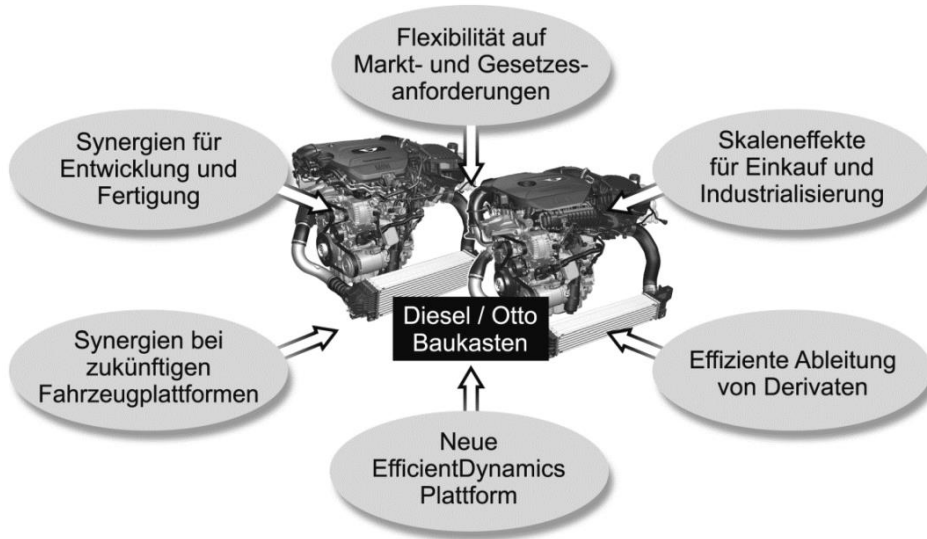


Die neuen BMW 3- und 4-Zylinder Dieselmotoren mit TwinPower Turbo Technologie

Entwicklung des Baukastenprinzip

- 1. Generation Dieselmotoren eingeführt 1983
 - Konstruktive Kompromisse auf Grund der auf Ottomotoren ausgelegten Fertigung
- 2. Generation ab 1991 mit erster Umsetzung des „Baukastengedanken“ bei noch geringer Stückzahl
 - Identische Grundabmessung, gleiches Konstruktionskonzept, Vielzahl Gleichteile
- 3. Generation ab 1998 mit rapidem Anstieg des Produktionsvolumens und konsequentem Ausbau des Baukastenprinzips
 - Leistungsdifferenzierung größtenteils durch Einspritzung, Aufladung und angepasste Detailgestaltung

Anforderungen an das Baukastenprinzip



Baukastenmerkmale

- Flexible Fertigung und Montage von Otto- und Dieselmotoren auf gemeinsamen Linien
 - Hoher Anteil von konzeptgleichen Bauteilen
 - Ausgewogener Anteil von Gleichteilen
 - Gleiche Einbaulagen und Schnittstellen in den Fahrzeugen
- Besonders der 0,5L/Zylinder Einheitszylinder

Einheitszylinder¹
 $V_h = 0,5l$



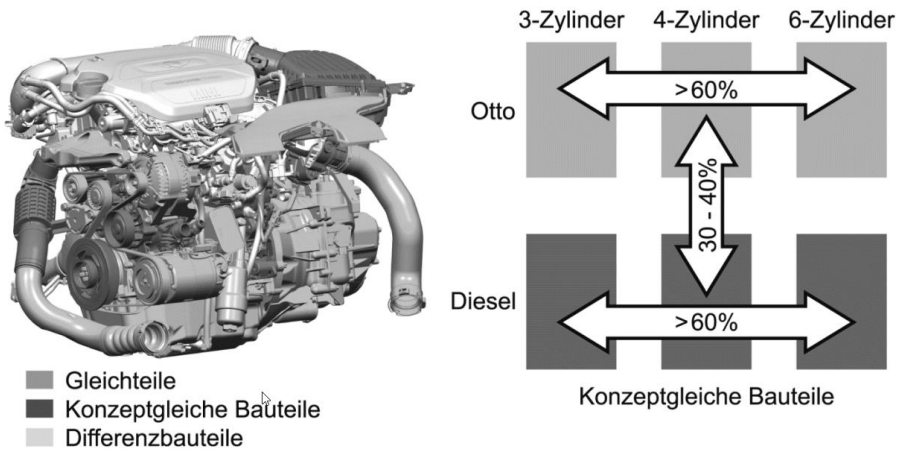
Vorteile eines 3 Zylinder Derivats

- Besonders wichtig: Unteres Leistungsspektrum
 - Minimaler Verbrauch bei kleinen & mittleren Fahrzeugen
 - RDE Emissionstauglichkeit
 - Ausreichend Bauraum für erweiterte Elektrifizierung
 - Bestes Gesamtwirtschaftliches Ergebnis
- Entwicklung eines 3 Zylinder Motor mit Basis Hubraum 0,5l
 - Ist 4-Zylindervariante bei ähnlichen RDE Eigenschaften sonst in allen Bereichen überlegen
 - Speziell 1,5l – 3 Zylinder dem 1,6l – 4 Zylinder
 - CO₂-Werte, Gewicht, Kosten, Bauraum

Kenngroße	Einheit	3-Zylinder	4-Zylinder oL
Grundabmessungen des Motors			
Hubraum	[cm ³]	1496	1995
Bohrung	[mm]		84
Hub	[mm]		90
Hub-Bohrungs-Verhältnis	[-]		1,07
Einzelzylinder Volumen	[cm ³]		499
Pleuellänge	[mm]	142,5	138
Pleuelstangenverhältnis	[-]	0,315	0,326
Blockhöhe	[mm]		289
Verdichtungsverhältnis	[-]		16,5
Zylinderabstand	[mm]		91
Hauptlager			
Durchmesser	[mm]		55
Breite	[mm]		25
Pleuellager			
Durchmesser	[mm]	45	50
Breite	[mm]		24
Kolben			
Kompressionshöhe	[mm]	42	47
Feuersteghöhe	[mm]	10	9,12
Kolbenbolzen			
Durchmesser	[mm]	28	32
Länge	[mm]	60	64
Ventile			
Durchmesser Einlass / Auslass	[mm]		27,2 / 24,6
Ventilhub Einlass / Auslass	[mm]		8,5 / 8,5
Schaftdurchmesser	[mm]		91

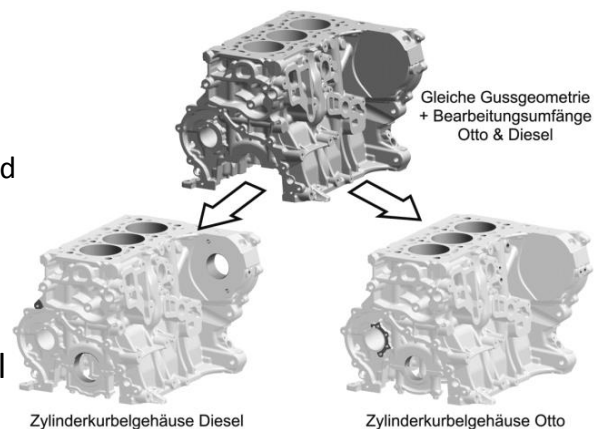
Synergieeffekte

- Hoher Anteil an Gleichteilen bzw. konzeptgleichen Bauteilen



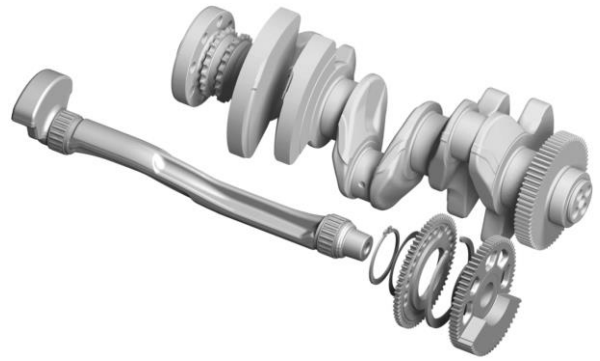
Kurbelgehäuse, Kurbeltrieb, Ausgleichswelle

- Alu-Kokillenguss mit Wärmebehandlung
- Bereits bewährte Konzeptmerkmale:
 - Getriebeseitig steif eingebundener Hochdruckpumpenflansch
 - Vorgegossene Kanäle für Kühlmittel- und Ölführung
- Neue Techniken wie LDS-Laufbahnbeschichtung (Laser Drahtspitzen)
- Otto und Diesel nutzen selbes Rohteil für Zylinderkurbelgehäuse



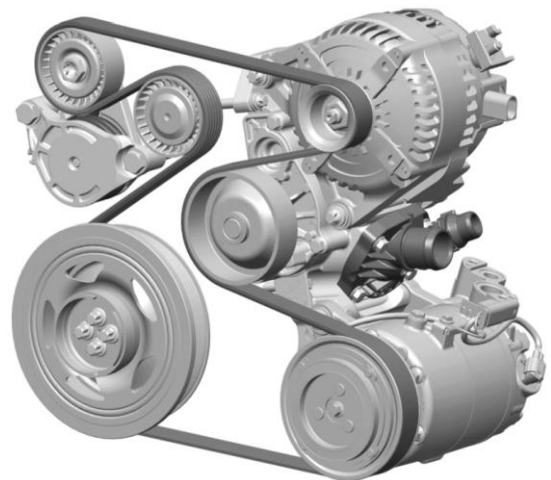
Kurbelgehäuse, Kurbeltrieb, Ausgleichswelle

- Vierfach gelagerte, geschmiedete Stahl-Kurbelwelle
 - 4 Gegengewichte & Ausgleichswelle gleichen Massenmomente 1. Ordnung vollständig aus
 - Ausgleichswellen-Antrieb über Zahnrad am Vorderen Kurbelwellenende
 - Antrieb Einspritzpumpe und Nockenwellen über integrierte Kettenräder
 - Reduzierte Reibleistung durch:
 - Hubzapfen mit 45mm \varnothing
 - Maximiertes Stichmaß der geschmiedeten Pleulstange (im bestehenden Bauraum)
 - Wälzgelagerte Ausgleichswelle
 - Lager bereits auf Welle vormontiert



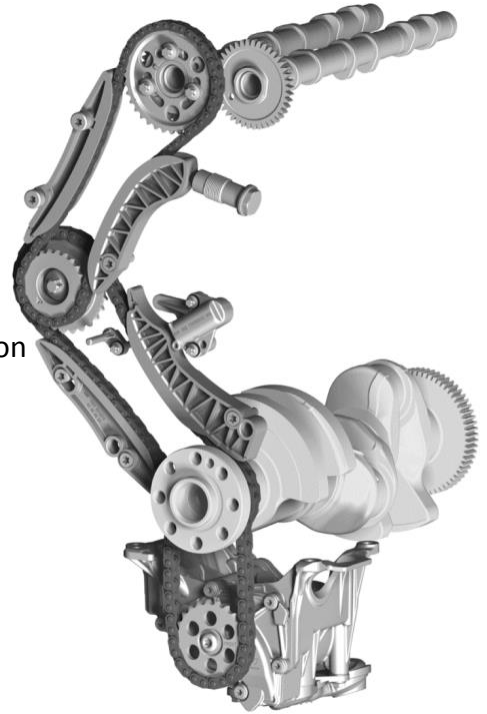
Riementrieb

- Erstmals Riementrieb Baukasten für Diesel & Otto-Motoren
- Einebenen-Trieb
- Fast ausschließlich Gleichteile
 - zB: Riemensteller, Umlenkrolle, LiMa und Klimapumpe
- Drehschwingungsdämpfer ist ein Synergieteil
 - Einzelne Komponenten bis zu Subsystemen sind gleich
 - Nur kleinste Unterschiede
 - Auch zwischen längs- und Quereinbauten



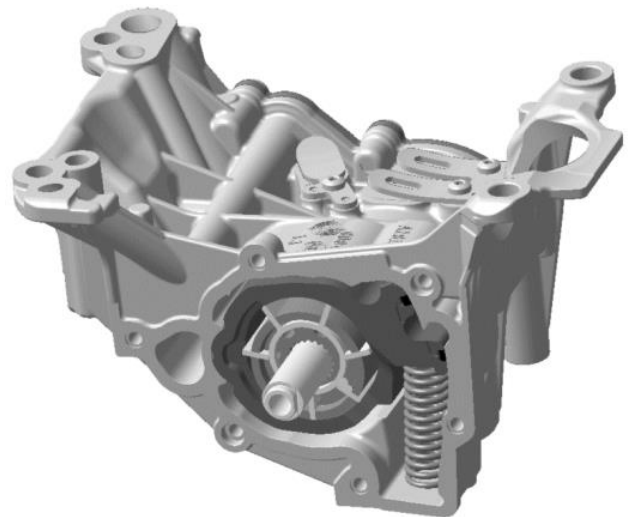
Kettentrieb

- Dreiteiling „geschachtelte“ Kettenebenen
- Übersetzungsverhältnis Kurbelwelle-Hochdruckpumpe identisch bei 3 und 6 Zylinder
 - Förderung Einstellpumpe erfolgt Einspritzsynchron
- Fast alles Gleichteile
- NEU: Kette mit PVD (Physical Vapour Deposition) beschichteten Nieten
 - Eliminiert Verschleißempfindlichkeit in Ruß belastetem Motoröl fast komplett



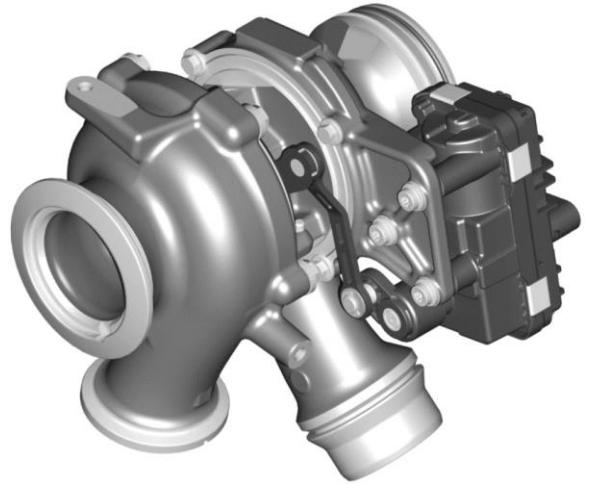
Ölsystem

- Ölpumpe mit Vakuumpumpe kombiniert im Ölsumpf angeordnet
- NEU: Vollvariable Flügelzellenpumpe
- Öl-Volumenstrom variabel über Regelventil
 - Dadurch niedrige Öl drücke in weiten Kennfeldbereichen
 - Niedriger Dieselverbrauch



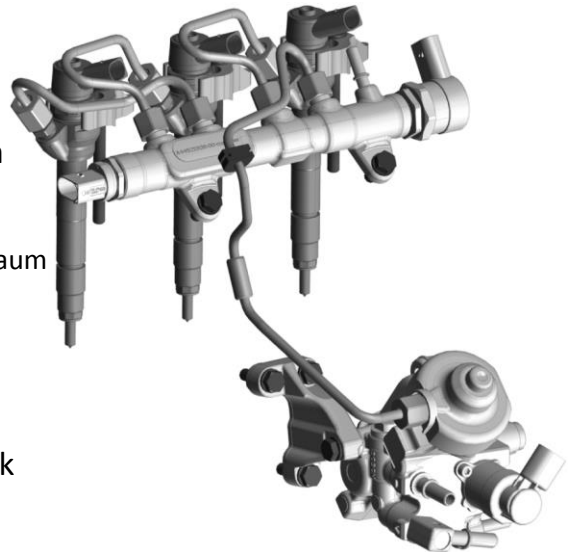
Aufladesystem

- Bosch-Mahle Turbo Systems VTG 35
 - Neu entwickeltes Verdichterrad
 - An Turbinenrad abgestimmte Turbinenleitschaufelgeometrie
 - →Herausragende thermodynamische Eigenschaften
 - Erweiterter Abstand zur Pumpgrenze
 - Verbesserter Turbinenwirkungsgrad bei geschlossenen Leitschaufeln
 - →deutlich bessere Fahrzeugdynamik und Turboladerakustik
 - Elektrischer Steller für Leitschaufeln
 - →optimale Ladedruckregelung bei geringer Hysterese



Einspritzsystem I

- Common Rail System neuester Generation
 - 2000bar maximaler Systemdruck
 - Höhere Systemdynamik
 - Verbesserte Kraftstoffaufbereitung im brennraum
- CRI2.20
- Optimiertes Injektorkörper Design mit zentralem Hochdruckkanal
 - Verbesserte Druckdynamik
- Düsenauslegung für erhöhten Systemdruck
- Düsendesign mit sitznaher Nadelführung
 - Höhere Strahlqualität

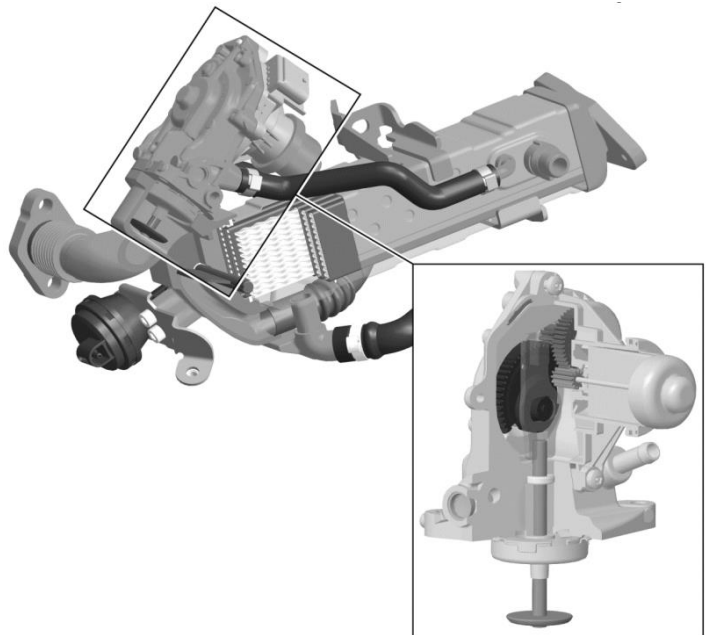


Einspritzsystem II

- Bewährte Hochdruckpumpe CP4 als Gleichteil für alle Motoren
 - Nockenform und –hub sowie Steuergeometrie der Zumesseinheit und Pumpengehäuse optimiert
- Hochdruckspeicher als Schmiederaail mit Laschenbefestigung
 - Gewichtsreduktion trotz gesteigertem Systemdruck
- Drucksensor, Druckregelventil stirnseitig angeordnet
- 2-Steller Systemdruckregelung des Vorgängermotors

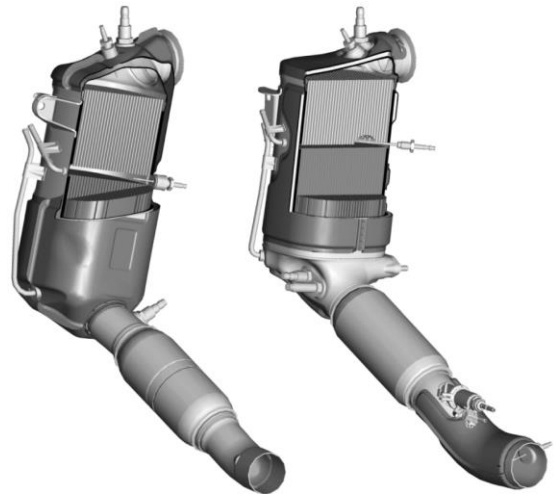
Abgas Rückführung

- Hochdruck-Abgasrückführung (HD-AGR)
 - Abgasentnahme am Krümmer
 - Rückführung (gekühlt oder ungekühlt) in Verbrennungsluft
 - Besteht aus Kühlblock (Plattenwärmetauscher), Kühlerumgehung, zwei Ventile
 - Einheitsteil für 3- und 4-Zylinder
- NEU: Öffnung des Ventils über DC-Motor
 - Federbeaufschlagte (Not-) Schließfunktion („Fail Save“)
- Ventil und Kühlblock Wassergekühlt



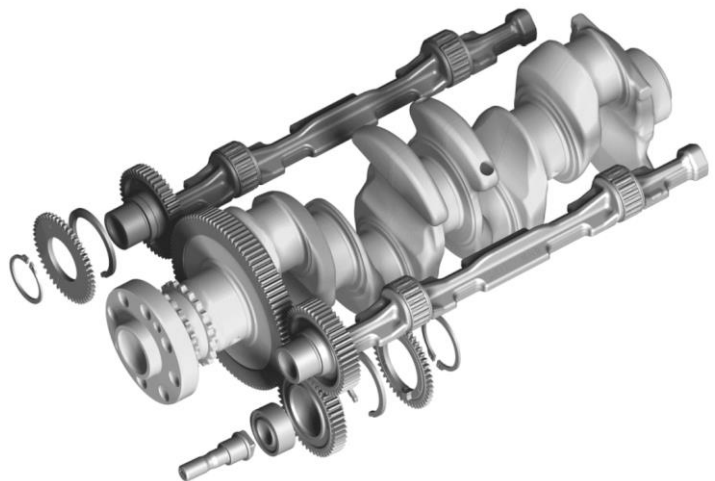
Abgasanlage

- Motornahen Anordnung von Katalysator und Dieselpartikelfilter in einem gemeinsamen Gehäuse
 - Isoliert mit 10mm Silikatfasermatte
 - Verringerte akustische und thermische Abstrahlung
 - Verbesserung der Regeneration
- DPF in SiC Bauweise mit katalytischer Beschichtung



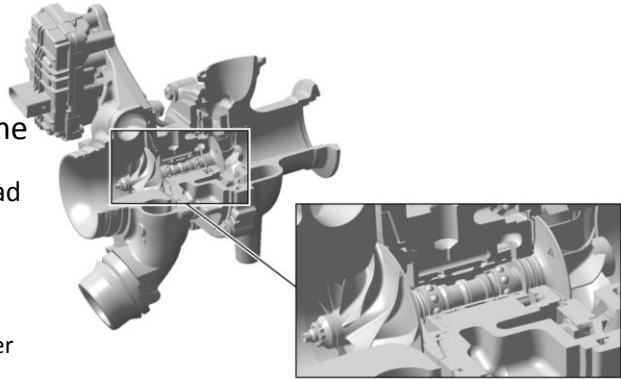
Ausgleichswelle (nur 4-Zylinder)

- AGW in Tunnelbauweise
- Bereits in aktueller Dieselgeneration im Einsatz
- NEU: Geradeverzahnte Zahnräder
- Beim Diesel: Verspannsystem zur Verringerung der Geräuschabstrahlung



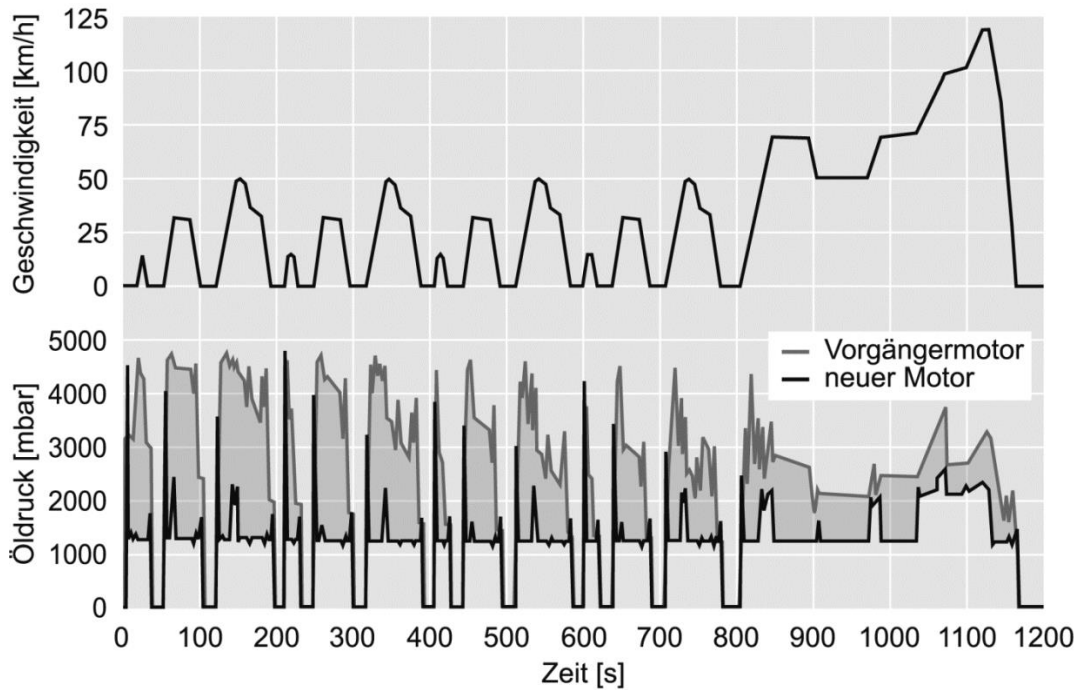
Abgasturbolader (4-Zylinder)

- Wälzgelagerter VNT-Turbolader GT17 von HTT
- Neu Entwickelte Räder an Turbine und Verdichter
 - Deutlich gesteigerter Wirkungsgrad sowie Ansprech- und Hochlaufverhalten
- Umgestellte Läuferlagerung
 - Signifikante Reibungsreduktion
 - Dadurch Erhöhung Turbinenseitiger Wirkungsgrad
- Neben thermodynamischen Werten Fokus bei Entwicklung auf Akustik sowie Robustheit



CO2 Reduktion - Ölpumpe

- Ölpumpe mit Vollvariabler Öldruckregelung zw. 1,3 und 3,0 bar
 - Abh. Von Motordrehzahl, Einspritzmenge und Motoröltemperatur
- Dadurch wesentliche Öldruck- und Durchflussreduktion im Teillastbereich
 - Auch im Volllastbereich gesenkter maximaler Öldruck
- Abschaltung der Kolbenkühlung im Teillastbereich
 - Federbelastete Ventile in den Ölspritzdüsen öffnen erst ab einem Motoröldruck von 1,8 bar
- CO2 Reduktion bis zu 2%



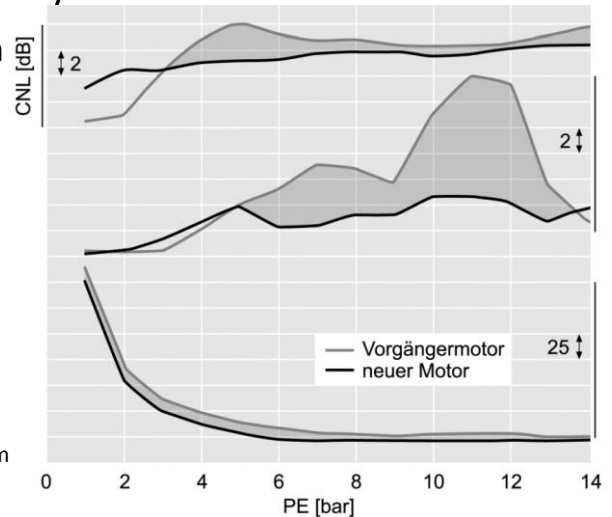
CO2 Reduktion - Kolbenpaket

- Kolbenspiel um 40% erhöht, Desachsierung um 20% reduziert
 - Optimum zwischen Reibleistung und Akustikanforderung
- Reibleistungsverbesserte Schaftbeschichtung
- Verkürzung der Ringhöhen auf bis zu 1.5mm
- Verringerung der Kolbenring-Tangentialkräfte um 25% gegenüber dem Vorgängermotor
- CO2 Reduktion bis zu 1%

CO2 Reduktion – Thermodynamik

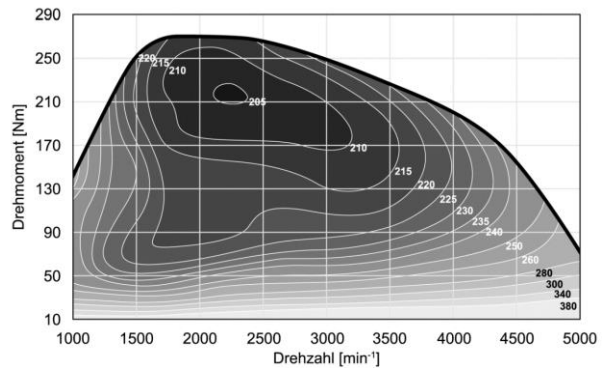
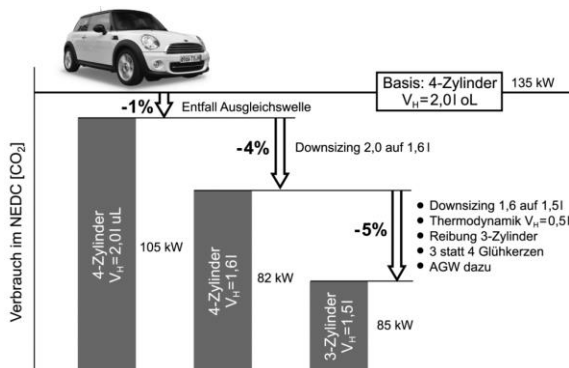
- Optimierung speziell für Teillastbereich im mittleren Drehzahlbereich

- Turbinenwirkungsgrad bei geschlossenen Leitschaufeln
- Einsatz von Einspritzdüsen mit geringem Durchfluss (Q H 370/7-Loch)
- Magnetventil Injektoren mit max. 2000 bar Systemdruck
 - Optimierungen an Injektoren, Düsen und Aufladung
 - Leistungssteigerung um 5 kW
 - Gleichzeitig Absenkung Düsendurchflusses um 25 %
 - Deutliche Reduktion der Rußemissionen



CNL = Combustion-Noise-Level (Verbrennungsgeräusch)
Vergleich bei 1500 U/min

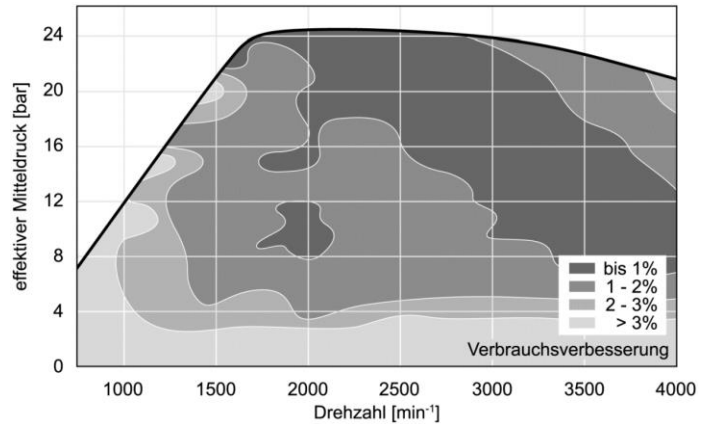
CO2 Reduktion – Vorteile 3-Zylinder



Verbrauchskennfeld 3-Zylinder Motor mit
Verbrauchsbestpunkt 205 g/kWh

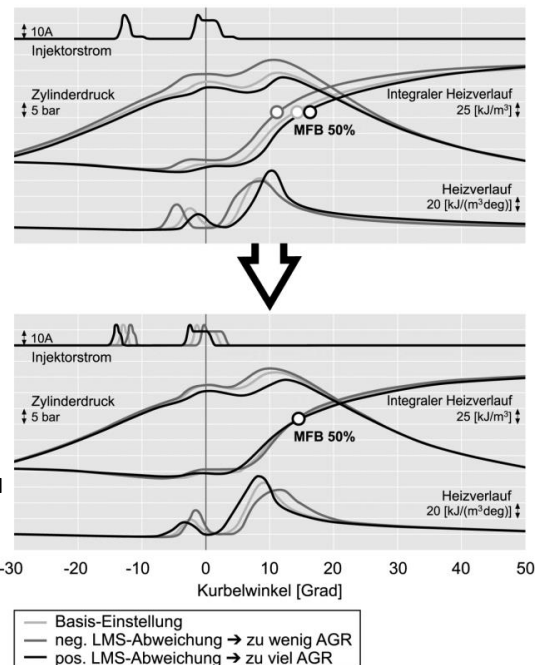
CO2 Reduktion – 4-Zylinder

- Wälzgelagerter ATL
 - Max 2,9 bar Ladedruck bei Luftdurchsatz 640 kg/h
 - Durch Wälzlagerung:
 - Vor allem Verbesserung im Teillastbereich
 - Schnellerer Laderhochlauf
 - Schnellerer Ladedruckaufbau
 - Zusammen mit verbessertem Einspritzsystem besseres Instationärverhalten des Motors



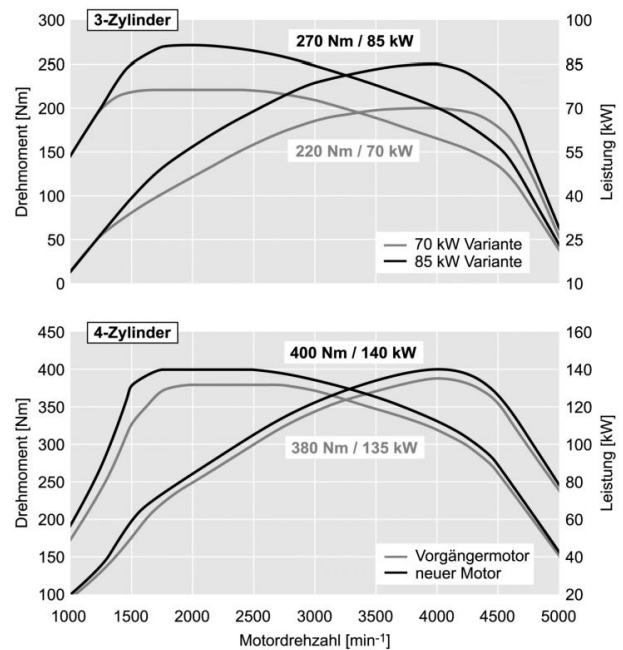
CO2 Reduktion – 4-Zylinder

- Neu: Brennraumdrucksensor (BDS) im Brennraum
 - Besseres detektieren des Verbrennungsvorgangs
 - Besseres Reagieren der Motorsteuerung
- BDS-Funktion Schwerpunktverlagerung →
 - Korrigiert Luftmassenabweichungen um MFB50 Punkt (MFB=Mass Fraction Burned) zu erreichen
 - Verbesserung von Emissionen, Verbrennungakustik und Wirkungsgraden



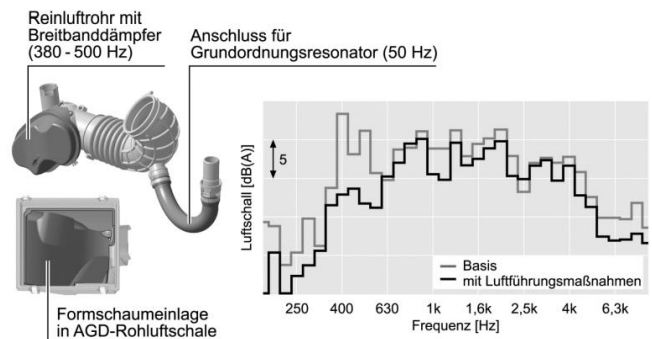
Leistung/Drehmoment

- 3-Zylinder Diesel Motoren:
 - 70 kW / 220 Nm
 - 85 kW / 270 Nm
- 4-Zylinder Diesel Motoren:
 - 140 kW / 400 Nm
 - Weitere 4-Zylinder mit geringerer Leistung folgen
- Bei allen Motoren bereits ab 2000 U/min 90% des max. Drehmoments



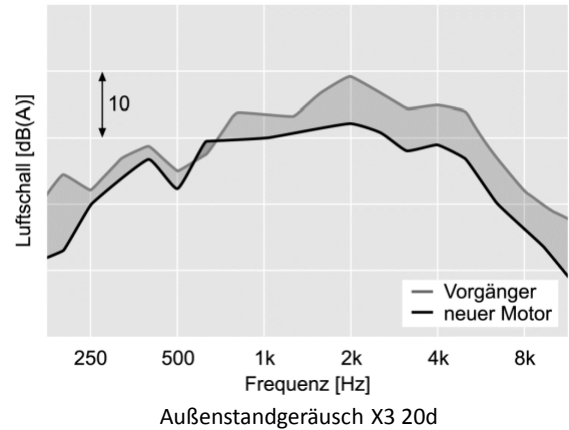
Akustik I

- Problem: Durch Reduktion Zylinderzahl und höhere Ladedrücke Drehungleichförmigkeit im unteren Drehzahlbereich
 - Ohne Maßnahmen schlechtes Klangbild und höheres Geräuschniveau
- Impulsbehaftetes Klangbild durch z.B.:
 - Zahnradantrieb der Ausgleichswelle
 - Aktive Abgasrückführung
- Minderung der Impulshaftigkeit durch verspannte Ausgleichswellenzahnäder, sowie: →





Akustik II

- Nageloptimierte Verbrennung durch leistungsfähigeres Einspritzsystem
 - Optimierte Kleinstmengenfähigkeit durch reduzierten hydraulischen Durchfluss
 - Kürzere Zündverzögerung durch schnellere Gemischaufbereitung
 - Geringerer Verbrennungsdruckgradient führt zu niedrigerem Geräuschniveau
- Zusätzlich optimierte Kapselungen diverser Schallquellen



Fahrleistungen / Verbrauch / Emissionen

- Ziele der EfficientDynamics Strategie:
 - Bessere Fahrleistungen
 - Niedrigerer Verbrauch und CO₂ Ausstoß
- Insgesamt deutliche Verbesserungen in beiden Bereichen: →

		Mini 		X3 	
		3-Zylinder Vorgänger (4-Zylinder)	Aktuelles Fahrzeug	4-Zylinder Vorgänger	Aktuelles Fahrzeug
Handschalter					
Verbrauch					
CO ₂ im NEFZ	[g/km]	99	92	149	136
Fahrleistungen					
Höchstgeschwindigkeit	[km/h]	197	205	210	210
Beschleunigung 0-100 km/h	[s]	9,7	9,2	8,5	8,1
Elastizität 80-120 km/h (5. Gang)	[s]	9,2	8,9	9,0	8,8
Emissionen					
Emissionsstufe		EU5	EU6	EU5	EU6

Anm.: CO₂ Werte deutlich unter Euro 6 Grenzwert