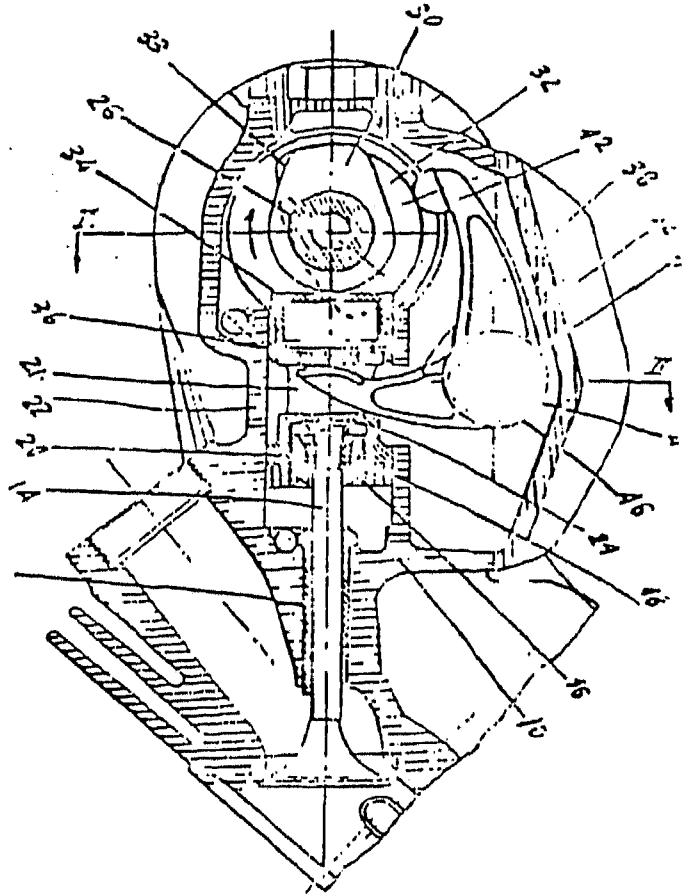


Bild 20: Das Desmo-System von Alessandro Baj

einander drehbar und Stange 40 ist mit Hilfe von Stiften an diesen Buchsen befestigt. Stange 40 ist eine Drehstabventilfeder. Der Schliessnocken 32 ist so ausgeführt, dass durch Verformung von Torsionsstange 40 das Ventil 14 gegen seinen Sitz gedrückt wird, und zwar während der Phase, in der das Ventil geschlossen ist. Um Reibungsverluste vorzubeugen, hat immer nur ein einziger Nocken Kontakt mit den dazugehörigen Steuerorganen.

O.S.C.A./Maserati

Anfang der fünfziger Jahre gründeten die Brüder Maserati die Marke O.S.C.A. Vordem

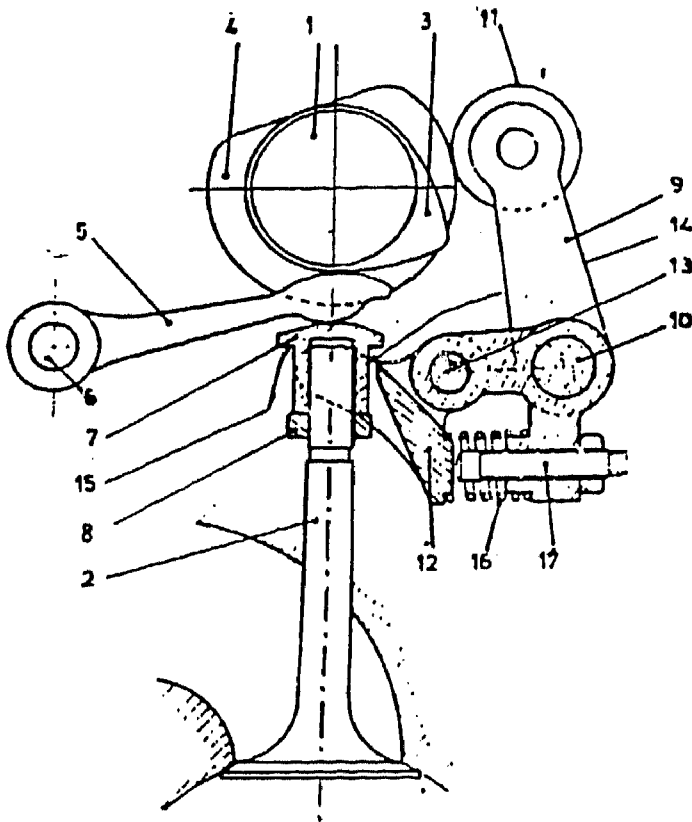


Bild 21: Die Patentzeichnung vom
Osca-Desmo-System

hatten sie ihre Aktivitäten eine Zeitlang nach
Modena verlegt. Doch durch die Gründung

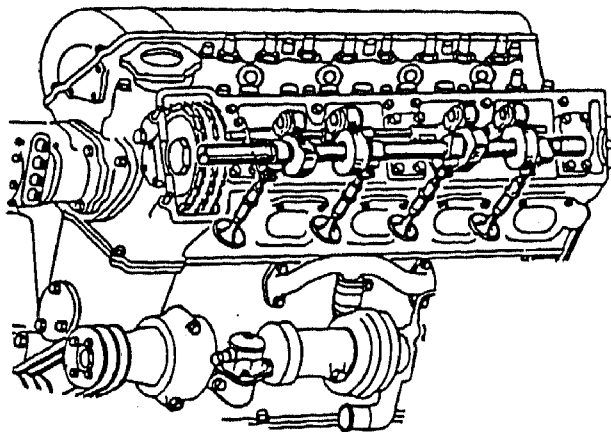


Bild 22: Der Osca-Motorblock mit
desmodromischer Steuerung

ihres "Officine Specializzate Costruzioni Auto-
mobili" kehrten die Brüder wieder nach Bologna
zurück.

Nach den Erfolgen, die Mercedes mit des-
modromischer Ventilsteuerung hatt, beschlossen
sie, auch mit der Desmodromik zu experimen-
tieren (siehe Abbildung 22).

Auch die Brüder Maserati lieszen ihre Aus-
führung patentieren, wiedergegeben in Abbil-
dung 21. Um die Seitenkräfte, die vom
Öffnungsnocken 3 ausgeübt werden, auf dem
Ventilschaft zu reduzieren, wird von Schwing-
hebel 5 gebrauch gemacht. Ein anderer Un-
terschied zum Daimler-Benz System ist die
Verwendung einer Nadellagerrolle 11 statt eines
Gleitschuhs, die den Kontakt zwischen
Schliesznocken und Kipphebelarm regelt.

Wie jedes Ventilsteuerungs-System musz auch
die Osca-Ausführung für ein perfektes Funk-
tionieren sorgen. Bei einem desmodromischen
System geht es vor allem darum, dasz das
Ventil vollständig schlieszt, wobei Dehnung und
Verschleisz der verschiedenen Teile berücksich-
tigt werden müssen. Die italienischen Techni-
ker lösten dieses Problem, indem sie einen
zweitelligen Kipphebel verwendeten.

Kipphebel 9 kann sich um Drehpunkt 10
drehen, während Arm 12 drehbar mit Kipp-
hebel 9 verbunden ist (Drehpunkt 13). Das
Schlieszen wird durch Schliesznocken 4 aus-
gelöst, der die beiden Kipphebelarme 7 und 12
linksherum um Drehpunkt 10 rotieren lässt.
Dabei drückt Stellbolzen 17 gegen Arm 12.
Während der letzten Schlieszphase löst sich
Stellbolzen 17 vom Arm 12 und sorgt Feder
16 dafür, dasz das Ventil geschlossen wird
und auch geschlossen bleibt.

Nach der Meinung Carlo Maseratis, ein Sohn
von einem der Brüder, die die gleichnamige
Marke gegründet haben, sind zwei verschiede-
ne Desmo-Motoren gebaut worden im Jahre
1957 ein 1500 cm³ Modell und 1959 ein Zwei-
lertyp. Beide waren Vierzylinder. Das 2000
cm³ Modell erreichte 172 PS bei 6500/min..

Dabei liegt das Verdienst der desmodromi-
schen Distribution nicht so sehr an der Lei-
stungssteigerung. Durch das Desmo-System ist
die Leistungskurve in maximalen Leistungsbe-
reich viel flacher. Dadurch können die Über-

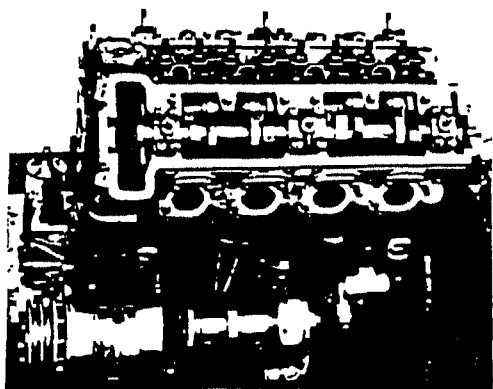


Foto 4: Der Osca-Desmo-Motor



Foto 5: Dr.-Ing. h.c. Ferry Porsche

tragungsverhältnisse vom Getriebe viel grösszügiger und demzufolge optimaler gewählt werden. Obwohl die Osca-Rennwagen mehrere Erfolge erzielten, konnten sie mit ihren Desmo-Motoren nicht wirklich in die Fuszstapfen von Mercedes treten.

Porsche

Das renommierteste Werk, das sich, anlässlich der Erfolge von Mercedes, mit der Desmodromik beschäftigte, ist vielleicht Porsche. Ferry Porsche, Generaldirektor des Werks in Stuttgart-Zuffenhausen, meldete 1959 eine Desmo-Ausführung zum Patent an. Der Sohn des Gründers dieses weltberühmten Sportwagenwerks liess Anfang der sechziger Jahren einen Einzylinder-Prototyp bauen. Ausser der desmodromischen Ventilsteuerung wurden die Brennraumform, der Ventilwinkel und die Benzineinspritzung in diesem Einzylinder geprüft. Ausser Tests mit dieser Einzylinder-Probeaufstellung wurde das betreffende System auch im Modell 753 ausgeführt. Soweit uns bekannt ist, hat Porsche nie mit einem Desmo-motor an einem Rennen teilgenommen, obwohl die Prüfungsergebnisse der desmodromische Ventilsteuerung sehr gut waren [Mezger, ATZ 67/3 S. 71].

Die Nachteile von bekannten Desmo-System, die im Patent genannt werden, sind: die langen Ventilführungen, um die Seitenkräfte auszugleichen und die Notwendigkeit, spezielle stabile Konstruktionen und Materialien zu verwenden. Dadurch wird der Zylinderkopfumfang grösser und die hin und her gehende Masse nimmt zu. Hans Hönick - er wird als Erfinder des Porsche-Systems genannt - weist diese Nach-

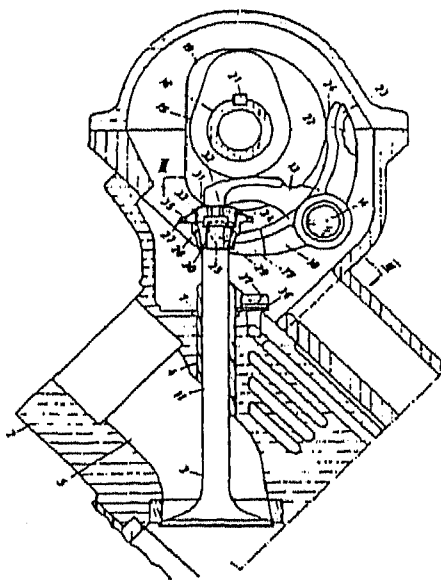


Bild 23: Das Desmo-System von Porsche

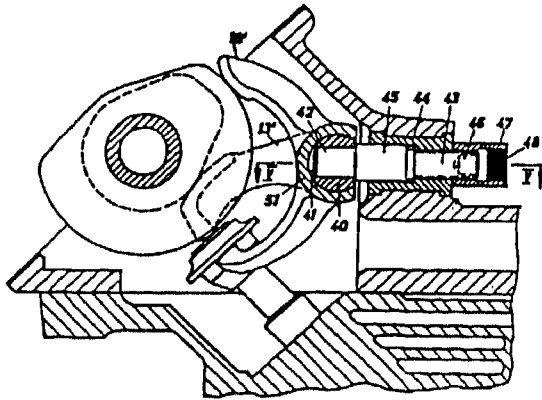


Bild 24: Das Ventileinstell-System von Porsche; Seitenansicht

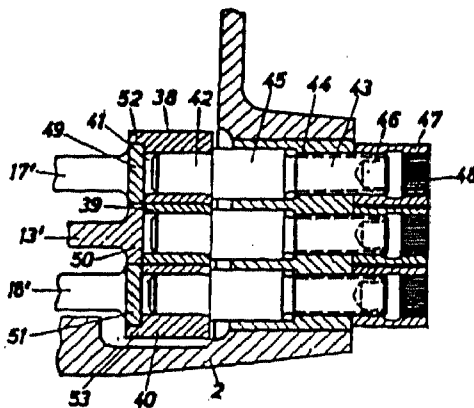


Bild 25: Das Ventileinstell-System von Porsche; Querschnitt

teile zu vermeiden, indem er sich für eine Konstruktion mit den folgenden Merkmalen entscheidet (siehe Abb. 23):

- die Lagerung von Schließ- und Öffnungsnocken auf derselben Achse
- die Verwendung eines Schwinghebels 13, wodurch eine günstigere Nockenform mit geringeren Ausmaßen ermöglicht wird und keine speziellen Ventileinstellköpchen und Ventillführungen notwendig sind
- die Verwendung doppelter Schließnocken und zweier, damit zu-

sammenarbeitende Schließkipphebel 22/25 und 23/26; die letzteren sind jeweils auf einer Seite von Schwinghebel 13 auf Achse 14 montiert. Dadurch können keine nachteiligen Momente auftreten, und die Baubreite wird soviel wie möglich beschränkt.

Dasz der Schwinghebel und beide Kipphebel auf dieselbe Achse montiert sind, hat den Nachteil, dasz man diese Teile nicht getrennt verlegen kann. Das ist jedoch notwendig, wenn man Fabrikationsungenauigkeiten kompensieren und das Ventilspiel einstellen will. Zu diesem Zweck musz man die drei Drehachsen also getrennt verlegen können. Porsche gibt in den Abbildungen 24 und 25 an, wie dies konstruktiv gelöst werden kann. Abbildung 25 zeigt einen Querschnitt über die Linie V-V aus Abbildung 24.

Durch Verdrehung von Stift 45 kann der Drehpunkt von Achse 40 getrennt verlegt werden: entweder in die Richtung der Nockenwelle oder gerade von dort weg. Gegenmutter 47, mit einer INBUS-Schraube, sorgt für die Sicherung von Stift 45. Alle drei Achsen können auf diese Weise getrennt eingestellt werden.

Leander

1963 meldet die Leander Engineering Company Ltd. drei, sich gleichende Desmosysteme zum Patent an.

In Abbildung 26 ist die Basisausführung gezeichnet. Was auffällt, sind die komplizierten Konstruktionen für den Kontakt zwischen Nocken und Nockenfolgern. Doch Erfinder Frank Henry Stark hat dafür seine Gründe. So werden die axialen Kräfte, ausgeübt vom Öffnungsnocken 2, unmittelbar über Mutter 10a auf Ventil 4 übertragen. Aber einerseits werden durch das Spiel zwischen den Muttern 10a und 10b und andererseits dem Kreuzkopf 11 keine Seitenkräfte auf den Ventilschaft ausgeübt. Die Seitenkräfte, verursacht durch den Öffnungsnocken, werden stattdessen durch Führung 12 ausgeglichen. Dank an Pierre Haas...

Sehr aussergewöhnlich ist, dass im Leander-System auch für den Kontakt zwischen Schliesznocken und Schlieszkipphebel ein Stößel verwendet wird. Dieser Stößel 15 ist in Führung 16 verschiebbar und arbeitet mit dem ausseren Ende 14 von Kipphebelarm 9 zusammen.

Beide Nockenfolger 13 und 15 bewegen sich also radial zur Nockenwelle 1, und zwar in einem Winkel von 90 Grad in bezug aufeinander. Überdies stimmt der Abstand vom Kipphebel Drehpunkt zur Kontaktfläche mit dem Kreuzkopf 11 überein mit dem Abstand von Drehpunkt zur Kontaktfläche mit Nockenfolger 15. Das heisst: die Achsen A-B und C-D liegen symmetrisch zur Linie X-Y. Die Konsequenz dieser Ausführung ist, dass der Hub, der durch die Nocken bestimmt wird, ohne Verformung auf das Ventil übertragen wird. Dadurch ist es nicht notwendig, die Nockenprofile an die spezifische Ausführung des Ventilsteuerungs-Systems anzupassen, um die erforderliche Ventilerhebungskurve zu erhalten. Der Clou des Ganzen ist, dass die effektive Länge der beiden Kipphebelarme immer gleich bleibt, weil sich einerseits zwischen Kontaktflächen zwischen Kipphebelarm und andererseits zwischen Nockenfolger und Ventil nicht verlängern. Dies im Gegensatz von zum Beispiel der Ducati Gruppe 6A Desmodromik.

Im Patent werden verschiedene Vorteile von desmodromischer Distribution genannt; zum Beispiel die Möglichkeiten, viel höhere negative Beschleunigungen zu verwenden und auch die positive Beschleunigung zu vergrößern, indem keine Ventillfeder gespannt zu werden braucht. Bei Ventillfeder motoren wird ein bedeutender Teil der Plankenpressung zwischen Nocken und Nockenfolger durch das Eindringen kenkender Ventillfeder herbeigeführt.

Ferner miszt auch Stark, nach dem Vorbild der Daimler-Benz-Techniker, der Desmodromik im niedrigen und mittleren Drehzahlbereich der Leistungskurve einen grossen Wert bei. Da das Öffnen und Schliessen schneller verläuft, brauchen die Ventile nicht so lange geöffnet bleiben und demzufolge geht auch wenig Kraftstoff-Luft-Gemisch verloren, wenn Einlass- und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind.

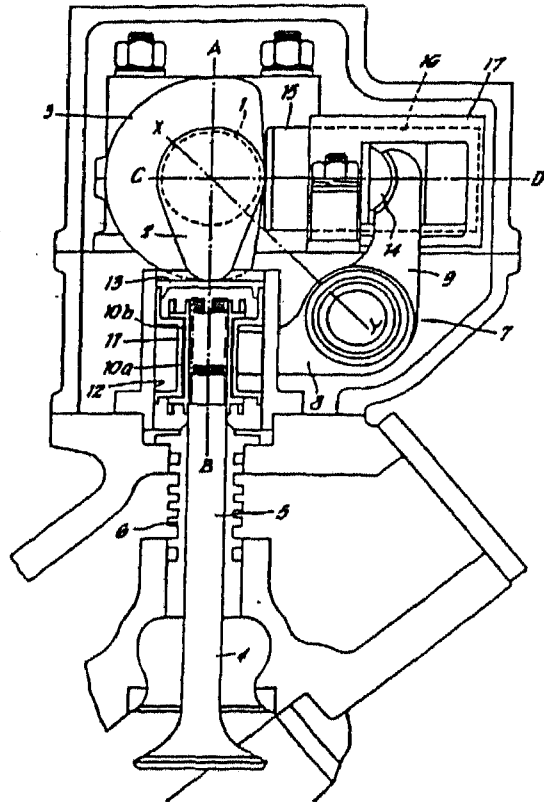


Bild 26: Das Leander Desmo-System

Im Patent wird schliesslich noch erwähnt, dass der Ventilhub in eine Anzahl Phasen aufgeteilt ist. Hierin wird das Ventil in Öffnungsrichtung nacheinander beschleunigt und verzögert, und danach geschieht das gleiche in Schlieszrichtung. Zwischen Beschleunigung und Verzögerung gibt es jeweils eine Zeitspanne, in der das Ventil eine gleichbleibende Geschwindigkeit besitzt, der sogenannte Freiflug.

Im grossen und ganzen zeigt Erfinder Frank Henry Stark im 1966 erteilten Patent viel theoretische Erkenntnis. Ob das komplizierte System aber auch eine praktische Verwendung hat, erscheint uns fraglich. Bedauerlicherweise ist Stark mitte der siebziger Jahre verstorben, und wir können nicht mehr verfolgen, ob das Leander-System doch irgendwann ausgeführt worden ist.

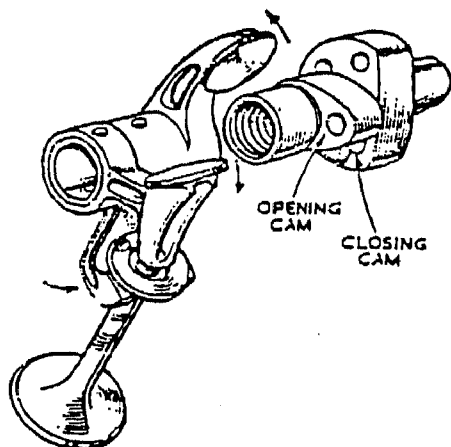


Bild 27: Desmo-System, von Lino Tonti entworfen

Tonti

Taruffi, Taglioni, Carcano, Tonti, Pattoni. Das sind keine unbekanntenen Namen: Es sind die grossen italienischen Motorradkonstruktoren, die dazu beigetragen haben, dass wir heute von "der klassischen Periode" (den fünfziger Jahren) sprechen können. Viele von diesen hochbegabten Technikern waren auch noch etliche Jahre nach dieser glorreichen Periode als Konstruk-

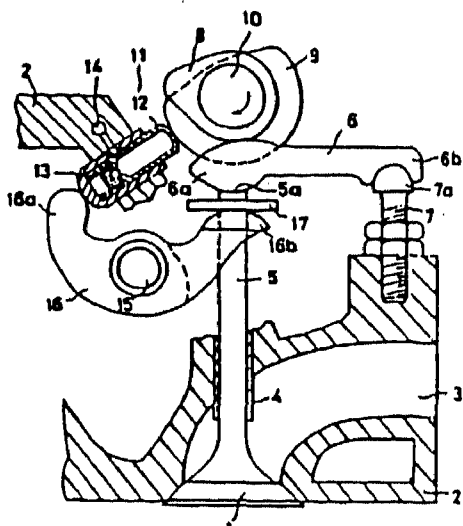


Bild 28: Die Desmo-Ausführung von Mitsubishi

teur in der italienischen Motorradindustrie tätig. Einer von ihnen ist Lino Tonti. Er fing bei Benelli an. Dann arbeitete er unter anderem mit Giuseppe Pattoni zusammen und für Bianchi, Gilera, Moto Guzzi und Alfa Romeo.

In Abbildung 27 ist eines seiner Systeme wiedergegeben. Genau wie beim Porsche-System, so liegen auch bei dieser Ausführung Schleppebel und Schlieszkippebel auf derselben Achse.

Lino Tonti hat an verschiedenen Desmo-Systemen gearbeitet. So hat er Ende der sechziger Jahre eine desmodromische Distribution für einen LINTO-Vierventiler ausgedacht. (LINTO ist eine Zusammensetzung der ersten Buchstaben von Tontis Vor- und Nachnamen). Diese Ausführung blieb jedoch auf dem Zeichentisch liegen. Davor, Anfang der sechziger Jahre, hatte er bei Bianchi ein System für ein Renn-Twin konstruiert. Diese Bianchi war in mehreren italienischen Rennen erfolgreich.

Mitsubishi

Eines der neuesten Systeme aus der Gruppe 5 ist das von Mitsubishi. 1984 wurde das in Abbildung 28 wiedergegebene System zum Patent angemeldet. Wie man sieht, sind Schleppebel und Schlieszkippebel jeweils auf einer Seite des Ventils angeordnet. Das Kennzeichnendste des Systems ist jedoch Teil 11, das sich zwischen Schliesznocken und Schlieszkippebel befindet. Durch dieses einstellbare Spielausgleichselement 11 werden Spiele im System automatisch korrigiert. Dadurch können die Toleranzen bei der Fertigung und Montage relativ gross sein.

Das besondere des Desmo-Patents von Mitsubishi ist, dass es nicht in erster Linie dem Zweck dient, den Ventiltrieb zu optimieren (schneller und/oder sicherer), was in allen zuvor erwähnten Patenten wohl der Fall war. Dagegen lag das Ziel von Mitsubishi-Techniker Yoshiro Danno, der als Erfinder genannt wird, in der Möglichkeit, grössere Toleranzen bei der Fertigung und Montage verwenden zu können.

Ducati

Mercedes kann ohne weiteres als die Marke betrachtet werden, die im sportlichen Bereich das meiste Aufsehen mit der desmodromischen Distribution erregte. Doch Kenner verbinden den Begriff Desmodromik eher mit der berühmten Motorradmarke Ducati. Die Bologneser Firma ist denn auch die einzige Marke, die eine Vielzahl von Motorrädern serienmäßig mit dieser Art der Ventilsteuerung ausstattet. In Kapitel VIII werden die Desmo-Ausführungen besprochen, die von 1968 bis heute in Ein- und Zweizylinder-Strassenmaschinen verwendet werden. In diesen Ausführungen wird nur eine einzige Nockenwelle zur Betätigung des Ein- und Auslassventils verwendet.

In den siebziger Jahren konzentrieren sich die Japaner ausschließlich auf die Entwicklung ihrer Motorblöcke. Neue Brennraumformen, doppelte obenliegende Nockenwellen und vier Ventile pro Zylinderkopf sind eher Regel als



Foto 6: Ing. Massimo Bordi

Ausnahme. Ducati erkennt, dass man die Verwendung dieser modernen Konstruktionen auf die Dauer nicht ignorieren kann.

Die Diplomarbeit von Massimo Bordi und Gianni Vetrini

Während des Studienjahres 1973/74 wird zwei Studenten der Universität in Bologna die Gelegenheit geboten, ihre Diplomarbeit bei Ducati auszuführen. Die beiden Studenten von der Fakultät Maschinenbau, Massimo Bordi und Gianni Vetrini, erhalten den Auftrag, eine Distribution für einen Vierventilkopf eines Zweizylinder-L-Motors zu entwerfen. Ausgangspunkt ist der Motor der berühmten Ducati 750 SS (Super Sport). Rennausführungen dieser Maschine erzielten 1972 auf den 200 Meilen von Imola die ersten zwei Plätze und hatten somit

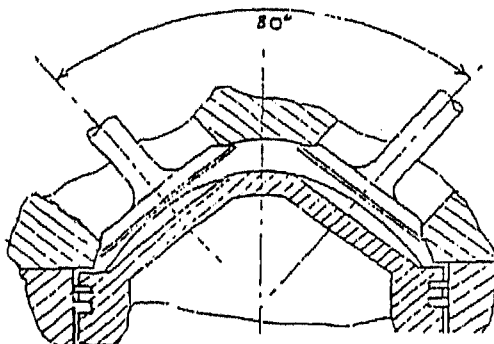


Bild 29: Brennraum eines Zweiventilers
Ventilwinkel: 80 Grad

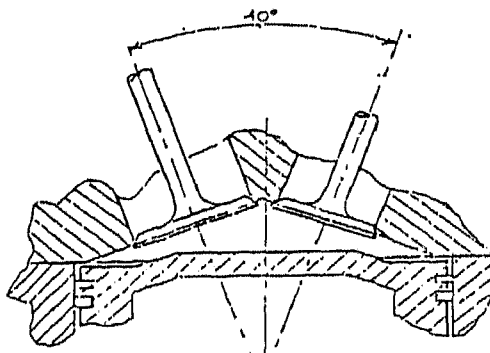


Bild 30: Brennraum eines Vierventilers
Ventilwinkel: 40 Grad

bewiesen, dass sie schneller waren als die Kombination Agostini/MV Agusta, von der man behauptete, dass sie nicht zu schlagen sei.

Die Originalausführung der 750 SS hat ein Desmo-System der Gruppe 6A. Das heisst, dass das Ventil mit separaten Nocken auf einer einzigen Nockenwelle, mittels zweier Kipphebel, geöffnet und geschlossen wird. Bordi und Vetrini gehen davon aus, dass man die Leistung dieses Zweiventilers nur dadurch vergrössern kann, indem man den thermischen und volumetrischen Wirkungsgrad steigert. Der thermische Wirkungsgrad steigt, wenn eine günstigere Brennraumform gewählt wird. Der volumetrische Wirkungsgrad wird, nach Meinung der beiden Studenten, reguliert durch die Strömungsbedingungen des Gasgemisches in den Ein- und Auslasskanälen.

Zweiventiler versus Vierventiler

Ein Nachteil der Zweiventiler ist, dass der Ventilwinkel sehr gross sein muss, um genügend Ventilquerschnitt zu erhalten, damit viel Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinder strömen kann (bei der 750 SS: 80 Grad, siehe Abb. 29). Bei einem vergleichbaren Vierventiler können die separaten Ventile kleiner sein und trotzdem genügend Ventilquerschnitt ergeben, wodurch der Ventilwinkel zum Beispiel 40 Grad betragen kann (siehe Abb. 30). Ein grosser

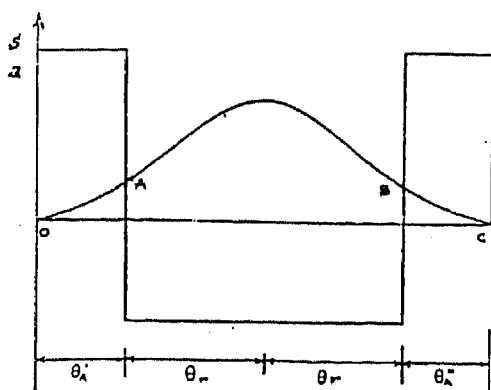


Bild 31: Ventilhub s und Ventilbeschleunigung a

Ventilwinkel hat eine ungünstigere Brennraumform zur Folge. Ausserdem wird beim Zweizylinder die ungünstige Form des Brennraums verstärkt durch die grossen Aussparungen vor den Ventilen im Kolben, wodurch der thermische Wirkungsgrad niedrig ist. Die Brennraumform des Vierventilers ist im Gegensatz dazu viel regelmässiger, und infolgedessen kann auch das Kompressionsverhältnis zunehmen.

Statt einem Zweiventiler einen Vierventiler vorzuziehen, hatten die beiden Studenten mit der Ducati-Tradition gebrochen, oder, genauer gesagt, mit den Kenntnissen und Erfahrungen von Ingenieur Taglioni. Dieser berühmte Konstrukteur hatte die Vierventil-Konstruktion auch schon einmal geprüft, ohne dabei nennenswerte Resultate zu erzielen. Er hat sich auch immer negativ über Vierventil-Zylinderköpfe geäussert.

Die Frage war jetzt, ob die beiden jungen Techniker auch die andere, noch bekanntere und mehr gepriesene Ducati/Taglioni-Tradition über Bord werfen würden: die desmodromische Ventilsteuerung.

Warum Desmodromik?

Sie analysieren den Ventilhub und die Ventilbeschleunigung im Verhältnis zur Verdrehung der Nockenwelle (siehe Abb. 31). In den Bereichen O-A und B-C sorgt die Trägheit von Ventil und Kipphebel für den Kontakt zwischen Nockenwelle, Kipphebel und Ventil. Dieser Kontakt ist notwendig, damit der Ventilhub so stattfindet, wie er von der Nockenwelle vorgegeben wird.

Die Trägheit von Ventil und Kipphebel hat allerdings die Neigung, diesen Kontakt im Bereich A-B zu unterbrechen. Diese Teile haben dann eine gewisse Geschwindigkeit in Öffnungsrichtung und wollen sich gleichsam von der Nockenwelle lösen.

Es ist die Aufgabe der Ventilsfeder, jedenfalls wenn es sich um einen konventionellen Ventilsfedermotor handelt, den Kontakt zwischen Nockenwelle, Kipphebel und Ventil im Bereich A-B zu gewährleisten.

Der spätere technische Direktor von Ducati und sein Kompagnon ziehen jedoch eine desmodromische Distribution vor. Ein zweiter

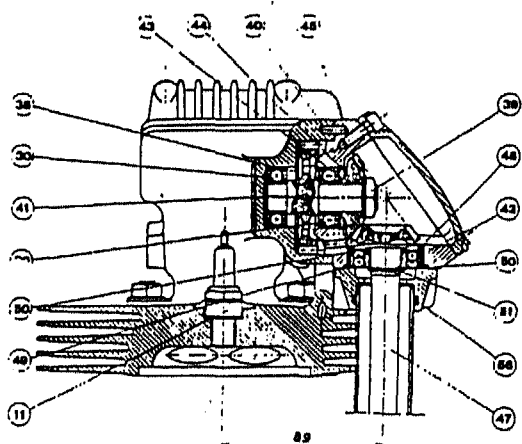
Nocken plus ein dazugehöriger Kipphebel sorgt dafür, dass das Ventil auch im Bereich A-B der Nockenbewegung exakt folgt. Wenn man so eine Ventilsteuerungsart verwendet, ist man sicher, dass das Ventil bei jeder Drehzahl, dem theoretischen Ventilsteuerungsdiagramm entsprechend, öffnet und schlieszt.

Dies wirkt sich auf den Wirkungsgrad und auf den Motor im groszen und ganzen günstig aus, und die Ventile werden nicht mehr flattern. Nach Meinung der künftigen Ingenieure gibt es noch andere Vorteile:

- die Belastung der Ventilsteuerungsteile wird reduziert
- die Trägheitskräfte variieren nicht
- verhindert wird, dass im Bereich O-A neben der Trägheitskraft auch noch die Federkraft überwunden werden muss wie in Ventildriversmotoren
- die mechanischen Reibungsverluste einer desmodromischen Distribution sind kleiner als bei einer konventionellen Ventilsteuerung.

Der Desmo-Entwurf für die 750 Königswellen-Twin

Im Anschluss an ihre Berechnungen, die sie von den verschiedenen Ventilsteuerungsteilen (Ventil, Nockenwelle, Zylindrisches Zahnrad, zentral angeordnete Welle und Konuszahnrad)



Königswellen-Getriebe des Vierventiler 750 SS Desmo

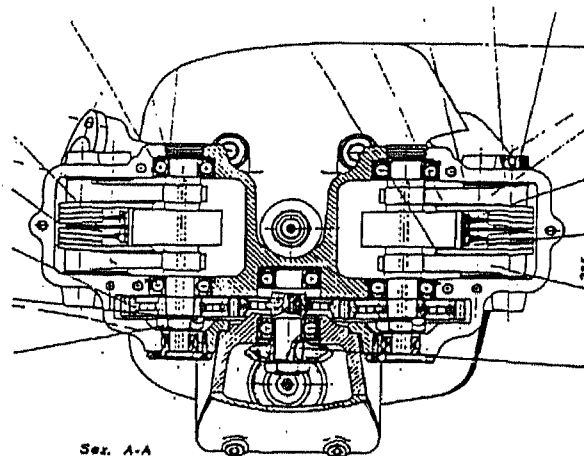


Bild 33: Obenansicht des Vierventiler 750 SS Desmo

anstellen, entwerfen Massimo Bordi und Gianni Vetrini eine desmodromische Distribution, wie sie in Abb. 32, 33 und 34 wiedergegeben ist.

Die traditionelle Königswelle 47 treibt mittels eines Kegelrades Übertragungswelle 41 an. Das auf diese Achse montierte Zentralrad betätigt zwei andere Zahnräder. Das eine Zahnrad setzt die Einlasznockenwelle in Bewegung, das andere die Auslasznockenwelle. Auf jeder Nockenwelle befinden sich drei Nocken, zwei Öffnungsnocken und ein Schliesznocken. Da der Schliesznocken doppelt ausgeführt ist, können mit diesem Nocken beide Ventile (Ein- und

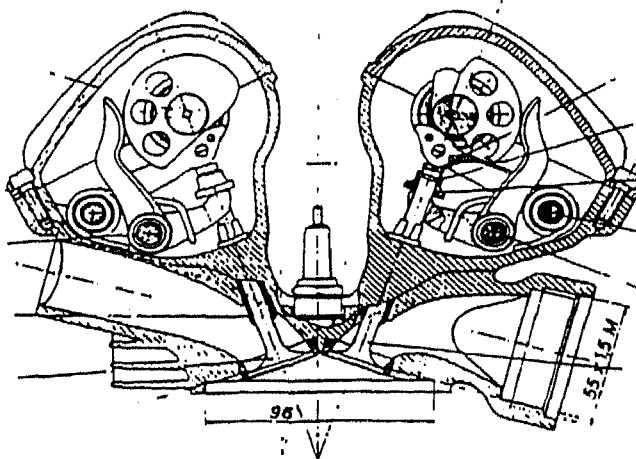


Bild 34: Seitenansicht/Querschnitt des Vierventiler 750 SS

Auslass) betätigt werden. Jedes Ventil hat seinen eigenen Schlieszkipphebel. Zwischen jeden Öffnungsnocken und jedes Ventil ist ein Schwinghebel montiert.

Das System kann man wirklich nicht als Raumwunder bezeichnen. Durch Lagerung der Schlieszkipphebel und Schwinghebel an der Außenseite und nicht zwischen den Nockenwellen und durch das montieren der Schlieszkipphebel und Schwinghebel auf eine eigene kleine Achse, wird der Zylinderkopf sehr hoch und vor allem sehr breit.

Fabio Taglioni und Massimo Bordi

Ingenieur Taglioni war den beiden Studenten während ihrer Zeit bei Ducati äusserst behilflich. Er, der von einigen der Vater der Desmodromik genannt wird, versah Bordi und Vetrini mit den erforderlichen Angaben. Und sie konnten natürlich auch von seinen jahrelangen Erfahrungen profitieren.

Nachdem sie die Diplomarbeit erfolgreich abgeschlossen hatten, hielt Massimo Bordi weiterhin Kontakt mit dem Maestro.

Er wurde sogar Taglioni's treue Stütze in der Konstruktionsabteilung von Ducati. Als Taglioni, der mehr als dreissig Jahre Mitarbeiter bei Ducati gewesen war, seine Funktion als Chefkonstrukteur niederlegte, wurde Bordi sein Nachfolger. Taglioni blieb allerdings noch als Berater mit Ducati verbunden.

Neue Impulse von Cagiva: die Ducati 851

Nachdem sich Bordi einen festen Platz bei Ducati erworben hat, geschieht im Jahre 1983 noch etwas Auffallendes. Die Besitzer der sich schnell ausbreitenden Cagiva-Motorradfabrik, die Brüder Castiglioni, schliessen eine Arbeitsgemeinschaft mit Ducati. Verschiedene Strassen- und Off-the-Road-Maschinen der Marke Cagiva werden mit Ducati-Motorblöcken ausgestattet.

Im Januar 1985 kauft Cagiva die Bologneser Marke ganz auf. Böse Zungen behaupten, den Castiglioni's ginge es nur um das Image der Marke Ducati, um vor allem im Ausland mehr Fuss fassen zu können. Tatsache ist, dass die notleidende Firma Ducati durch die Übernah-

me neue Impulse bekommt. Ein frischer Wind weht gleichsam durch die Werkhallen in Emilia Romana; und sofort wurde eine Reihe von Projekten auf mittellange und lange Sicht geplant. Eines dieser Projekte umfasst die Konstruktion eines neuen Flüssigkeitsgekühlten Zweizylinder-L-Motors mit Vierventilkopf, die Ducati 851. Anfang 1986 fängt man mit den Hauptpunkten dieses neuen Vierventilers an, nachdem festgesetzt worden war, dass Bordi die Endverantwortung für den technischen Bereich trage. Unter seiner Leitung werden mehrere Möglichkeiten erwogen.

Bordi's Kontakte mit Cosworth

Vor allem Bordi zeigt dabei Weitblick. Er erkennt, dass er von den Konstrukteuren der Formel 1-Rennwagen am meisten lernen kann. Das sind die Techniker, die am besten über Viertaktverbrennungs- und Motorenkonstruktionstechnik informiert sind (zweitakter beherrschen ja den Motorradrennsport). Da man nicht die Absicht hat, einen Turbo-Motor zu entwickeln, gerät man schon bald an die englische Firma Cosworth. Der Cosworth V8-Vierventiler ist die Antriebseinheit, die eine ganze Generation lang Erfolge erzielte, und zwar in der höchsten Klasse des Autorennsports.

Mit derselben Intensität, mit der Bordi die desmodromische Distribution seines Lehrmeisters Fabio Taglioni studierte, untersucht er jetzt die typischen Eigenschaften des modernen Vierventilkopfs von Cosworth. Nach der Meinung einiger Journalisten ist es eigentlich logisch, dass Bordi aus seiner Ducati-Tradition heraus und aufgrund der neu erworbenen Erkenntnisse die beiden Höhepunkte aus der Auto- und Motorradtechnik miteinander verbindet [MOTO TECNICA, 1987]. Aber in Wirklichkeit verläuft alles ganz anders. Massimo Bordi im Italienischen Motorradmagazin MOTOCICLISMO (JUNI 1987): "Was den Zylinderkopf betrifft, habe ich mich anfangs an der traditionellen kraftschlüssigen (mit Federn um die Ventile wieder zu schliessen) Ventilsteuerung orientiert. Ich befürchtete, dass mit Vierventilköpfen und desmodromischer Ventilsteuerung Probleme entstehen könnten, da der verfügba-

re Platz zu beschränkt war. Es waren die Castiglioni, die aufgrund des Markenimage darauf bestanden, desmodromische Distribution zu verwenden. Jetzt bereitet es uns aber keine Mühe mehr, den technisch schwierigeren Weg gewählt zu haben.“

Aus Bordis Worten geht deutlich hervor, dass die Wahl zugunsten der Zwangssteuerung nicht aufgrund technischer Erwägungen getroffen wird. Übrigens, auch die Cosworth-Techniker verzichteten schliesslich auf die Verwendung der Zwangssteuerung, nachdem sie damit eingehend experimentiert hatten [Bruno de Prato in *Moto Tecnica* Nr. 1/1987]. Ihrer Meinung nach würden Zylinderköpfe, ausgestattet mit vier, desmodromisch betätigten Ventilen in thermodynamischer Hinsicht ideal sein. Es könnte ihre DFV/DFY 3000 cm³ Formel 1-Rennmotoren wieder konkurrenzfähig machen. Aber nach mehreren Versuchen beschlieszen sie, das ganze Desmo-Abenteuer abzublazen. In Anbetracht der Komplexität und des beschränkten Platzes bringt die Verwendung desmodromischer Distribution bei einem Vierventilkopf zuviel Probleme mit sich. Verbrennungstechnisch würde es ideal sein, doch mechanisch ist es kaum realisierbar.

Bordi schrieb sich die Erkenntnisse der Cosworth-Leute gut hinter die Ohren. Und auch er kommt zu der Schlussfolgerung, dass die Kombination Vierventilkopf und Zwangssteuerung sehr schwierig auszuführen ist.

Es musz für viele, mit allen Wassern gewaschenen Ducati-Freunde eine harte Nusz gewesen sein, als sie hörten, dass es die beiden Cagiva-Chefs, Claudio und Gianfranco Castiglioni, waren, die die Zukunft der Desmodromik sichergestellt haben. Aufgrund technischer Erwägungen hätte Ducatis technischer Direktor lieber auf Zwangssteuerung verzichtet. Doch glücklicherweise erkennen die Castiglioni die Bedeutung der Desmodromik für den Markennamen Ducati. Auch andere Sachverständige sind sich darüber einig, dass eine Ducati ohne Desmodromik das gleiche wäre wie Sizilien ohne Mattia.

Er musz etwas ausführen, das er in erster Linie ablehnt. Aber, so könnte man anführen, er hatte doch schon Anfang der siebziger Jahre einen Vierventilkopf entworfen. Genau, aber diese Konstruktion ist nie ausgeführt worden, und die Entwicklungen haben in den letzten zehn Jahren nicht stillgestanden. Um die Baubreite des Motors zu beschränken, müssten die Schwinghebel- und Kipphebelwellen zwischen den Nockenwellen gelagert werden. Dies im Gegensatz zu der Ausführung vom Projekt der Diplomarbeit, in der die Schwinghebel- und Kipphebelwellen an der Auszenseite gelagert sind (siehe Abb. 34). Da der Ventilwinkel unveränderlich auf 40 Grad gehandhabt wird, ist der verfügbare Raum also sehr begrenzt. Im Unterschied zur alten Version, sollte das neue System in einen wassergekühlten Motorblock eingesetzt werden. Ferner hatten die Castiglioni noch mitteilen lassen, dass die desmodromische Ventilsteuerung so ausgeführt werden müsse, dass deren Wartung weniger zeitraubend wird.

Mit all diesen Konstruktionsbedingungen geht Ingenieur Bordi an die Arbeit; und das Ergebnis ist das System, wie es in Abbildung 35 wiedergegeben ist. Dieser Entwurf bildet

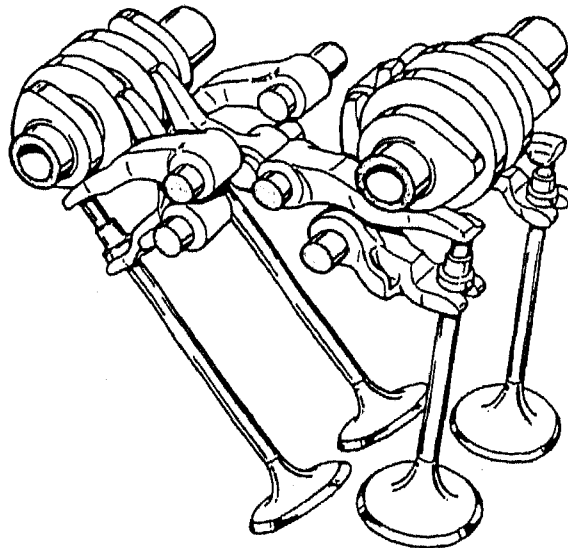


Bild 35: Das Ventilsteuerungs-System der 851er Ducati

Der Motorenentwurf der Ducati 851

Zurück zu Massimo Bordi, der jetzt mit einer fast unmöglichen Aufgabe konfrontiert wird.

die Basis der Antriebseinheit der 851er Ducati. Ein Motorrad, versehen mit den letzten technischen Neuheiten, das sowohl als Werks- und Serienrennmaschine und auch als sportliche Strassenmaschine ausgeführt wird. Die technischen Aspekte, die am meisten am Motorrad auffallen, sind einerseits die Zwangssteuerung und andererseits das kombinierte Benzineinspritzungs-/Zündsystem. Sowohl die Steuerung der Benzineinspritzung wie auch die Zündung werden durch einen Computer aufeinander abgestimmt. Als Eingabe verarbeitet der Elektronenrechner die Drehzahl, den Gasschieberstand, die Temperatur des Kühlwassers, die Temperatur der Gaszufuhr, den Luftdruck und die Position des Kolben im Verhältnis zum obersten Totpunkt. Das sogenannte Motormanagement-System wird von Minarelli-Weber geliefert. Es wird unter anderem auch in Ferraris verwendet.

Es ist in der Tat erstaunlich, dass eine kleine Fabrik wie Ducati die Verwendungsfähigkeit dieses integrierenden Systems schon so schnell zum Einbau in Motorrädern ausnutzt. Sie versuchen damit sogar, es den japanischen Fabriken gleichzutun. Dass es tatsächlich die Absicht der Brüder Castiglioni ist, die Japaner zu übertrumpfen, geht zum Beispiel hervor aus der untenstehende Werbeanzeige in einem italienischen Motorradmagazin (das Thema dieser Werbeanzeige ist natürlich die desmodromische

Ducati ist dazu fähig, desmodromische Motoren herzustellen, die High Tech und handwerkliche sorgfalt miteinander verbinden. So kaufen auch die Japaner eine Ducati, wenn sie ein Motorrad mit einem Desmo-Block anschaffen wollen. Nicht ohne Grund ist Ducati das meist verkaufte ausländische Motorrad in Japan.

Das Desmo-System der 851er, etwas näher betrachtet

In Abbildung 35 wird eine dreidimensionale Zeichnung des modernen Ducati-Systems wiedergegeben. In der besonders schönen Zeichnung tritt die Komplexität des Ventilsteuerungs-Systems deutlich hervor. Pro Zylinderkopf werden vier Schwinghebel plus vier Schlieszkipphebel verwendet, um die gleiche Anzahl Ventile zu führen. Im Gegensatz zur Version der Diplomarbeit steht jeder Kipphebel in Kontakt mit einem eigenen Schliesznocken. Ein gemeinsamer Schliesznocken pro Ventil wird nicht verwendet. In der dreidimensionalen Zeichnung sind die Federn nicht wiedergegeben, obwohl leichte Haarnadelventilfedern auf der offiziellen Werkzeichnung ganz genau zu sehen sind; siehe Teil 23A/23B in Abbildung 36.

Ferner geschieht die Einstellung des Ventilspiels durch die Montage der richtigen Ein-

desmo CON QUESTE CINQUE LETTERE DUCATI HA FATTO IMPAZZIRE I GIAPPONESI

Desmo sta per Desmodromico, ossia un particolare sistema di comando delle valvole che elimina le molle di richiamo e rende il motore di tutte le Ducati unico al mondo quanto a rendimento, affidabilità, sicurezza. Solo Ducati è in grado di fare motori desmodromici, mettendo insieme altissima tecnologia e attenzioni quasi artigianali. Così anche i Giapponesi, quando vogliono una moto con motore desmodromico, comprano una Ducati. Non per niente Ducati è la moto straniera più venduta in Giappone.

Ventilsteuerung, die die Ducati so einzigartig macht).

Deren buchstäbliche Übersetzung lautet: Mit diesen 5 Buchstaben (Desmo) hat Ducati die Japaner verrückt gemacht. Desmo bedeutet Desmodromik, mit anderen Worten, ein bestimmtes System zur Steuerung von Ventilen, das Federn überflüssig macht und den Motor jeder Ducati einzigartig hinstellt, in bezug auf Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Sicherheit. Nur

stellkappen, in Abbildung 36 die Teile 12 und 13.

Der Bedingung des Castiglioni, die Wartung der desmodromischen Ventilsteuerung zu vereinfachen, ist Bordi sehr einfallsreich entgegengekommen. Mit Hilfe der Abbildung 37, ein Querschnitt über die Linie III-III aus Abbildung 36, kann das eine oder andere erläutert werden. Der Clou ist, dass die Nabe des Schwinghebels 30 nicht so breit wie die

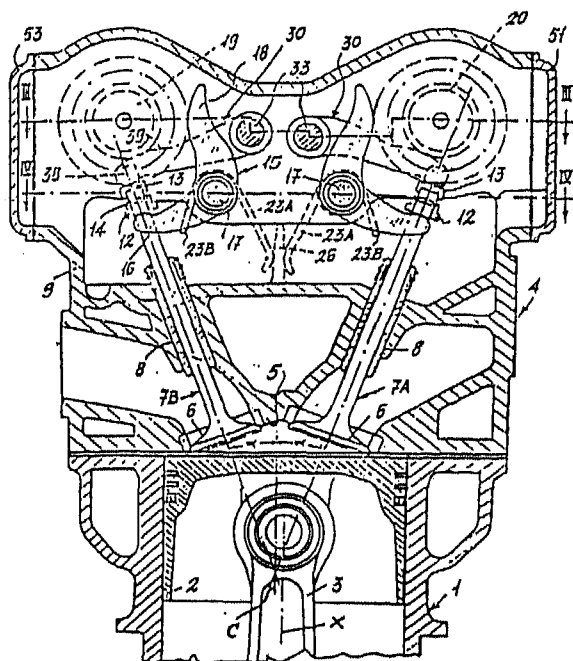


Bild 36: Vertikaler Querschnitt des Zylinderkopfs der 851-er

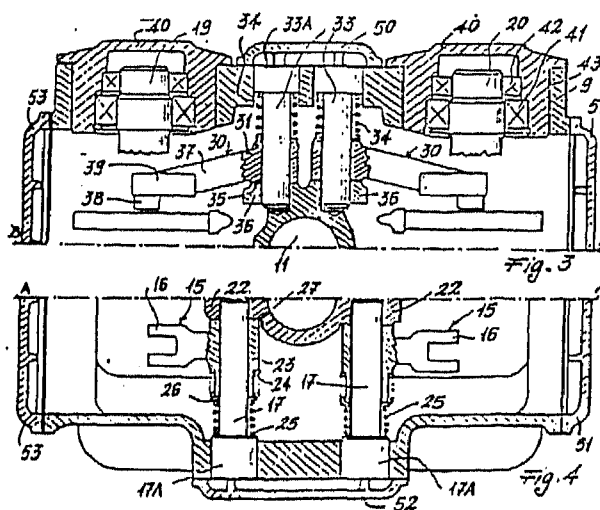


Bild 37: Querschnitt über die Linie III-III und IV-IV aus 36

Schwinghebelwelle 33 lang ist, wodurch der Schwinghebel über die Achse verschiebbar ist. Schraubenfeder 34 sorgt dafür, dass Schwinghebel 30 die genaue Position behält. Durch diese Konstruktion ist es nicht nötig, eine Kipphebelwelle und dann den Kipphebel auszubauen, um die Einstellkappen auszuwechseln zu können, was beim alten System wohl der Fall ist. Will man, im neuen System, zum Beispiel die Kaliber 12 und 13 vom Ventil 7A durch andere ersetzen, dann muss man folgendermaßen vorgehen: Zuerst entfernt man Deckel 51, um Zugang zum Ventilsteuerungs-System zu bekommen. Man dreht Nockenwelle 20, bis der dazugehörige Schwinghebel 30 nicht mehr auf Ventilschaft 7A drückt, verschiebt den Schwinghebel über Achse 33, dem Druck der Feder 34 entgegen, und entfernt dann die beiden Kaliber. Nachdem die Kaliber mit den richtigen Ausmaßen eingebaut worden sind, bringt man Schwinghebel 30 wieder über den Ventilschaft zurück, indem man ihn über Achse 33 verschiebt. Zuletzt wird Deckel 51 wieder montiert.

Das Ventilspiel kann ohne Demontage von Kipphebel, Schwinghebel oder ihrer Achsen eingestellt werden. Es ist deutlich, dass diese Art der Ventilspieleinstellung weniger zeitraubend ist, und der Ducatist damit billiger fährt.

Die Leistungen der 851er

Die Leistungen, die die Ducati 851 bringt, sind ein Produkt aus dem Bologneser Werk ungewöhnlich. Der Zweizylinder mit 851 cm³ Hubraum (Bohrung x Hub 92 x 64 mm) schafft in der Strazenausführung gut 109 PK bei 9000/min. Die Sportversion erreicht sogar 121 PK bei 10.000/min. Der Achtventiler, mit dem Marco Lucchinelli im März 1987 am Rennen in Daytona teilnahm, schafft, nach Franco Farnes Meinung (Chef der Entwicklungsabteilung von Ducati) 120 PS auf dem Hinterrad. Ausserdem weist Lucchinelli auf den sehr breiten Powerband hin: "Die Leistung kommt bei 4000/min., und bei 6000 Umdrehungen fühlt sich der Motor schon sehr stark an." Und man muss sich einmal vorstellen,

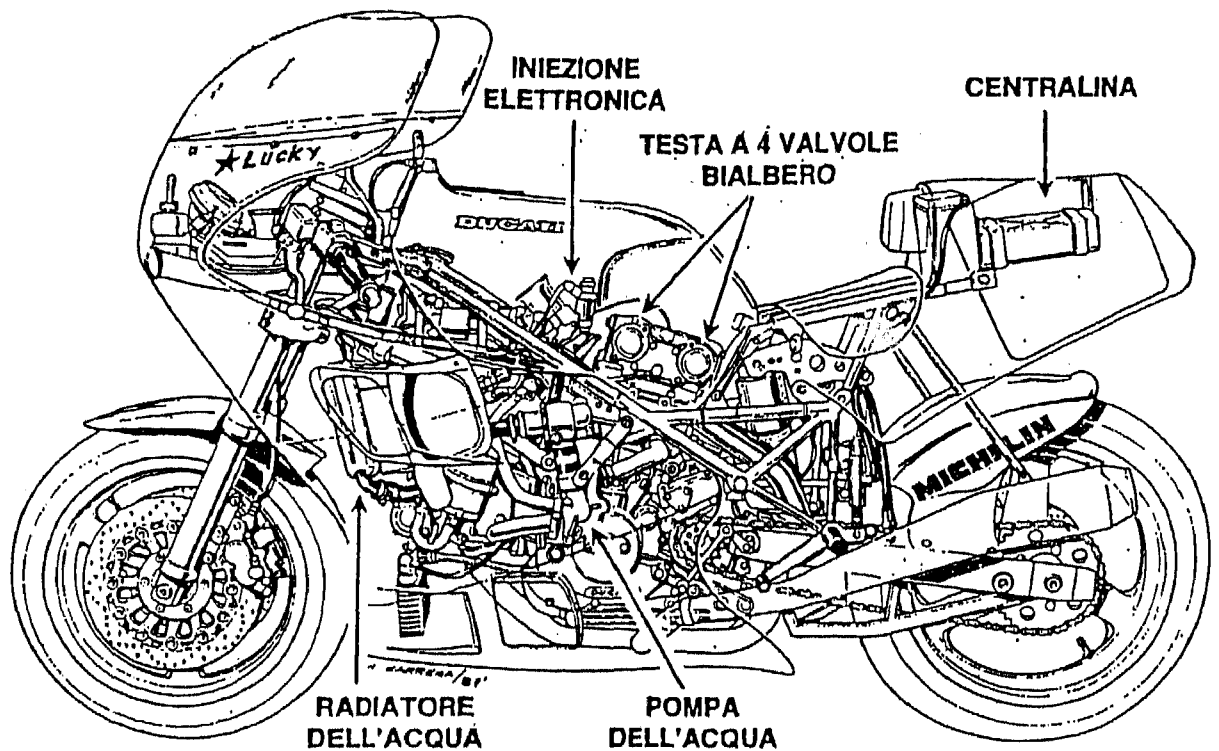


Bild 38: Die 851er Ducati

dasz die Antriebseinheit, unter anderem wegen der desmodromischen Ventilsteuerung, maximal 12.000 Umdrehungen drehen darf. Die Höchstgeschwindigkeit der 851er-Rennmaschine betrug in Daytona 165,44 mph oder 266 km/h.

Das Debüt der 851er

Nachdem im April die Hauptmerkmale des Achtventilers festgelegt worden sind, fängt man schon zwei Monate später mit Experimenten mit der Einspritz-Zündanlage an. Im September folgt das Debüt während des Bol d'Or, eines der bedeutendsten 24-Stunden-Rennen für Motorräder. Dieser französische Wettkampf, in dem die Ducati nach 15 Stunden und an siebter Stelle liegend, aufgeben musz, ist ein wichtiger Gradmesser. Sechs Monate nach dem Bol d'Or kehrt die 851er, mit Marco Lucchinelli als Rennfahrer, auf die amerikanische

Rennstrecke von Daytona zurück, für die "Battle of the Twins" (Rennen, an denen ausschließlich Zweizylinder-Viertakter teilnehmen dürfen). Der ehemalige Weltmeister der 500 cm³ Grand-Prix-Rennen zeigt in Amerika nicht nur sein eigenes Können, sondern auch die Qualitäten der 851er Ducati. Obwohl die Maschine noch nicht so perfekt läuft, erringt Lucchinelli mit dem 851er-Achtventiler im zweiten Rennen doch den ersten Platz.

Das erste richtige Rennjahr: Italienische Superbike Meisterschaft 1987

1987 sieht man die neue Ducati nur auf Superbike-Rennen in Italien. In allen sieben Rennen um die italienische Superbike-Trophäe wird die 851er eingesetzt. Es musz hierbei bemerkt werden, dasz in der Superbike-Klasse vor allem japanische Vierzylinder die Rennen

beherrschen. Diese supergetunten Rennmaschinen, hauptsächlich auf der Honda VFR 750, Yamaha FZ 750 und Suzuki GSX 750 R basierend, werden von italienischen Spitzenrennfahrern gefahren. Sogar Amerikas ehemaliger Meister in der Superbike-Klasse Fred Merkel (Honda) wird von einem italienischen Team verpflichtet, für die italienische Superbike-Meisterschaft anzutreten. In diesem spannungsgeladenen Feld ist die Ducati 851-Twin natürlich ein fremder Vogel. Wer auch immer am Anfang der Saison vorausgesagt hätte, dass dieser revolutionäre Zweizylinder, der "Frisch vom Zeichentisch" kam, bei allen sieben Rennen die beste Startposition für sich beanspruchen würde, den hätte man für verrückt erklärt.

Doch schafft es Lucchinelli sechsmal und Stefano Caracchi (auch auf einer 851er) es ein einziges Mal, die schnellste Trainingszeit zu erreichen: vor allen japanische Vierzylindern. Damit ist doch wohl bewiesen, dass es der Ducati nicht an Leistung und Geschwindigkeit fehlt. Im Vergleich dazu ist die Zuverlässigkeit noch nicht optimal. Vor allem die kombinierte Zünd-/Einspritzanlage ist einige Male die Ursache gewesen, dass die Maschine ausfiel oder eine niedrige Klassierung erhielt. Jedoch in den Fällen, in denen die Maschine so läuft, wie es sein sollte, hat Lucchinelli nicht die geringste Mühe, seine Konkurrenten zu über treffen. Sowohl auf der Rennbahn in Monza (am 21. Juni) wie auch in Misano (am 15. August) führt dies zu einem Sieg im Superbike-Rennen. Und schließlich erringt Lucchinelli einen zweiten Platz im Endstand der Italienischen Superbike-Meisterschaft.

Die Superbike-Weltmeisterschaft 1988

Am Osterwochenende 1988 wird die erste Superbike-Weltmeisterschaft auf der englischen Rennbahn von Donington Park abgehalten. Die 15.000 Zuschauer sehen fassungslos zu, wie Marco Lucchinelli die japanischen Markennamen übertrumpft. Durch einen zweiten und ersten Platz wird Lucchinelli Gesamtsieger im Superbike-Rennen. Mit der 851er schlägt er alle bekannten Konkurrenten wie Joey Dunlop, Davide Tardozzi und Fred Merkel. Die beiden folgenden Runden, in Ungarn und in der Bun-

desrepublik, verlaufen für Lucchinelli nicht so gewaltig. Wegen technischer Probleme erzielt Marco nur einige mittelmäßige Ergebnisse.

Auf dem schnellen Österreichring findet die vierte Runde statt. In Anwesenheit vieler Ducati-Mitarbeiter, sie hatten den Österring als Ziel ihres jährlichen Betriebsausflugs gewählt, gelingt es dem Ducati-Werksrennfahrer den ersten Lauf zu gewinnen. Es ist wirklich erstaunlich, dass der 851er Zweizylinder auf so einer schnellen Rennstrecke vor allen Vierzylindern seine führende Position hält. Im zweiten Lauf, von Davide Tardozzi mit Bimota gewonnen, muss Lucchinelli wegen einer gebrochenen Kerze aufgeben.

Nach diesem Teilerfolg werden aufs neue magere Ergebnisse in Japan und Frankreich erzielt. Wieder sind es hauptsächlich mechanische Probleme, die Lucchinellis Tatendrang zügeln. Dass die Ducati eine schnelle Maschine ist, ergibt sich erneut aus der Tatsache, dass in Sugo (Japan) und auch in Le Mans (Frankreich) die schnellste Trainingszeit erzielt wird.

Das letzte Superbike-Rennen auf dem europäischen Festland ist das in Portugal. In diesem Rennen kann, neben Lucchinelli, auch der französische Rennfahrer Raymond Roche über eine Ducati-Werksmaschine verfügen. Mit dem Franzosen läuft es jedoch nicht so gut ab. Im ersten Lauf verlässt er das Rennen wegen elektrischer Probleme, und im folgenden Lauf muss er einige Runden vor dem Ziel aufgeben, da die Benzinpumpe ausgefallen ist. In diesem Augenblick führte Roche. Lucchinelli erringt einen dritten beziehungsweise vierten Platz. Nach dem Rennen in Portugal folgen noch zwei in Australien und Neuseeland. Doch Ducati faszt den Entschluss, nicht an diesen Rennen teilzunehmen. Die Chance, dass Lucchinelli immer noch den Weltmeistertitel gewinnen könne, ist dann aber sehr klein, obwohl nicht ausgeschlossen. Massimo Bordi bereitet sich lieber gut auf die Saison '89 vor.

Lucchinelli erreicht schließlich die fünfte Position auf der Endrangliste der ersten Superbike-Weltmeisterschaft. Das ist eine ausgezeichnete Leistung, in Anbetracht des Entwicklungsstadiums der Ducati und ihrer Abwesenheit bei einigen Rennen.