

Neuer Ultra-Langhubmotor von MAN Diesel & Turbo

NEUENTWICKLUNG Der von MAN Diesel & Turbo neu entwickelte G-Motor der Ultra-Langhubmotorenreihe soll als Kernelement der Antriebslösung niedrigere Drehzahlen, größere Propellerdurchmesser und damit signifikante Kraftstoffeinsparungen von bis zu sieben Prozent und eine entsprechende Reduzierung des CO₂-Ausstoßes ermöglichen.

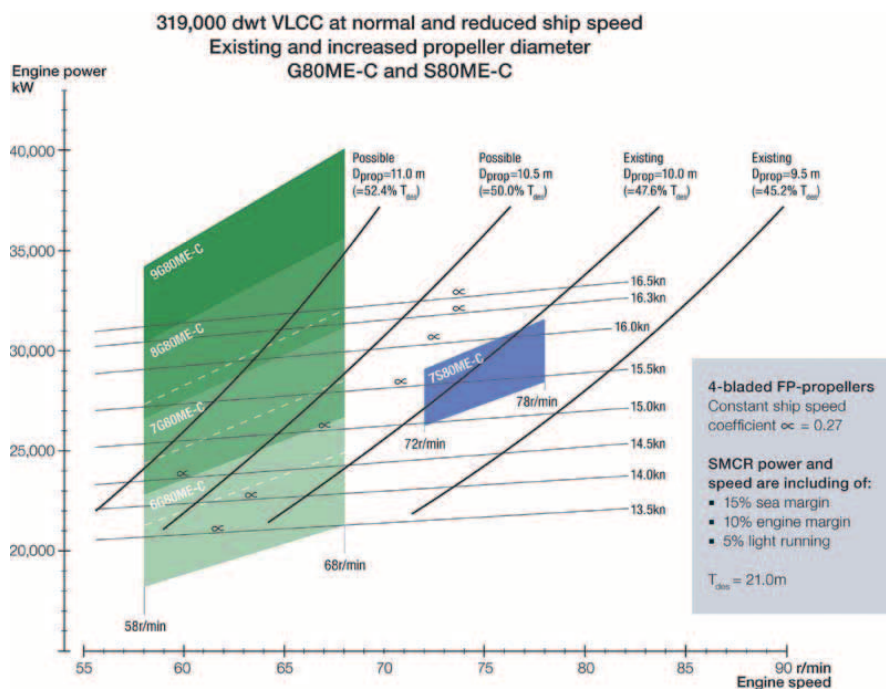


Abb. 1: Den Schätzungen zufolge betragen die Einsparungen für VLCCs im Vergleich zum 7S80ME-C9 oder alternativen Motorkonstruktionen mit gleicher Drehzahl beim Einsatz eines 7G80ME-C insgesamt 4–5 Prozent

Das erste Modell der G-Motorenreihe, der G80ME-C, ist im Aufbau eine Weiterentwicklung der Langhubmotorenbaureihe Mk-9, die von MAN Diesel & Turbo 2006 eingeführt wurde. G-Motoren zeichnen sich durch einen längeren Hub aus, der die Motordrehzahl verringert und so Schiffskonstruktionen mit einem beispiellos hohen Wirkungsgrad möglich macht.

Ole Grøne, Senior Vice President Low-Speed Sales and Promotions von MAN Diesel & Turbo, sagt dazu: „MAN Diesel & Turbo beobachtet die Entwicklungen im Seeverkehrsmarkt genau, und in den letzten Jahren galt unser besonderes Augenmerk dem Trend zur Optimierung des Kraftstoffverbrauchs. In diesem Sinne konnten wir durch eingehende Befragung von Industriepartnern ein reges Interesse am G-Motor feststellen. Gegenwärtig arbeiten wir an mehreren Projekten mit

Werften und großen Reedereien. Daher sind wir zu dem Schluss gekommen, dass die Einführung des Motorenprogramms der G-Baureihe nicht nur realisierbar ist, sondern auch genau zum richtigen Zeitpunkt erfolgt.“

Grøne ergänzt: „Der G-Motor ist ein Ultra-Langhubmotor, der innerhalb der letzten zehn Jahre die bedeutendste Innovation seit der erfolgreichen Einführung der elektronisch gesteuerten Motorenbaureihe ME in unserem Motorangebot ist.“

Das Prinzip hinter der Einführung des G-Motors

In Tankern und Massengutfrachtern werden traditionsgemäß MAN B&W S-Motoren mit langem Hub und niedriger Motordrehzahl als Hauptantrieb eingesetzt, während in den größeren Containerschiffen eher Maschinen der K-Baureihe mit kürzerem Hub und höherer Drehzahl verwendet werden.

In den letzten Jahren wurden größere Containerschiffe mit den S80ME-C9- und S90ME-C8-Motoren konzipiert, weil diese den Einsatz von Schiffspropellern mit größerem Durchmesser ermöglichen. Dem zunehmenden Trend zu Effizienzoptimierung entsprechend, wurden bei MAN Diesel & Turbo die Möglichkeiten untersucht, noch größere Schiffspropeller und folglich Motoren mit noch niedrigerer Drehzahl für den Antrieb von Tankern und Massengutfrachtern einzusetzen.

Diese Schiffstypen sind unter Umständen für den Einsatz von größeren Schiffspropellern als in aktuellen Konstruktionen prädestiniert und sie bieten nach Anpassung ihrer Heck-Konstruktion, Raum für einen größeren Schiffspropeller, um so einen höheren Wirkungsgrad zu erzielen. Die neuen Konstruktionen werden laut Schätzungen Kraftstoffeinsparungen von etwa 4-7 Prozent und eine entsprechende Senkung des CO₂-Ausstoßes ermöglichen. Gleichzeitig erreicht der Motor selbst durch Verwendung der neuesten Prozessparameter und Konstruktionsmerkmale einen hohen Wirkungsgrad.

Entwicklungsstand der G-Reihe

MAN Diesel & Turbo berichtet, dass die Entwicklungsarbeit für den ersten G-Motor bereits begonnen hat und die endgültigen Zeichnungen für Struktur, bewegliche Teile und Kraftstoffanlage Mitte 2011 lieferbar sein sollen. Die Lieferung der Rohrleitungspläne und Galeriezeichnungen folgt

	S80ME-C9	G80ME-C9
Power (kW/cyl.)	4,510	4,450
Engine Speed (r/min)	78	68
Stroke (mm)	3,450	3,720
MEP (bar)	20	21
Mean Piston Speed (m/s)	8,97	8,43
Length, 7 cyl. (mm)	12,034	12,500
Dry mass, 7 cyl. (ton)	910	960
SFOC, L ₁ (g/kWh)	168	167

Abb. 2: Daten des G-Motors

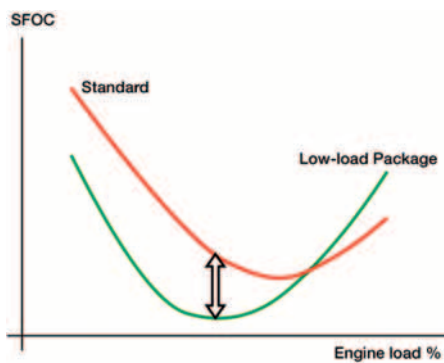


Abb. 3: Darstellung der SFOC-Leistungsmöglichkeiten durch die kombinierten Schwachlast-Technologien für Zweitakter

im zweiten Halbjahr 2011 – vorausgesetzt, die endgültige Auftragsbestätigung ist Ende 2010 eingegangen.

MAN Diesel & Turbo bestätigt ebenfalls, dass andere G-Motoren mit unterschiedlichen Zylinderdurchmessern auf Kundenwunsch eingeführt werden.

Mit dem Modell „ME-GI“ wird auch eine gasgetriebene Version der G-Reihe angeboten. Dazu hatte MAN Diesel & Turbo kürzlich Tests des Modells ME-GI im haus-eigenen Testzentrum in Kopenhagen für Anfang 2011 angekündigt.

Beim ME-GI-Motor handelt es sich um einen Dual-Fuel-Zweitaktmotor mit niedriger Drehzahl für die LNG- und Dieserverbrennung, der als Hauptantrieb in LNG-Tankern und anderen Hochseeschiffen eingesetzt werden kann. Der Motor kann je nach verfügbarem bzw. gebunkerten Kraftstoff, d.h. je nach relativen Kosten bzw. Präferenz des Reeders, Erdgas oder Dieselskraftstoff verbrennen.

Einsparungen beim spezifischen Kraftstoffverbrauch (SFOC)

Der G-Motor erreicht durch Kombination mehrerer Faktoren SFOC-Einsparungen wie:

- ▶ Erhöhung des Spülluftdrucks,
- ▶ Reduktion des Verdichtungsverhältnisses (durch optimierte Steuerzeiten des Zweitaktmotors nach dem Miller-Verfahren),
- ▶ Erhöhung des maximalen Verbrennungsdrucks,
- ▶ Anpassung des Kompressionsvolumens und Konstruktionsänderungen.

MAN Diesel & Turbo hebt besonders die verbesserten Möglichkeiten zur Schwachlastoptimierung hervor, die sowohl mit Standard- als auch kraftstoffoptimierten Modellen genutzt werden können (Abb.3). Erreicht werden kann dies durch den Einsatz von kombinierten Niedrig-Last-Technologien, die dem entsprechen, was von anderen Anbietern als „Delta“- oder „Low-Load Tuning“ bezeichnet wird:

- ▶ Abgas-Bypass (EGB) für die Motoren ME/ME-C, MC/MC-C und ME-B,

- ▶ variable Turbinengeometrie (VTA) der Turbolader für die Baureihen ME/ME-C, MC/MC-C und ME-B,
- ▶ Teillastabstimmung für ME/ME-C-Motoren,

- ▶ Turbolader-Abschaltung.

Die Dokumentation der kombinierten Schwachlast-Technologien wird gegenwärtig zur Veröffentlichung vorbereitet. Bis dahin ist MAN Diesel & Turbo bereit, interessierte Kunden durch Fallstudien der kombinierten Schwachlast-Technologien für bestimmte Projekte zu unterstützen.

Vorteile durch optimierte Steuerung

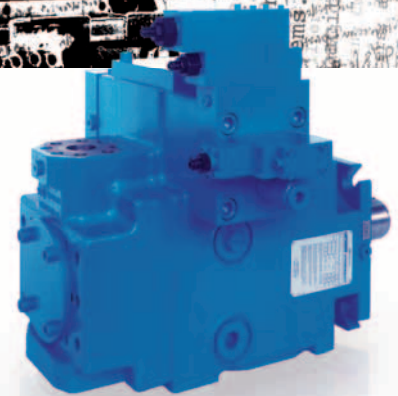
Die G-Motoren zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- ▶ niedriger Brennstoffverbrauch und Abgasemissionen sowie herausragende Leistungsparameter durch die variable elektronische Steuerung der Kraftstoffeinspritzung bei beliebigen Motordrehzahlen und Lasten,
- ▶ optimierter Kraftstoffeinspritzdruck und -rate in jedem Lastpunkt,
- ▶ flexible Emissionsmerkmale mit niedrigem Stickoxidausstoß und rauchlosem Betrieb,
- ▶ optimaler Zylinderabgleich mit ausgeglichener thermischer Last in und zwischen den Zylindern,
- ▶ bessere Beschleunigung bei Voraus- und Achterausfahrt sowie in Notstoppsituationen,
- ▶ breitere Betriebsmargen im Hinblick auf Drehzahl und Leistung,
- ▶ längere Überholungsintervalle,
- ▶ sehr niedrige Geschwindigkeiten sind selbst über einen längeren Zeitraum sowie bei Manövrieren im Super-Dead-Slow-Modus möglich,
- ▶ individuell angepasste Betriebsmodi während des Betriebs,
- ▶ vollintegrierte Alpha-ACC (Adaptive Cylinder Oil Control) zur Senkung des Zylinderölverbrauchs,
- ▶ leichtere Motorkonstruktion als vergleichbare Modelle.

Konstruktionsmerkmale

MAN Diesel & Turbo berichtet, dass eine Reihe von Konstruktionsmerkmalen ausgewählt wurden, die für verbesserte Leistungsparameter bei gleichzeitiger weiterer Steigerung der Zuverlässigkeit sorgen.

Eine einschneidende Konstruktionsänderung, die Einführung differenzierter Zylinderabstände bringt demzufolge eine große Gewichtseinsparung mit sich. Normalerweise ist es möglich, kürzere Zylinderabstände in den vorderen Zylindereinheiten zu nutzen, da das durch die Kurbelwellenkröpfung zu übertragende Drehmoment im Vergleich zum hinteren Ende des Motors kleiner ist. ▶



Hydrokraft™ PVWS: Hochleistungs-Axialpumpe für weniger Treibstoffverbrauch und geringere Emissionen

Das Maß der Dinge

Wenn Sie innovative, energieeffiziente Hydrauliksysteme suchen, setzt Eaton für Sie die Maßstäbe. Ob einzelne Komponenten oder komplette Systeme: Mit Erfahrung, aktuellem Knowhow und herausragenden Markenprodukten entwickeln wir für Sie die perfekte Lösung.

EATON – mit weniger sollten Sie sich nicht zufriedengeben.



Aeroquip | Char-Lynn | Hydro-Line
Hydrokraft | Hydrowa | Integrated Hydraulics
Synflex | Ultronic | Vickers | Walterscheid

infoindustry@eaton.com
www.eaton.com/hydraulics

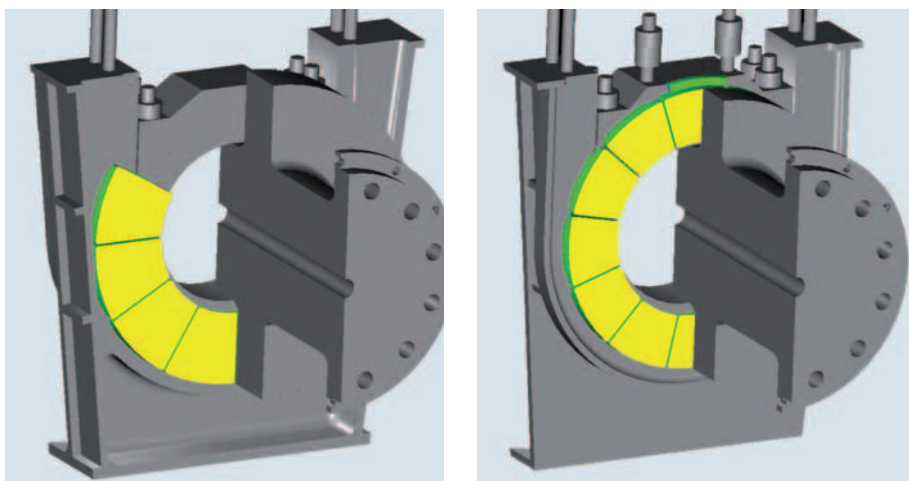


Abb. 4: Konstruktion der Drucklager – 240 Grad (links), 360 Grad (rechts)

Grundplatte Die Seitenwände der Stützbalken werden nach dem Schweißen nicht mehr maschinell bearbeitet, um die Produktionskosten zu reduzieren.

Die Hauptlager haben die bewährte dünnwandige Konstruktion und verwenden Weißmetall als Lagerwerkstoff. Zur Einsparung von Produktionskosten wurde beim Einbau des Lagergehäuses die 25/65 Grad Anschlussfläche zwischen Kappe- und Lagerstütze der gegenwärtigen Konstruktion durch eine horizontale Baugruppe ersetzt. Diese Vereinfachung macht ein Plattenpaar mit hoher Reibung zwischen Kappe und Lagerstütze erforderlich, damit die Baugruppe die Scherkräfte aufnehmen kann.

Bei Motoren mit 9-12 Zylindern wird ein 360-Grad-Drucklager verwendet, das im Vergleich zum herkömmlichen 240-Grad-Drucklager Gewichtseinsparungen bei gleichzeitiger Strukturverstärkung im hinteren Bereich der Motorgrundplatte bewirkt, siehe Abb. 4. Der Durchmesser des Drucknockens wird ebenso wie die Länge des Drucklagers reduziert. Das Drucklagergehäuse bildet einen Ölbadbehälter, der zur zusätzlichen Schmierung der Drucklagersegmente beiträgt. Zu den weiteren Vorteilen gehören der Einsatz von nur einem Segmenttyp und die – entsprechend der Druckhöhe am vorderen und hinteren Ende – optimale Nutzung der Lagersegmente durch den Einsatz von 12 Segmenten am vorderen Ende (360 Grad) und acht Segmenten am hinteren Ende (240 Grad). Ein anderer Vorteil dieser Konstruktion besteht darin, dass der Druck, der im Gegensatz zur herkömmlichen Konstruktion, bei der die Kraft ein wenig versetzt von der Mittellinie ansetzt, direkt auf die Mittellinie der Pleuellwelle einwirkt.

Bei Motoren mit einer geringeren Zylinderanzahl als oben beschrieben, wird das 240-Grad-Drucklager beibehalten, da die zu übertragende Druckkraft geringer ist.

Bei der Konstruktion der Drucklager möchte MAN Diesel&Turbo eigenen Angaben zufolge von ihren letzten Konstruktionsverbesserungen profitieren. Der gemeinsame Nenner dieser Verbesserungen ist eine Leistungssteigerung und höhere Zuverlässigkeit, ohne dabei die Kosten zu erhöhen.

Doppelte Stehbolzen Bereits seit einigen Jahren ist die Motorgrundplatte für doppelte Stehbolzen ausgelegt, die oben in der Grundplatte montiert sind. Dieses bekannte Konstruktionsmerkmal ist sehr wichtig, um eine gute Funktion der Lager zu erzielen, da es bei dieser Konstruktion

beim Anziehen der Stehbolzen nicht zu geometrischen Verzerrungen am Hauptlagergehäuse kommt.

Flexibler Drucknocken Diese Konstruktion wurde bereits mit dem S65ME-C-Motor von MAN Diesel & Turbo eingeführt. Die maschinenbearbeiteten Nuten im Drucknocken optimieren die Lagerbelastung im Drucklager, d.h.:

- ▶ verminderter Ölfilmdruck, wodurch der max. Lagerdruck reduziert wird,
- ▶ erhöhte Ölfilmstärke,
- ▶ verbesserte Belastungsverteilung auf den Drucksegmenten, wodurch die Fläche und folglich auch die Abmessungen des Drucknockens reduziert werden.

Zylinderblock Der Zylinderblock des aktualisierten Motors besteht standardmäßig aus einer Gusskonstruktion. Die Ausführung als geschweißter Zylinderblock ist optional erhältlich. Die Entscheidung hierfür entspricht den Präferenzen der Lizenznehmer in den letzten Jahren. Die geschweißte Ausführung zeichnet sich durch mehrere inhärente Vorteile aus, wie eine verbesserte Steifigkeit und ein reduziertes Gewicht. Darüber hinaus kann bei der geschweißten Ausführung der Spülluftbehälter in den Zylinderrahmen integriert werden (Abb. 5), wodurch eine Gesamtgewichtsreduktion von 30 Prozent erreicht wird. Neben dieser wichtigen Eigenschaft sind außerdem die Abmessungen kleiner.

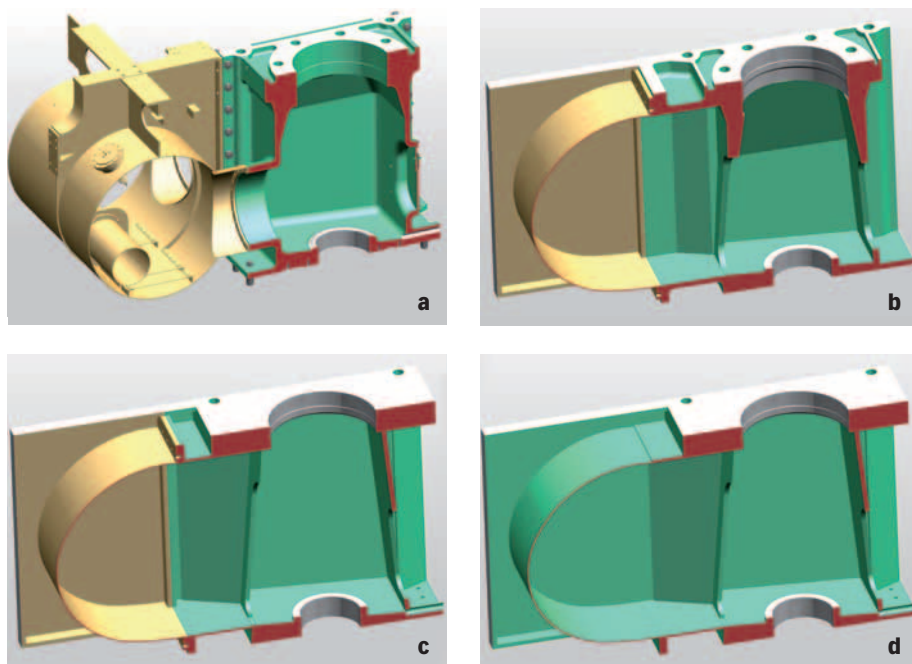


Abb. 5 (von a nach d): Konventioneller Zylinderblock in Gussausführung mit Spülluftbehälter; neuer Zylinderrahmen in der gegossenen Ausführung mit angeschraubtem D-förmigen Spülluftbehälter; neuer Zylinderrahmen in der geschweißten Ausführung mit angeschraubtem D-förmigen Spülluftbehälter – derselbe D-förmige Spülluftbehälter für die gegossene und die geschweißte Ausführung; Zylinderrahmen in geschweißter Ausführung mit integriertem D-förmigen Spülluftbehälter

Die geschweißte Ausführung wird jedoch nur als Option angeboten, da die Motorenbauer im Allgemeinen die Gusskonstruktion bevorzugen und die allgemeinen Gießereikapazitäten gestiegen sind. Der geschweißte Zylinderrahmen wird als Option auch mit angeschraubtem Spülluftbehälter angeboten. Die Bauteile zwischen der Gusskonstruktion und der geschweißten Ausführung der Zylinderblockkonstruktion können ausgetauscht werden.

Gestellkasten Die G-Motoren haben einen dreieckigen Gestellkasten mit doppelten Stehbolzen und zeichnen sich durch die folgenden Hauptkonstruktionskriterien aus:

- ▶ Die Konstruktion sollte hinsichtlich der Funktionalität mindestens allen bestehenden MAN Diesel & Turbo Motorenkonstruktionen entsprechen.
- ▶ Die Produktionskosten sollten reduziert werden.
- ▶ Die Konstruktion sollte Potenzial für zukünftige Umbauten aufweisen, dabei jedoch keine Produktionsvorteile einbüßen.
- ▶ Es sollte möglich sein, eine Konstruktion einzuführen, die auch ohne Wärmehandhabung nach Schweiß- und Umformprozessen auskommt.

Durch den Ersatz der horizontalen Rippen durch vertikale Platten wird von oben nach unten ein kontinuierliches Dreiecksprofil gebildet, das entlang der Führungsschiene eine gleichmäßige Steifigkeit aufweist und so die Gleitflächeneigenschaften der Gleitschuhe verbessert. Diese Verbesserung wurde durch Kontaktsimulationen verifiziert und bei Wartungen konnte der hervorragende Zustand der Lager nachgewiesen werden.

Die Produktionskosten insgesamt und insbesondere die Kosten für Schweißarbeiten werden reduziert. Durch die geringere Belastung der Struktur können Schweißnähte mit niedrigeren Qualitätsanforderungen verwendet werden, was den Einsatz von Schweißrobotertechniken ermöglicht.

Nach groß angelegten Laborversuchen und zwei Jahren Erfahrung mit der Wartung unserer Langhubmotoren, S90MC-C und K98MC/MC-C in der Ausführung mit „Dreiecksplatten“ wurden die Auswirkungen der unterlassenen Wärmehandhabung nach Schweiß- und Umformprozessen überprüft.

Aufgrund der positiven Testergebnisse wurde auf Wärmehandhabung nach Schweiß- und Umformprozessen für Gestellkästen mit dreieckiger Ausführung der Führungsschienenplatten verzichtet.

Im Wesentlichen zeichnet sich die Konstruktion durch folgende Vorteile aus:

- ▶ einheitlich höhere Steifigkeit,
- ▶ niedrigere Belastung,
- ▶ einfachere Produktion.

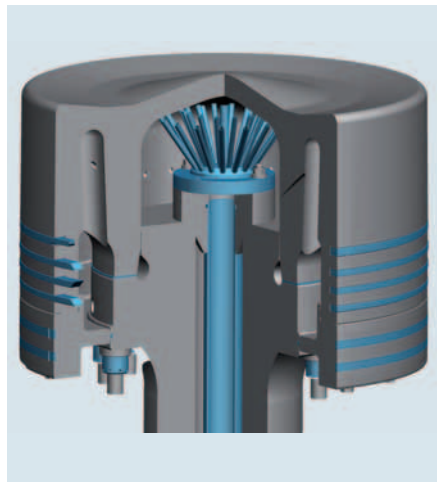


Abb. 6: Kühlinsatz im Kolben

Brennraum In den Großmotoren von MAN Diesel & Turbo werden seit Ende der 90er Jahre Oros-Brennräume eingesetzt. Die Oros-Konstruktion basiert auf einer Kolben-/Zylinderdeckel-Geometrie, die die heißen Verbrennungsgase um die Kraftstoffdüsen konzentriert. Der hohe Feuersteg des Kolbens, der eine niedrige Anordnung der Anschlussfläche zwischen Zylinderbuchse und Zylinderdeckel ermöglicht, bewirkt eine Temperaturverringerung der Buchsenwand und somit eine kontrollierte kalte Korrosion, die vorteilhaft für die Auffrischung der Buchsenoberfläche ist.

Neben den grundlegenden Merkmalen der Oros-Konstruktion wurden die Kolbenringe nach modernsten Erkenntnissen konstruiert und sind besonders widerstandsfähig gegen Fressen. In den Modellen K90 und K98 ist der erste und vierte Kolbenring einer Hartstoffbeschichtung unterzogen worden. Außerdem wurde die Position der CL-Nuten (zur kontrollierten Leckage) geändert, um eine gleichmäßigere Wärmeverteilung sicherzustellen. Die Tiefe der CL-Nuten wurde um 20 Prozent reduziert.

Kolben-Kühlinsatz Zur Temperaturbegrenzung der Kolben wird ein Einsatz für die sogenannte Anspritzkühlung (Abb. 6) verwendet. Die Kolbenoberseite wird darüber hinaus durch eine Inconel-Nickelbasislegierung geschützt.

Abgasventil Die Abgasventileinheit wurde für den Einsatz eines Gehäuses aus geringwertigem Gusseisen mit Wasserkühlung um die Spindelführung und durch die Bohrung gekühlte doppelte Bolzensockel ausgelegt. Der obere Teil des Gehäuses bildet den unteren Teil der Luftfeder und der untere Teil bildet einen Teil der Kühlkammer im Zylinderdeckel (Abb. 7).

Konstruktionsverbesserungen an der Abgasseite Am Spülluftbehälter und Abgas-

behälter wurden mehrere konstruktionsbedingte Verbesserungen vorgenommen. Dies konnte durch eine Verbesserung der Schweißdetails sowie ein abgerundetes und steiferes Design erreicht werden. Der Hilfsgebläseeinlass, das Gehäuse für den Spülluftkühler, das Fundament für den Turbolader, der Spülluftbehälter und Abgasbehälter wurden modifiziert.

Wasserabscheider Diese Konstruktion ist vor kurzem von MAN Diesel & Turbo aktualisiert worden. Dabei wurde der Rahmen versteift, um die strukturelle Steifigkeit zu gewährleisten, die Lamellenprofile wurden optimiert, so dass der Wassernebel nun effizienter aufgenommen wird und die Dichtung um den Wasserabscheider wurde verbessert, damit kein Wassernebel durchdringen kann.

Elektronische Motorsteuerung Die Motoren der G-Reihe nutzen die ME-Technologie von MAN Diesel & Turbo sowie die kontinuierlichen Änderungen der hydraulischen Niederdrehzahl-Stromversorgung und Rohrsysteme.

Servo-Ölzufuhr Für die Motoren der G-Reihe gibt es zwei Standardausführungen für die hydraulische Ölversorgung:

- ▶ motorgetriebene Ölversorgung,
- ▶ elektrisch betriebene Ölversorgung.



Abb. 7: Abgasventil