

## **Busreport 3-2018:** Detaillierte Beschreibung des neuen D15-Motors

### **MAN D15: DER Motor für alle Stadtbusse**

*Mit dem neuen D1556 LOH setzt MAN künftig ausschließlich auf SCR-Technologie zur Erreichung der Abgasnorm Euro 6d. Der 9-Liter-Motor überzeugt durch einen geringen Verbrauch und große Belastbarkeit. MAN erfüllt mit dem Motor bereits heute die Abgasnorm Euro 6d. Zahlreiche Maßnahmen erhöhen die Effizienz und Langlebigkeit des Aggregats. Als Option ergänzt das MAN EfficientHybrid-System den Antrieb.*

**Für den mittleren Leistungsbereich stellt ein 9-Liter-Motor die ideale Hubraumgröße (9037 ccm) dar.** Eine Lücke bisher im MAN Motorenprogramm, die nun mit dem neuen D15 geschlossen wird. Der stehend verbaute Motor leistet von 280 bis 360 PS (206 – 265 kW) und erfüllt dabei bereits den Abgasstandard Euro 6d. Als technische Neuerung kommt hierbei nun ausschließlich die SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction) zum Einsatz, auf Abgasrückführung kann verzichtet werden. In Verbindung mit dem selbstregenerierenden Filtersystem MAN CRT (Continuously Regenerating Trap) werden NOx-Emissionen nahezu komplett entfernt. Für diese rein innermotorische Lösung wurden die Bauteile, die die Gemischbildung beeinflussen, speziell auf dieses Betriebsverfahren angepasst. Im Rahmen des neuen Common-Rail-Einspritzsystems kann der Turbolader wirkungsgradoptimiert ausgelegt werden. Dazu gehört beispielsweise, dass die Entwickler bei MAN durch unter anderem Gestaltung der Düsen und die Brennraumgeometrie eine optimale Kraftstoffverwirbelung erreichen. Zu den weiteren Neuerungen im Motor zählen unter anderem auch neue Stahlkolben und Wölbventile, die einen Einspritzdruck von bis zu 2.500 bar bzw. einen Zünddruck bis zu 230 bar zulassen. Die gewölbte Ventiltellerform reduziert beim Öffnen und Schließen der Ventile die Gleitbewegung und damit den Verschleiß zwischen Ventil und Sitzring im Zylinderkopf auf Null. Wölbventile ebenso wie Stahlkolben haben sich in den MAN Motoren der Reihe D38 bewährt und überzeugen durch eine hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit. Zu den neuen Common-Rail-Komponenten zählt weiterhin ein neues Druckregelventil (PRV, Pressure Relief Valve). Dieses mechatronisch

betätigte Ventil stellt den Einspritzdruck in der gemeinsamen Hochdruck-Verteilerleiste abhängig vom Betriebszustand sicher. Im Normalbetrieb ist das PRV stromlos und durch mechanische Federkraft geschlossen, damit in der Verteilerleiste der volle Druck an allen Einspritzdüsen zur Verfügung steht. Im dynamischen Betrieb, beim Schalten oder Motorstopp, öffnet das PRV mithilfe eines Elektromagneten. Dadurch wird Kraftstoff aus der Verteilerleiste in die Kraftstoffrücklaufleitung abgelassen und so der Druck in der Verteilerleiste auf das gewünschte Niveau reduziert.

### **D1556 LOH: Leicht, leise, sauber**

Die positive Folge des hohen Einspritzdrucks ist die feinste Zerstäubung des Kraftstoffs und dadurch effiziente Verbrennung, was sich an den sehr günstigen Verbrauchswerten ebenso zeigt wie bei den niedrigen Abgasemissionen. Zudem wirkt sich die hohe Verdichtung auch positiv auf das Kaltstartverhalten aus. Gleichzeitig ermöglichen die höheren Mitteldrücke, den D15 besser thermodynamisch auszulasten. Das trägt zu einer besseren Gesamtbilanz bei, da mehr Energie in Vortrieb und weniger in Wärme umgewandelt wird.

Allerdings erfordert die Abgasnachbehandlung mit SCR-Technologie eine hohe Abgastemperatur. Um diese auch im Teillastbetrieb, zum Beispiel bei einfacher Topographie oder geringer Fahrzeugauslastung, konstant hoch halten zu können, verfügt der D15 über eine zusätzliche Ladeluftdrosselklappe vor dem Motor. Diese beschleunigt den Warmlauf des Motors und sorgt so dafür, dass die benötigte Abgastemperatur schneller erreicht wird. Die regelbare Ladeluftklappe unterstützt so zusammen mit der Abgasstauklappe nach dem Motor das Temperaturmanagement für eine optimale Arbeit der Abgasanlage.

In den neuen Stadtbussen von MAN ersetzt der D1556 LOH den bisher verbauten D2066 LUH. Ebenso wie der D20 zeichnet sich auch der neue Motor durch ein sehr gutes dynamisches Fahrverhalten bedingt durch die optimale Turbolader-Konfiguration aus, das allerdings bei einem geringeren Gewicht und einem besseren Wirkungsgrad. Ersteres trägt zu einer besseren Achslastverteilung bei, indem die Hinterachse entlastet wird. Das ist gerade bei großem Überhang und viel Stehfläche ein wichtiger Punkt, da sich hierdurch die Nutzlast erhöht. Zudem trägt ein niedrigeres Gewicht auch zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch bei.

Erreicht wurde die Gewichtseinsparung unter anderem durch eine

konsequente Optimierung der einzelnen Bauteile. Hierfür wurden bereits während der Entwicklung moderne Simulationsverfahren angewendet. Dadurch konnte trotz reduziertem Bauteilgewicht in vielen Fällen eine hinsichtlich der Belastung optimale Struktur gefunden werden, die zudem eine gesteigerte Lebensdauer dieser Bauteile gewährleistet. Auch die Fertigung in Aluminium statt Stahl oder Eisen, beispielsweise beim Träger für den Klimakompressor, und die direkte Montage von Anbaueilen auf den Motorblock spart Gewicht. In Folge all dieser Maßnahmen verbessert sich das Leistungsgewicht des D1556 LOH auf 2,5 kg/PS (3,4 kg /kW).

Neue Fertigungsverfahren und -materialien tragen einerseits zur Gewichtsreduktion bei, andererseits zu einer verbesserten Akustik. So sind zum Beispiel Bauteile mit großen Abstrahlflächen wie die Zylinderkopfhau- be in Kunststoff-strukturversteiften Geometrien ausgeführt. Das dämpft wirksam die Geräuschemissionen zum Beispiel aus der Ventilsteuerung des Zylinderkopfes. Außerdem kommen bei Geradhochverzahnungen, beispielsweise vom Kurbeltrieb zur Nockenwelle, kleinere Module zum Einsatz. Dadurch sind immer etwas mehr Zähne im Eingriff, was neben dem Gewichtsvorteil auch leichte akustische Vorteile bringt und vor allem nahezu verschleiß- und wartungsfrei arbeitet.

Besonders leistungsfähig

Durch diese „Fastenkur“ hat der D15 aber nichts von der Leistungsfähigkeit gegenüber den bisherigen Motoren eingebüßt. Im Gegenteil: Das maximale Drehmoment wird bereits bei niedrigen Drehzahlen erreicht. Konkret bedeutet dies ein maximales Drehmoment von 1200 Nm bei 800 – 1600 U/min bei dem 280PS Motor, von 1400 Nm bei 900 – 1600 U/min bei der 330-PS-Variante sowie von 1600 Nm bei 900 – 1550 U/min bei der stärksten Motorisierung mit 360 PS.

Der neue einstufige Turbolader nutzt im Unterschied zu einem vergleichbaren Motor mit Abgasrückführung die gesamte Abgasmasse zur Effizienzsteigerung. Die Folge sind eine optimale Leistungsentfaltung und ein sehr gutes Ansprechverhalten des Motors – bei gleichzeitig günstigem Verbrauch. In den Leistungsstufen 280 bis 360 PS ist der Motor mit einem Wastegate ausgestattet, das bei Bedarf einen Teil der Abgase am Turbolader vorbei leitet, damit dieser bei größerer Motordrehzahl nicht überlädt. Ebenso wie der D2676 LOH, der in den Reisebussen von MAN und NEOPLAN arbeitet, verfügt auch der D15 nun über eine geregelte Kühlmittelpumpe. Anders als die bisher verbreiteten starren, unregulierten und

stetig mitlaufenden Kühlwasserpumpen, ermöglicht die bei MAN verwendete volldrehzahlgeregelte Wasserpumpe eine bedarfsgerechte Pumpleistung des Kühlmittels. Die Regelung der Leistung erfolgt stufenlos zwischen 20 und 95 Prozent. So kann bei geringem Kühlbedarf, zum Beispiel in leichter Topographie und mit geringer Last, 80% der benötigten mechanischen Leistung der Wasserpumpe reduziert werden, was ein deutliches Kraftstoff-Einsparpotenzial bedeutet.

Zudem hat MAN den neuen D15 mit einer bedarfsgerechten Regelung der Kühlkomponenten wie Lüfter und Kühlflüssigkeitspumpe ausgestattet. Als Besonderheit erfolgt hierbei neben der Erfassung der Kühlflüssigkeitstemperatur auch eine Sensierung des Vordrucks im Kühlsystem. Dadurch kann ein Absinken des Kühlflüssigkeitsvordruck frühzeitig erkannt und bei Bedarf gegengesteuert werden, was einer Beschädigung der Bauteile vorbeugt. So steigt die Betriebssicherheit und andererseits sinkt der Kraftstoffverbrauch durch einen energieeffizienten Motorlauf.

Auch das Motoröl leistet, neben dessen Funktion des Schmierens, einen wichtigen Beitrag zur Kühlung des Motors. Beim Abführen der Wärme darf das Öl nicht zu stark erhitzen, da es dadurch geschädigt würde und früher gewechselt werden müsste. Andererseits ist bei zu niedriger Temperatur die Reibung größer und der Kraftstoffverbrauch steigt an. Um Temperaturspitzen zu vermeiden setzt MAN auf einen optimierten Ölkühler (Wärmetauscher). Andererseits wird über einen thermostatisierten Ölkühlerbypass die mittlere Öltemperatur im Kalt- und Schwachlastbereich angehoben, um die Reibungsverluste im Motor zu reduzieren.

### **MAN EfficientHybrid: Besonders clever**

Optional lässt sich der neue D15 um den neuen MAN EfficientHybrid ergänzen, ein Mild-Hybrid-Modul, das den Dieselmotor unterstützt und dadurch erheblich zur Kraftstoffersparnis beitragen kann. Als ein großer Vorteil entfallen durch die serienmäßige Stopp-Start-Funktion Motorengeräusche und Abgase an roten Ampeln und Haltestellen. So kann der MAN EfficientHybrid zu einer Reduzierung der CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> Emissionen und damit zur Verbesserung der Luftqualität in den Innenstädten beitragen. Und das über Jahre: Auf bis zu stattliche 2,6 Millionen Stopp-Start-Zyklen sind der MAN EfficientHybrid und sein Energiespeicher ausgelegt.

Voraussetzung hierfür ist, dass beim Bremsen rückgewonnene Energie in einem UltraCap-Modul auf dem Fahrzeugdach gespeichert und anschließend zum Laden der Fahrzeugbatterie sowie zur Bordnetzversorgung

genutzt wird. Als Kernstück dient ein Kurbelwellen-Starter-Generator, eine Elektromaschine, die mechanische in elektrische Energie umwandelt. Durch den generatorischen Betrieb während des Bremsens wird Energie rekuperiert, die die Elektromaschine im motorischen Betrieb beim Anfahren zum Starten des Motors nutzt. Die Boost Funktion unterstützt dann das Anfahrtdrehmoment und ermöglicht so zum einen einen schnellen, geräuscharmen Start und trägt zum anderen so ebenfalls zur Kraftstoffersparnis bei.

Zu der insgesamt geringen Bauhöhe des D15 trägt unter anderem ein neuer bauraumoptimierter Zylinderkopf bei. Die optimierten Auslasskanäle reduzieren zudem die Ladungswechselerluste für eine effiziente Verbrennung mit günstigem Emissions- und Kraftstoffverbrauchsverhalten. Die angepasste gerichtete Gasbewegung im Brennraum sorgt zusätzlich für einen geringen Rußpartikelaustritt. Flache Ventilsitzringe verlagern die Kühlung näher an die besonders heißen Bereiche. Dadurch wird die höhere thermische Belastung ausgeglichen.

Durch den stehenden Einbau ergibt sich eine gute Zugänglichkeit zu den Servicestellen wie Öl- und Kraftstofffilter. Zudem trägt das einfach und modular aufgebaute Triebwerk auch zu einer Kostensenkung bei Wartung und Service bei. ■