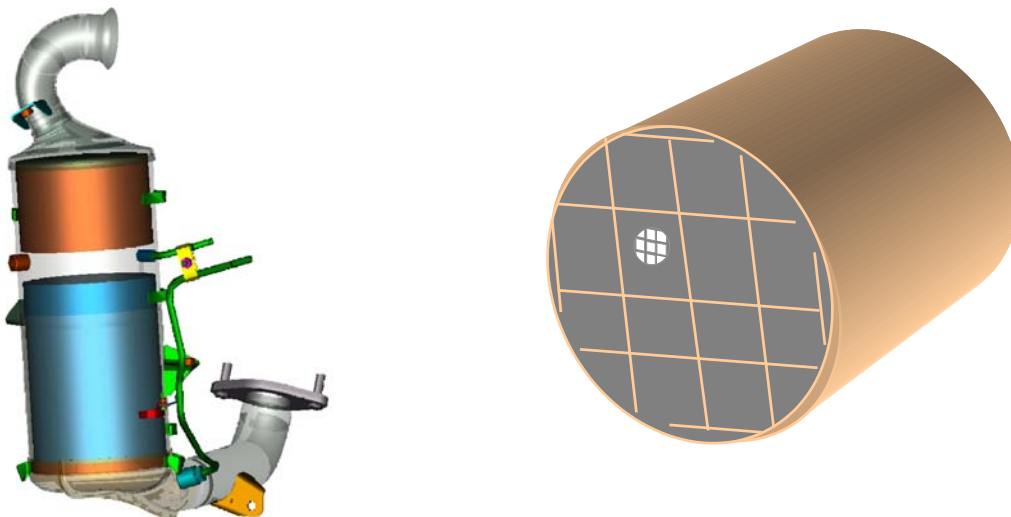




## FORD FOCUS DURATORQ TDCi MIT DPF (DIESEL PARTICULATE FILTER)

### Die neue Generation der praktisch rußfreien Diesel von Ford

Ford bietet für den neuen Ford Focus bereits bei der Markteinführung zwei hochmoderne Turbodieselmotoren mit DPF-Rußpartikelfiltern (**D**iesel **P**articulate **F**ilter) an, die vor kurzem bereits im Ford Focus C-MAX ihr Debüt gegeben haben. Der 2,0 Liter Duratorq TDCi leistet 100 kW (136 PS), das 1,6-Liter-Pendant 81 kW (109 PS). Das DPF-Filtersystem – das Ford gemeinsam mit PSA Peugeot-Citroën entwickelt hat – wird zunächst in Deutschland und England eingeführt, dann in den skandinavischen Ländern. Weitere europäische Märkte folgen.

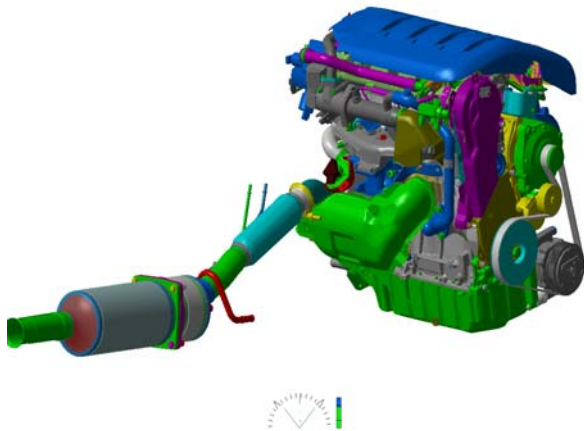


**Der Filter des 1,6 Liter Duratorq TDCi-Motors des neuen Ford Focus in Einbaulage und als separater Filterkörper.**

Dieses Abgas-Reinigungssystem reduziert die Partikelemissionen der Duratorq TDCi-Triebwerke um bis zu 98 Prozent und hilft, die strengen Euro 4-Abgasnormen sicher einzuhalten. Damit kommen die mit DPF-Turbodiesel-Motoren ausgestatteten neuen Ford Focus und Ford Focus C-MAX bei Zulassung in Deutschland in den Genuss eines Förderprogramms, das bis Ende 2005 Steuerersparnisse bis zu 500 Euro umfasst.

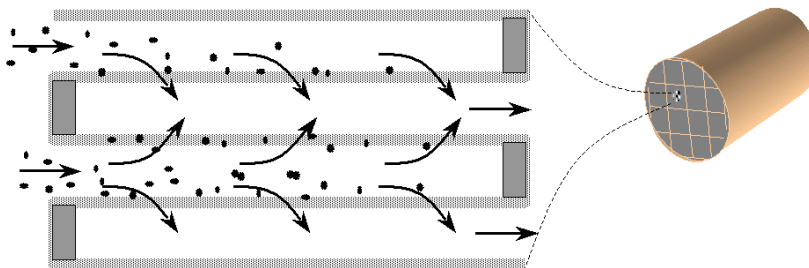
Erst die neueste Common-Rail-Technologie von Ford, die bis zu vier Einspritzakte umfasst, ermöglicht den Einsatz des neu entwickelten Siliziumkarbid-Keramikfilters. Dabei zählt das Auffangen der Diesel-Partikel in der feinen Filterstruktur der Keramikkörper zu den vergleichsweise leicht zu lösenden technischen Herausforderungen. Wesentlich schwieriger ist es, die Regeneration der Filter unter

allen denkbaren Bedingungen während des Fahrbetriebs sicherzustellen. Erst der Einsatz aufwändiger Steuerungs- und Regelungstechnologie brachte diesbezüglich die Lösung.



**2,0 Liter Duratorq TDCi-Turbodiesel mit motornahe Katalysator und Partikelfilter im Auspuffstrang.**

In den Duratorq TDCi-Motoren der neuen Ford Focus-Baureihe sorgt ein aufwändiges Motormanagement mit komplexen Regelschleifen für den beinahe vollständigen Abbau der Partikelmasse im Filterelement. Es steuert die kontrollierte Verbrennung der im Filter eingelagerten Festpartikel in Abhängigkeit von Motorbelastung und Filterzustand. Dabei ist es keineswegs der Betrieb mit hoher Last oder unter hohem Drehmomenteinsatz, der schwierig zu kontrollieren ist, sondern vielmehr Fahrten im unteren Lastbereich, wie sie zum Beispiel im Stadtverkehr gehäuft auftreten.



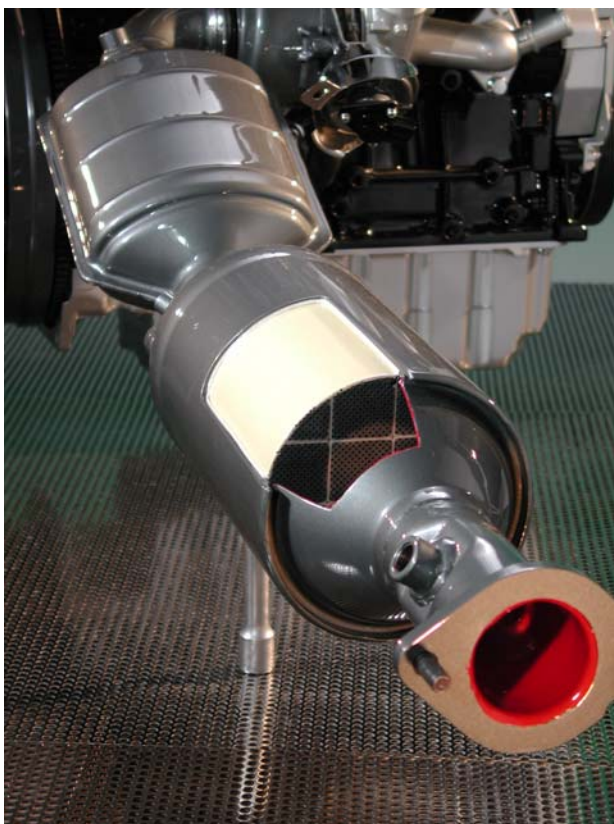
**Das Filtersystem des Ford Duratorq TDCi-Motor mit Filterkörper aus Silizium-Karbid (SiC).**

Im Gegensatz zu Benzinmotoren mit Turbolader, deren Abgas leicht die 1.000 Grad-Grenze überschreitet, arbeiten Turbodiesel mit deutlich geringeren Abgastemperaturen. Im unteren Lastbereich nahe der Leerlaufdrehzahl treten gerade Mal 250 Grad Celsius auf. Mehr als 750 Grad erreicht der Abgasstrang nicht einmal unter Volllast. Dabei neigt der Dieselmotor mit Partikelfilter genau in diesem Betriebszustand zu einer "natürlichen Regeneration", verbrennt also die im Filter angesammelte Rußpartikelmenge ohne weiteres Zutun eigenständig.

Generell gilt: Je tiefer die Abgastemperatur bei sinkender Last abfällt, desto schwieriger wird die Regeneration des Filters. Dies betrifft insbesondere Fahrzeuge, die vornehmlich im urbanen Verkehr eingesetzt werden. Forste Fahrweise mit hohen Geschwindigkeiten würden den Partikelbelag im Filter zwar spontan zünden

und eine gründliche Regeneration einleiten. Sie turnusmäßig vorzuschreiben, stellt aus Sicht von Ford jedoch keine annehmbare oder praktikable Lösung dar.

Aus diesem Grunde haben die Spezialisten von Ford und PSA ein aufwändiges System zur Abgas-Aufheizung einerseits und zur Absenkung der für die Verbrennung notwendigen Temperaturen im Filter andererseits entwickelt. Dabei brachte Ford verschiedene Patente in das Gemeinschaftsprojekt ein, die zum Teil bereits auf Forschungen rund um Diesel-Partikelfilter basieren, die in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts angestellt wurden. So arbeiten die DPF-Duratorq-Motoren der neuen Ford Focus-Baureihe mit einem Additiv, das die Regenerations-Temperatur der Partikelmasse von etwa 650 auf 450 Grad Celsius herabsetzt. Es besteht aus einer flüssigen Mischung von Reineisen und dem chemischen Element Cerium. Bereits eine mikroskopisch feine Beigabe im Bereich von tausendstel Promille ("parts per Million") genügt.



**Der Partikelfilter, der die Duratorq TDCi-Diesel des neuen Ford Focus auf den anspruchsvollen Euro 4-Level für Emissionen bringt, liegt im Auspuffstrang hinter dem Katalysator und formt mit diesem zusammen eine funktionale Einheit, sobald es darum geht, die angesammelte Partikelmasse kontrolliert wieder abzubrennen.**

Dennoch müssen die Turbodiesel zumindest für die Zeitdauer einer fälligen Regeneration noch immer zuverlässig ein Temperaturniveau von gut 450 Grad Celsius erreichen. Um dies zu garantieren, kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Zum Beispiel die Kombination aus einer Pilot-Einspritzung, einer Haupt-Einspritzung sowie jeweils einer Nach- und Späteinspritzung, die eine extrem präzise Kontrolle des Verbrennungsablaufs erlauben.

Die Piloteinspritzung erfolgt etwa um zehn Grad Kurbelwinkel früher als die Haupteinspritzung und umfasst lediglich rund  $1,0 \text{ mm}^3$  Dieselöl – also etwa das Volumen eines stählernen Stecknadelkopfes. Dies hält, wie bereits von früheren

Diesel-Generationen von Ford bekannt, die Verbrennungsgeräusche der Duratorq-Diesel auf einem moderaten Niveau.

Die Späteinspritzung findet etwa 30 Grad nach dem oberen Totpunkt des Kolbens und damit etwa gegen Ende des Verbrennungstaktes statt. Sie erhöht die Abgastemperatur durch eine geringe Einspritzmenge unmittelbar nach der Hauptverbrennung.

Etwa 40 Grad nach dem oberen Totpunkt folgt die Nacheinspritzung. Deren Kraftstoffmenge verbrennt nicht im Zylinder, sondern strömt zunächst in unverbranntem Zustand mit dem abfließenden Abgas durch den Auspuffkrümmer und den Turbolader. Erst wenn sie auf den heißen Katalysator trifft, zündet sie in dessen Strömungskanälen. Damit heizt diese exotherme Reaktion den Filter direkt auf und ermöglicht zusammen mit weiteren Maßnahmen den Abbrand der dort aufgespeicherten Partikelmenge.

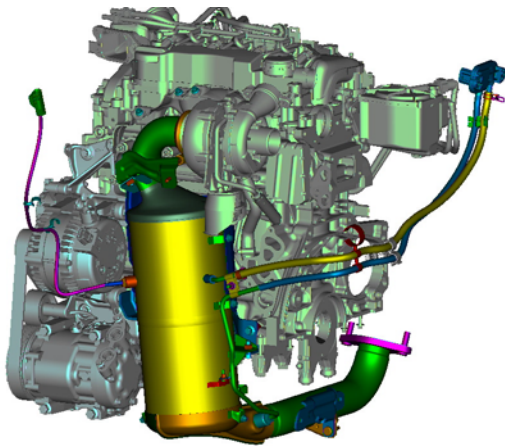
Für den Betrieb bei sehr niedriger Last – zum Beispiel bei langsamem Rollen nahe dem Leerlaufbetrieb – genügen diese Maßnahmen noch immer nicht und müssen durch zwei zusätzliche Kunstgriffe gestützt werden. So kann die Beheizung des Einlasstraktes über ein elektrisches Heizelement erfolgen, das fallweise zugeschaltet wird. Dies erhöht die Abgastemperatur und unterstützt durch den so verringerten Zündverzug die Wirksamkeit der Spät- und Nacheinspritzung. Effekt: ein sanfterer Druckanstieg und eine deutlich verstärkte Energieabgabe im Auslasstrakt. Zusätzlich erhöht eine Einlassdrosselung die Verbrennungstemperatur durch reduzierten Luftdurchsatz – quasi eine motorgesteuerte Abgasheizung. Der Einsatz der Drosselklappe und das Heizen des Einlasstraktes helfen, den Verlauf der Wärmefreisetzung im Zylinder anzupassen und die Funktion des Systems auch bei sehr kalten Umgebungstemperaturen sicherzustellen.

Diese Vierfachstrategie schafft beim Einsatz im erweiterten urbanen Umfeld die besten Regenerationsbedingungen für das Filtersystem. Die Regeneration erfolgt zuverlässig, wenn auch nicht im ausgedehnten Leerlaufbetrieb. Ein einfacher Beschleunigungsvorgang an einer grünen Ampel reicht aus, um das gezielte Abbrennen der Partikelrückstände einzuleiten. Anschließend steuert das Motormanagement diese Regeneration selbsttätig weiter – praktisch ohne dass der Fahrer hiervon etwas bemerkt. Die Fahrbarkeit und die Reaktion auf Bewegungen des Gaspedals bleiben dank ausgeklügelter Regelung in vollem Umfang erhalten. Mit anderen Worten: Die neuen Modelle der Ford Focus-Baureihe mit Duratorq TDCi-Turbodieselmotoren fahren einfach und völlig ungestört weiter, während im DPF-Filter das große Reinemachen abläuft.

### **Die modernen Duratorq TDCi-Motoren im neuen Ford Focus**

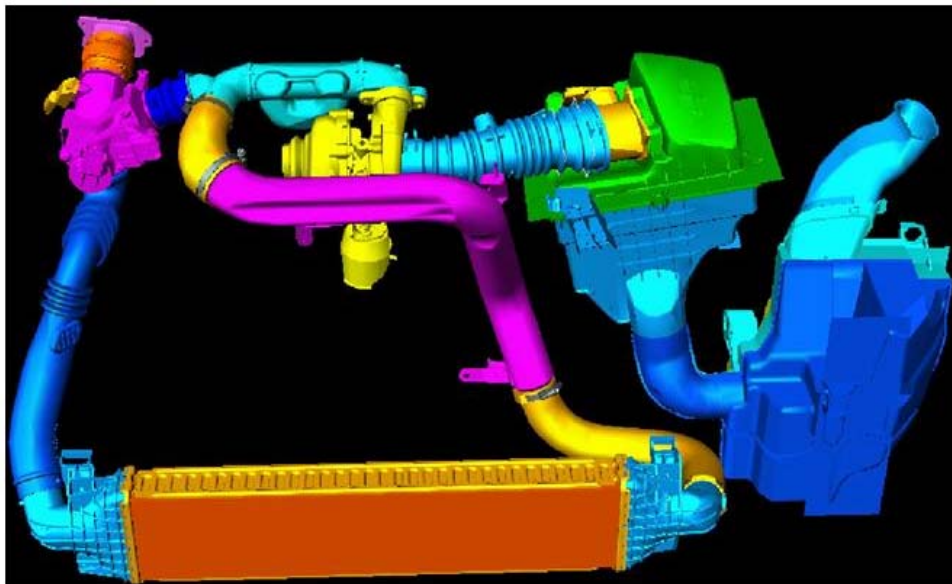
Zur Motorenpalette der neuen Ford Focus-Baureihe zählt ein 1,6 Liter Duratorq TDCi-Turbodiesel, der Maßstäbe in punkto Antriebskomfort, Fahrbarkeit und Sparsamkeit setzt. Seine Leistung beträgt 81 kW (119 PS) bei 4.000/min. Das maximale Drehmoment von 240 Nm steht bereits bei 1.750/min zur Verfügung. Es

lässt sich – wie bei den Duratorq-Motoren von Ford üblich – durch eine Overboost-Regelung für einen begrenzten Zeitraum auf 260 Nm steigern, ohne dass der Motor dabei thermisch überlastet würde.



**Der 1,6 Liter Duratorq TDCi-Motor von Ford besteht von Zylinderkopf bis Ölwanne aus Aluminium. Der Partikelfilter sitzt direkt unter dem Turbolader, in Fahrtrichtung gesehen vor dem Motor.**

Dabei beträgt der spezifische Mitteldruck – ein Gütesiegel für den Wirkungsgrad eines Motors – für den 1,6 Liter Duratorq TDCi 19,3 bar, unter Overboost sogar 21,0 bar. Damit gehört er zu den besten Motoren der Welt. Hintergrund: Um dem spezifischen Mitteldruck zu bestimmen, wird der Quotient aus maximalem Drehmoment (Nm) durch die Hubraumgröße (Liter) mit dem dimensionslosen Faktor 0,1257 multipliziert. Das Ergebnis wird in bar gemessen und entspricht etwa dem mittleren Kolbendruck im Motor. Dieser Wert trifft unabhängig vom aktuellen Hubraum eine Aussage über den Liefergrad eines Motors. Lange galten Werte um 14 bar für moderne Diesel als vorbildlich.

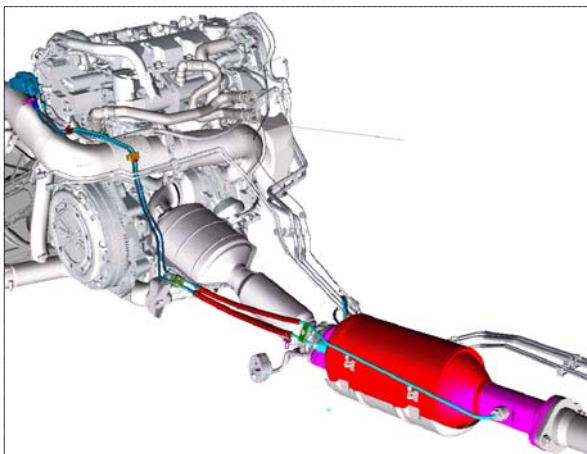


**Zu jedem Duratorq-Dieselmotor mit DPF-Filtersystem gehört eine Ansaugleitung mit doppelter Einlassführung. Der Grund: Zur Regeneration der Filtersysteme muss die Ansaugluft am Ladeluftkühler vorbei geführt werden. Dazu dient ein Umschaltventil im Ansaugkanal (Bildmitte oben), welches vom Motormanagement kontrolliert wird.**

Der vollständig aus Leichtmetall gefertigte Vierventil-Diesel verfügt über Common-Rail-Technologie neuester Generation und operiert mit Einspritzdrücken von bis zu 1.600 bar. Dieses Triebwerk verbindet das Knowhow des französischen Entwicklungspartners PSA im Bau kleinvolumiger Dieselmotoren und in der Hochdruck-Aluminium-Gusstechnologie mit der Dieselkompetenz von Ford. Das Ergebnis ist eines der derzeit besten Triebwerke in diesem Segment. In Kombination mit diesem Motor bietet Ford für den neuen Ford Focus sowie den Ford Focus C-MAX optional auch ein stufenloses Durashift CVT-Automatikgetriebe an, das wahlweise mit fünf oder sieben „virtuellen“ Gangstufen operiert – oder im Modus einer stufenlosen Anpassung der Übersetzungsstufen.

Die charakteristischen Konstruktionsmerkmale des 1,6 Liter Duratorq TDCi von Ford:

- Motorblock und Zylinderkopf aus Aluminium in Leichtbauweise mit eingegossenen Stahl-Laufbuchsen
- separater, einteiliger Aluminium-Grundrahmen der Lagerböcke mit eingegossenen Stahl-Lagerschalen
- DOHC-Ventiltrieb. Die vom Motor via Zahnriemen angetriebene Einlass-Nockenwelle treibt ihrerseits über einen einfachen Kettentrieb mit hydraulischer Spannvorrichtung die Auslassnockenwelle an
- Ventiltrieb mit reibungsoptimierten Rollen-Schlepphebeln sowie hydraulischem Spielausgleich
- Common-Rail-Direkteinspritzung der dritten Generation mit 1.600 bar maximalem Einspritzdruck
- Turbolader mit variabler Turbinengeometrie
- Zweimassen-Schwungrad
- elektronisch angesteuerte Abgasrückführung
- elektronisch angesteuerte Drosselklappen im Einlasstrakt



**Der 2,0 Liter Duratorq TDCi verfügt über Katalysator und Partikelfilter in getrennten Baueinheiten. Der Katalysator sitzt in Fahrtrichtung hinter dem Motor dicht am Turbolader, der Filter etwa unter dem Schalthebel des Fahrzeugs. Der Zylinderblock besteht bei diesem Motor aus Grauguss, um Steifigkeit und Geräuschdämmung zu verbessern.**

### **2,0 Liter Duratorq TDCi**

Analog zur 1,6-Liter-Ausführung besteht der Zylinderkopf des 2,0-Liter-Duratorq TDCi-Triebwerks des neuen Ford Focus sowie des Ford Focus C-MAX komplett aus Aluminium. Der Motorblock aus Grauguss sorgt für ruhigen und vibrationsfreien

Motorlauf. Das Common-Rail-System erzeugt bis zu 1.600 bar Einspritzdruck und kommt in Verbindung mit elektronischer "drive-by-wire" Pumpensteuerung, Zweimassenschwungrad und reibungsreduzierter Ventilsteuerung mittels Rollen-Schlepphebeln sowie hydraulischem Ventilspielausgleich zum Einsatz.

Der vierventilige Diesel entwickelt eine Leistung von 100 kW (136 PS) bei 4.000/min und erzielt bei 2.000/min ein Drehmoment-Maximum von 320 Newtonmetern, das durch das Overboost-System von Ford kurzzeitig auf 340 Nm gesteigert werden kann, ohne den Motor thermisch zu überfordern. Der spezifische Mitteldruck – ein Gütesiegel für den Wirkungsgrad eines Motors – erreicht für den 2,0 Liter Duratorq TDCi den eindrucksvollen Wert von 20 bar - unter Overboost sogar 21 bar. Dieser Wert trifft unabhängig vom aktuellen Hubraum eine Aussage über den Liefergrad eines Motors. Lange galten Werte um 14 bar für moderne Diesel als vorbildlich. Damit gehört er zu den besten Motoren der Welt. Hintergrund: Um den spezifischen Mitteldruck zu bestimmen, wird der Quotient aus maximalem Drehmoment (Nm) durch die Hubraumgröße (Liter) mit dem dimensionslosen Faktor 0,1257 multipliziert. Das Ergebnis wird in bar gemessen und entspricht etwa dem mittleren Kolbendruck im Motor.