



Paris, 30. September 2010

Neuer „4N1“ DIESELMOTOR

- Kennzeichen: hohe Umweltverträglichkeit -

Ebenso innovativ wie die flexible „Global Project“-Fahrzeugarchitektur ist die neue Motorengeneration 4N1, die Mitsubishi jetzt vorstellt: Die gemeinsam mit Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) entwickelte Triebwerksfamilie verfügt über zwei obenliegende Nockenwellen (DOHC), Vierventiltechnik, Common-Rail-Direkteinspritzung der Zylinderkopf ist aus Aluminium, der Motorblock aus Aluminium/Druckguss. Über die Abgaseinstufung Euro 5 hinaus ist der Motor darauf ausgelegt, die künftige Euro-6-Norm sowie weitere außereuropäische Emissionsstandards zu erfüllen (USA, Japan).

Zwei Hubraumversionen des neuen Motors kommen in Europa in folgenden Modellen zum Einsatz:

- im Kompakt-Crossover ASX 1.8 („4N13“),
- in Lancer Sportlimousine und Lancer Sportback 1.8 („4N13“),
- im Mittelklasse-Crossover Outlander 2.2 („4N14“)

Die neue, im Juni 2006 angekündigte und in den Studien Concept-cX (September 2007; 1,8-l-Version) sowie Concept-ZT (Oktober 2007; 2,2-l-Version) vorgestellte Hightech-Dieselfamilie versetzt Mitsubishi in die Lage, 1) auf zukünftige Markterfordernisse (Euro 6 oder spezielle Anforderungen in USA und Japan) noch differenzierter reagieren zu können, 2) eigene Technologien und eigenes Know-how auszubauen und 3) im Bereich Dieselantriebe von externen Partnern unabhängig zu sein.

* Whilst it will of course meet Euro-5, it will also have enough built-in flexibility for Euro-6 and beyond as well as other emission requirements outside of the EU, if needed (“Tier 2 Bin 5” in the US and “Post New Long Term” in Japan)

Weltneuheit: Diesel mit variabler Ventilsteuerung

Das Kürzel „4N1“ steht für das jüngste Produkt einer langen Mitsubishi-Dieseltradition, die bis ins Jahr 1931 zurückreicht: zum ersten in Japan entwickelten Fahrzeugdiesel „450AD“. Die neue Triebwerksgeneration verfügt über eine Vielzahl innovativer Technologien, zu denen die kürzlich eingeführte Benziner-Familie „4B1“

ebenso beigetragen hat wie die hocheffiziente, aus MMC- und MHI-eigenen Forschungen entwickelte Verbrennungssteuerung.

Technologisches Highlight und Weltneuheit im Bereich Pkw-Dieselmotoren ist die Kombination mit der variablen Ventilsteuerung MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control system). Dadurch war es den Mitsubishi-Motorenentwicklern möglich, ein für Dieserverhältnisse außergewöhnlich niedriges Verdichtungsverhältnis zu wählen.

Neuer konzeptioneller Ansatz

Der MIVEC-Dieselmotor 4N1 ist Ergebnis einer betont innovationsfreudigen Herangehensweise an eine Dieselerwicklung, die sich im Markt gegen starke und renommierte Wettbewerber behaupten muss.

Angesichts der Rahmenbedingungen im europäischen Markt ergab sich für die Entwickler folgende Ausgangslage:

- ➔ Besitz von umfassendem Know-how in der Entwicklung von Benzinmotoren – vom hocheffizienten 660-cm³-Dreizylinder-MIVEC-Triebwerk für den japanischen Markt bis zum 295 PS starken 2,0-Liter-Vierzylinder des Lancer Evolution.
- ➔ Trotz vorhandener Dieseltradition bestand das existierende Motorenprogramm aus Triebwerken, die vor allem auf die spezifischen Anforderungen großer Allradmodelle wie des Pajero und des L200 zugeschnitten waren.

Derart „unvorbelastet“, begriffen die Entwickler die Herausforderung als Chance und begannen auf dem berühmten weißen Blatt Papier mit einigen einfachen Fragen: Ist Benziner-Know-how auf den Dieselsektor übertragbar? Lässt sich mit diesem Wissen ein Dieselmotor entwerfen, der sich in verschiedenen Bereichen am Benziner orientiert? Könnten Benzinertechnologien möglicherweise sogar dazu beitragen, eine neue Generation besonders umweltverträglicher Dieselmotoren zu entwickeln?

Die Antwort lässt sich auf das Kürzel „4N1“ komprimieren. Es bezeichnet einen Motor, der sich durch Kompaktheit, hohe Leistungsausbeute sowie einen niedrigen Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß auszeichnet – und der großes Potenzial für weitere Entwicklungen bietet.

MHI brachte seine Expertise in Industrie- und Schiffsdieselmotoren bei Aluminium-Gusstechnologie, Thermodynamik und Verbrennungssteuerung in die Entwicklung ein. Wertvolle Dienste leistete dabei die CFD-Technologie (Computational Fluid Dynamics). Das komplexe, in der Luftfahrtindustrie verwendete Programm dient dem Zweck, strömungsdynamische Konfigurationen realistisch zu simulieren und zu analysieren. Das spart Entwicklungszeit und Investitionsaufwand.

Fortschrittsmerkmal: reduziertes Verdichtungsverhältnis

Grundsätzlich nutzen Dieselmotoren die Kompressionshitze zum Auslösen der Zündung. Aufgrund des hohen Verdichtungsverhältnisses, das dazu erforderlich ist, besitzen sie den höchsten thermischen Wirkungsgrad aller Motoren mit innerer Verbrennung. Die Folge: niedriger Kraftstoffverbrauch und geringere Emissionen, vor allem CO₂.

Wegen der hohen Betriebsdrücke müssen verschiedene Komponenten von Dieselmotoren aber stärker ausgeführt werden, was die Triebwerke schwerer macht als vergleichbare Benzinler. Logische Konsequenz für die Mitsubishi Ingenieure: Reduzierung der innermotorischen Kräfte durch Reduzierung der Kompressionsrate, um eine leichtere Struktur ähnlich der eines Benzinmotors zu erhalten. Ergebnis: der Dieselmotor mit der niedrigsten Kompressionsrate aller derzeit im Markt befindlichen Triebwerke, die diesem Verbrennungsprinzip folgen:

- ➔ 14,9:1 (Ausführung 1.8 l „4N13“ > ASX, Lancer)
- ➔ 14,9:1 (Ausführung 2.2 l „4N14“ > Outlander).

Dieses Verdichtungs-„Rekordtief“ war ein Hauptentwicklungsziel der MMC- und MHI-Ingenieure. Es kombiniert ein hervorragendes Geräusch- und Laufverhalten mit niedrigen Emissionen, hoher Zuverlässigkeit und einer souveränen Leistungscharakteristik.

Obwohl 4N1 eine reine Dieseleentwicklung ist, teilt er verschiedene Elemente der Basisarchitektur mit dem Benzinler-Pendant 4B1:

- ⇒ Der Leichtbau-Zylinderblock aus Aluminium-Druckguss wiegt rund 10 Kilogramm weniger als ein Graugussblock. Dank einer gemeinsam mit MHI entwickelten, CAD/CAM-unterstützten Konstruktion ist er außerdem in der Lage, hohe Temperaturen und Kräfte problemlos aufzunehmen. Außerdem brachte das Verfahren eine signifikante Verbesserung der Gussqualität mit sich.
- ⇒ Auch bei dem vom Zulieferer Mahle entwickelten Kunststoff-Zylinderkopfdeckel kommt das Leichtbauprinzip zur Anwendung. Mit rund einem Kilogramm Gewicht ist dieser um etwa 50 Prozent leichter als ein vergleichbares Aluminiumbauteil und trägt so zur Gesamteffizienz bei.

Die Ähnlichkeit der Architekturen bot einige Vorteile, sowohl im Hinblick auf die Entwicklungszeit (ca. drei Jahre zwischen ersten Studien und dem Produktionsstart im April 2010) also auch auf die Entwicklungskosten, da gemeinsame Produktionssysteme im Mitsubishi Motorenwerk Shiga genutzt werden konnten.

Das quadratische Hub-/Bohrungsverhältnis des innovativen Dieselmotors bedeutet zudem kürzere und leichtere Pleuel und Kolben, vor allem bei der kleineren 1,8-Liter-Hubraumvariante. Von den erzielten Gewichtseinsparungen profitieren nicht nur Kraftstoffverbrauch und Emissionen, sondern auch Fahrdynamik und Antriebscharakteristik.

Variable Ventilsteuerung „MIVEC“

Die niedrige Kompressionsrate des 4N1-Motors ermöglichte einerseits eine Gewicht und Kraftstoff sparende Leichtbaukonstruktion, warf aber auch die Frage auf, wie eine ausreichende Verdichtung zum Auslösen des Zündvorgangs zu erreichen war. MIVEC löste das Problem.

Denn in ähnlicher Weise, wie das Elektrofahrzeug Mitsubishi i-MiEV durch sein mehrfach ausgezeichnetes Steuerungssystem „MiEV OS“ realisiert werden konnte, verdankt der dieselbetriebene Mitsubishi-Fortschrittmotor seine Existenz der variablen Ventilsteuerung MIVEC – und ist damit der weltweit erste Pkw-Dieselmotor mit dieser Technologie.

MIVEC erwies sich nicht nur als wegweisend bei dem Bestreben, die gewünschte Niedrigverdichtung zu realisieren, sondern auch im Hinblick auf Konstruktion und Performance.

Das MIVEC-System kommt auf der Einlassseite des Motors zum Einsatz und variiert über zwei unterschiedliche Nockenprofile Öffnungshub und -dauer der Ventile. Die präzise Steuerung des angesaugten Luftstroms verbessert über ein breites Drehzahlspektrum die Effizienz und das Leistungsverhalten des Triebwerks, während gleichzeitig das niedrige Verdichtungsverhältnis die Wirtschaftlichkeit erhöht und Emissionen senkt.

Gerade Dieselmotoren mit ihrem begrenzten Drehzahlspektrum kommt diese Technologie entgegen. Nicht nur die Kompressionsreduktion gegenüber konventionellen Dieselmotoren wird auf diese Weise ausgeglichen, es ergeben sich auch Vorteile

- ➔ beim Kaltstart
- ➔ sowie der Verbrennungsstabilität und dem Geräusch- und Schwingungsverhalten.

In beiden Bereichen bietet MIVEC praktische Vorteile:

- ⇒ Durch optimiertes Schließtiming der Einlassventile erhöht sich das effektive Verdichtungsverhältnis.

- ⇒ Der reduzierte Öffnungshub bei einem der Einlassventile sorgt für stärkere Verwirbelungen und optimiert dadurch Gemischbildung, Verbrennung, Zylindertemperatur und NOx-Bildung.

Weitere spezifische Konstruktionsmerkmale

MIVEC ist ein Schlüssel für das Motorenkonzept 4N1, aber nicht der einzige. Denn die Steuerung des Ansaug-Luftstroms ist eine Sache, ein optimaler Brennverlauf eine andere. Dabei spielen verschiedene Faktoren eine Rolle:

- ⇒ Die Brennraumform ist für eine vollständige Gemischverbrennung ebenso wichtig wie für die Reduzierung von Verbrennungstemperatur und Stickoxidbildung (NOx). Die Kolbenböden besitzen daher eine flache Schalenkontur mit einer kleineren Eingangsöffnung als der Verbrennungsraum, was die Kraftstoffökonomie verbessert und die Verbrennung stabilisiert.
- ⇒ Ein weiterer Schlüsselpunkt ist der Einspritzvorgang selbst. Das Common-Rail-System des 4N1-Motors operiert mit 2.000 bar Arbeitsdruck (allgemein üblich sind 1.800 bar), was eine noch bessere Zerstäubung des Kraftstoffs gewährleistet.
 - Die Einspritzung gliedert sich in die drei Sequenzen
 - > Piloteinspritzung,
 - > Voreinspritzung
 - > und Haupteinspritzung.

Ausgeprägte Laufkultur

Parallel dazu kamen weitere Maßnahmen zum Einsatz, um dieseltypische Geräusche und Rauigkeiten im Motorlauf weiter zu reduzieren.

Drei Bereiche standen dabei im Fokus:

- ⇒ Verdichtungsverhältnis: Durch den extrem niedrigen Wert von 14,9:1 leistet dieses Konstruktionsmerkmal einen wichtigen Beitrag zur ausgezeichneten Laufkultur des Motors.

- ⇒ Verbrennung: Durch die Kombination MIVEC + spezielle Brennräume + Mehrstufeneinspritzung + 2.000 bar Einspitzdruck + hoch entwickelte elektronische Steuerung konnte dieseltypisches „Nageln“, das in erster Linie von der Verbrennung herrührt, maßgeblich reduziert werden. Die Pilot-Einspritzung löst nicht nur den Verbrennungsvorgang aus, sondern reduziert auch gleichzeitig Vibrationen.
- ⇒ Offset-Kurbelwelle: Ein seitlicher, mit aufwändigen „Computer Aided Movement“-Simulationsverfahren optimierter Kurbelwellen-„Offset“-Versatz (15 mm) minimiert Kolben-Seitenkräfte und reduzierte innermotorische Reibungsverluste um rund 20 Prozent. Kraftstoffverbrauch, CO₂-Emissionen sowie Geräusch- und Schwingungsentwicklung wurden dadurch minimiert und gleichzeitig das Leistungsverhalten verbessert.

„Erfahrbare“ Qualität

Das Ergebnis der vielschichtigen Maßnahmen ist ein Dieselmotor, der hohe Dynamik und Fahrqualität bietet – und das effizienter und sauberer als viele Mitbewerber, vor allem im Hinblick auf den vergleichsweise kleinen Hubraum.

Beispiel: Vergleich zwischen Mitsubishi ASX und Nissan Qashqai (Stand: August 2010):

	M. ASX 1.8 DiD 2WD ClearTec (6-Gang manuell)	N. Qashqai 2.0 dCi 2WD (6-Gang manuell)
Hubraum	1.798 cm ³	1.995 cm ³
Leistung	110 kW/150 PS bei 4.000 1/min	110 kW/150 PS bei 4.000 1/min
Spezifische Leistung	83,4 PS/l	75,2 PS/l
Max. Drehmoment	300 Nm bei 2.000-3.000 1/min	320 Nm bei 2.000 1/min
CO₂-Ausstoß	145 g/km (ClearTec)	167 g/km

Auch im Vergleich mit dem Dieseltriebwerk des aktuellen Lancer 2.0 DiD ist der 4N1-Motor trotz des um 200 cm³ kleineren Hubraums im Vorteil:

	Lancer Sportback 1.8 DiD „4N13“ (6-Gang manuell) ClearTec	Lancer Sportback 2.0 DiD (6-Gang manuell)
Hubraum	1.798	1.968 cm ³
Leistung	110 kW/150 PS bei 4.000 1/min	103 kW/140 PS bei 4.000 1/min
Drehmoment	300 Nm bei 2.000-3.000 1/min	310 Nm bei 1.750 1/min
CO₂-Ausstoß	139 g/km (ClearTec)	165 g/km Inform/Sinvite 173 g/km Intense/Instyle

Technischer Vergleich und praktisches Fahrverhalten charakterisieren das 4N1-Triebwerk als einen Dieselmotor, der einem Benzinernicht unähnlich ist; dies gilt vor allem für höhere Drehzahlen, wo Selbstzünder naturgemäß nicht so stark sind wie benzinbetriebene Vergleichskandidaten.

Angesichts der Kompetenz, die Mitsubishi auf dem Gebiet der Benzinmotorenentwicklung vorweisen kann, ist dies keine Überraschung. Erst recht nicht, wenn man die technischen Gemeinsamkeiten zwischen dem 4N13-Diesel und der jüngsten Mitsubishi-Benzinmotorengeneration betrachtet:

- ⇒ Flexible Steuerung der Ansaugluftstroms durch variable Ventilsteuerung MIVEC: Dank 1) großer Einlass-Ventilhübe und 2) vergrößerter Ventilüberschneidung generiert MIVEC ein hohes Leistungs- und Drehmomentniveau bei hohen Drehzahlen.

- ⇒ Die Form des Einlasskanals ähnlich der eines Benzinmotors.

- ⇒ Ein Turbolader mit variabler Turbinengeometrie (VG) – hier in der von MHI entwickelten Ausführung TF035 – mit einem neuen Breitband-Verdichterrad, das hohe Füllungsgrade bei hohen Drehzahlen generiert.

Die variable Turbinenkapazität der VG-Technologie mit einem achtflügligen Aluminium-Verdichterrad (konventionelle Lösungen: 12 Flügel) vergrößert das Einsatzspektrum des Laders und erhöht die Effizienz der Zylinderfüllung: Hohe Ladedrücke sorgen über das gesamte Drehzahlband für hohe Abgaseffizienz und spontanes Ansprechverhalten ohne Turboloch.

Mitsubishi-Umwelttechnologie „ClearTec“

Je nach Markt und Modell lässt sich die Öko-Performance des neuen Dieseltriebwerks durch CO₂-reduzierende ClearTec-Technologie, wie sie im Mitsubishi-Kompaktmodell Colt bereits zum Einsatz kommt, weiter erhöhen.

Das ClearTec-Paket beinhaltet unter anderem:

- das „Automatic Stop & Go“-System,
- eine elektrische Servolenkung,
- ein Regenerations-Kontrollsystem, optimierte Steuerungslogik der Lichtmaschine
- eine rollwiderstandsoptimierte Bereifung,
- einen Diesel-Partikelfilter (geschlossen),
- Motoröl mit niedriger Viskosität.

Neue Motorenfamilie

2006 als neue Antriebe der Zweiliterklasse angekündigt, bietet die Motorenfamilie 4N1 – über die 110 kW/150 PS starke 1,8-Liter-Ausführung 4N13 der Modelle ASX und Lancer hinaus – Potenzial für weitere Hubraum- und Leistungsstufen. Dazu zählt eine „Low power“-Version mit 85 kW/116 PS/300 Nm, die zu einem späteren Zeitpunkt in bestimmten Märkten zur Verfügung stehen wird (Lancer, ASX).

Nächster Vertreter in dieser Reihe ist die Version „4N14“ mit 2.268 cm³ Hubraum (Bohrung x Hub: 86,0 x 97,6 mm) – vorgesehen für das Crossover-Erfolgsmodell Outlander sowie weitere zukünftige Mitsubishi-Modelle.

Die beiden Triebwerke im Vergleich:

	Lancer Sportback 1.8 DiD „4N13“ (6-Gang manuell)	Outlander 2.2 DiD „4N14“ (6-Gang manuell)
Hubraum	1.798 cm ³	2.268 cm ³
Leistung	110 kW/150 PS bei 4.000 1/min	130 kW/177 PS bei 3.500 1/min
Drehmoment	300 Nm bei 2.000-3.000 1/min	380 Nm bei 2.000-3.000 1/min
CO₂-Ausstoß	139 g/km (ClearTec)	155 g/km (2WD ClearTec)

Beim Outlander bleibt die von PSA zugelieferte 115 kW/156-PS-Ausführung „2.2 DiD“, kombiniert mit dem Mitsubishi-Doppelkupplungsgetriebe TC-SST, weiter im Programm.

Unabhängig vom Hubraum sind die 4N1-Triebwerke zunächst mit einem manuellen Sechsganggetriebe kombiniert. Mitsubishi hält sich dabei die Option offen, das Antriebsprogramm je nach Marktanforderung mit „inhouse“ entwickelten Automatikvarianten zu erweitern.
