

TEC INFO

Turbocharger Investigations



» FEV AERODYNAMICS AND FLOW ANALYSIS

FLOW ANALYSIS ON A TC HOT GAS TEST BENCH

Turbocharger matching is mandatory to ensure engine operation with best efficiency. Downsizing and the overall high performance level of modern ICE require to operate turbochargers close to their limits. For the compressor this means especially close to the surge line.

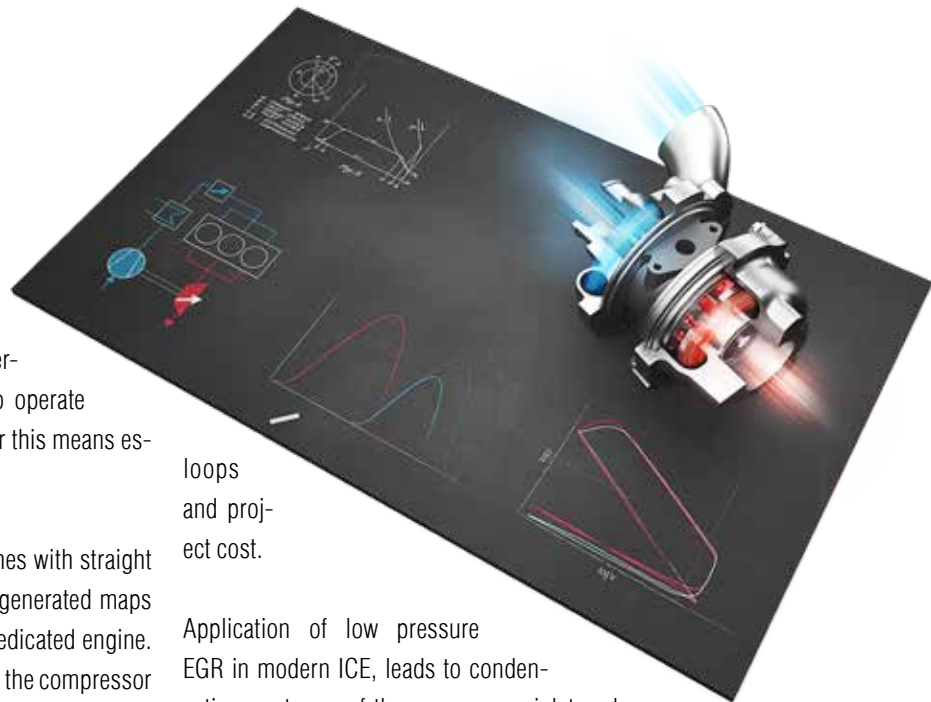
Commonly, series TC are tested on hot gas test benches with straight inflow conditions to evaluate their performance. The generated maps are used in 1D simulations to match the TC and the dedicated engine. However, in the vehicle, the turbocharger and therewith the compressor is facing entirely different flow conditions due to small build space and packaging. This might lead to TC operation out of the desired area and could cause early damage of the TC in series cars.

FEV is running TC tests with real engine packages in combination with PIV measurements to evaluate the flow structure and TC performance under more realistic conditions. As one can see in Figure 2, the surge line with package (red) is shifted to the right compared to the standard map (black). Now, the engine (green) would operate on the left hand side of the surge line, which makes a rematching of the compressor inevitable. An early detection of such discrepancies is crucial to reduce development

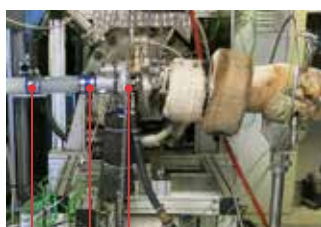
loops and project cost.

Application of low pressure EGR in modern ICE, leads to condensation upstream of the compressor inlet and potentially droplet impact on the compressor. FEV studied the effect on a hot gas test bench as well as on engine test benches and found severe damage of the compressor blades after short period of time due to droplet impingement. The Figure 3 on the right hand side illustrates the damage of the leading edge for different droplet sizes.

Laser diffractometric measurements allow determination of droplet size and distribution within the flow (Figure 4 on the right hand side). Damages can be predicted knowing the droplet size distribution of the



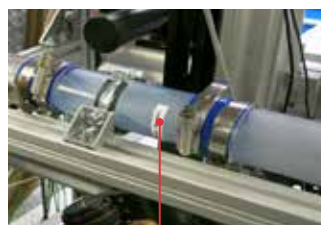
Base setup



Turbocharger
NVH probes
Idealized compressor inflow

Analytical approach to investigate complex flow phenomena

Idealized swirl



Swirl device

90° Bend



PIV camera

Package



Increasing complexity

Figure 1



TEC INFO

Turbocharger Investigations



» FEV AERODYNAMICS AND FLOW ANALYSIS

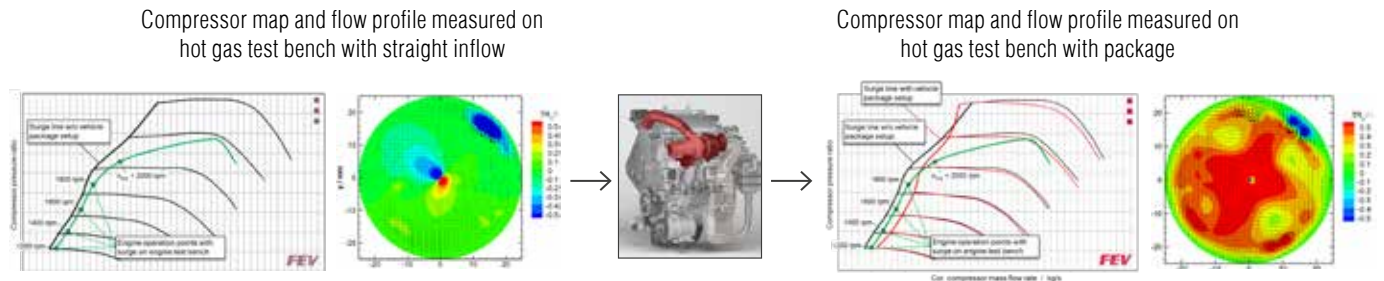


Figure 2

system. This knowledge enables the development of targeted countermeasures to prevent compressor wheel erosion.

Furthermore, optical diagnostics are applied for evaluation of wastegate vibrations and the relating impact on the engine performance.

$d_{Drop} = 1120 \mu m$

$d_{Drop} = 470 \mu m$

$d_{Drop} = 340 \mu m$

$d_{Drop} = 153 \mu m$

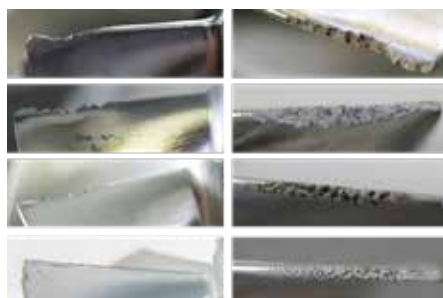


Figure 3

The test is set up on an engine test bench, ensuring realistic boundary conditions like pressure and temperature fluctuations. Observation of the wastegate cover vibrations through an optical access by means of laser optical measurements, enable transient, non-intrusive evaluation.

Of course, these exemplary cases only give an idea about the capabilities of optical diagnostics in turbocharging. FEV is steadily developing new methods dedicated to customer interests and requirements.

TC hot gas test bench

- Fully automated compressor & turbine mapping
- Subcompact to heavy duty range: 0.01 - 1 kg/s
- Hot gas temperature: $T_3 = 200 - 1200 \text{ }^\circ\text{C}$
- Unequal admission of twin scroll turbines with 2 burner set up
- 2-Stage system mapping
- Analysis of vehicle package surge limit
- Extended pressure ratio mapping (Compressor Closed Loop)
- Variable intake conditions: $p_1 = 0.5 - 2 \text{ bar}$, $T_1 = 15 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$
- Enhanced stability & steady state detection for high accuracy & reproducibility

Optical measurement technologies

- HS-PIV (via glass cylinder or endoscopic)
- HS-shadowgraphy
- Droplet size measurement

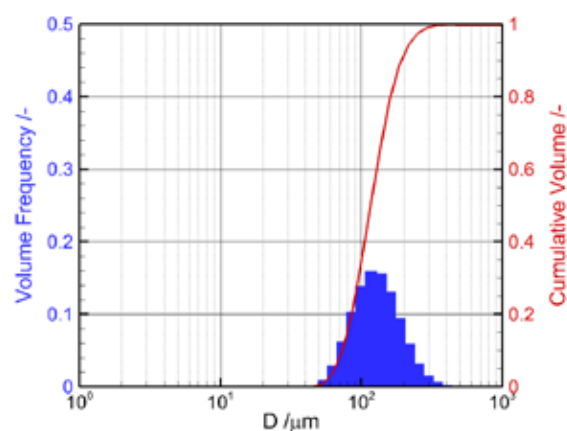


Figure 4

Get in contact with us to ensure enduring TC operation and gathering deeper knowledge of flow characteristics close to the TC.

STRÖMUNGSANALYSE AUF EINEM ATL HEISSGASPRÜFSTAND

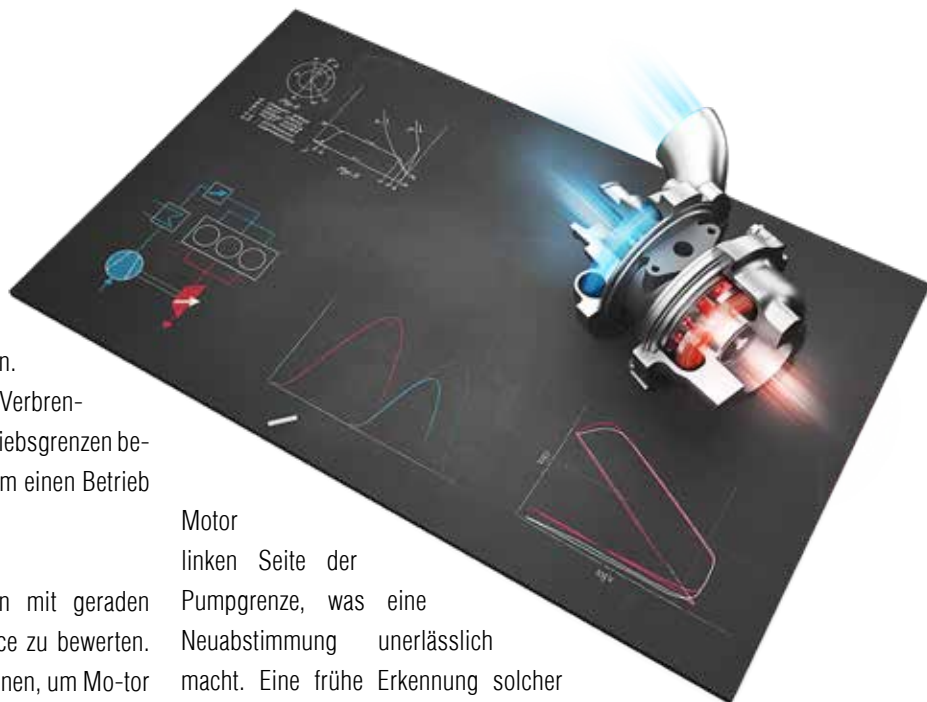
Turbolader Matching ist notwendig um den Motorbetrieb mit bestmöglicher Effizienz zu gewährleisten. Downsizing und das hohe Leistungsniveau moderner Verbrennungsmotoren führen dazu, dass der ATL nahe der Betriebsgrenzen betrieben wird. Für den Verdichter bedeutet dies vor allem einen Betrieb an der Pumpgrenze.

Üblicherweise werden ATL auf Heißgasprüfständen mit geraden Einströmbedingungen untersucht, um die Performance zu bewerten. Die so erzeugten Kennfelder nutzt man in 1D Simulationen, um Motor und ATL aufeinander abzustimmen. Unter Realbedingungen bedingen der geringe Bauraum und das Package jedoch gänzlich andere Zuströmbedingungen. Diese können dazu führen, dass der ATL außerhalb des bevorzugten Bereichs betrieben wird und ggf. in Serienfahrzeugen früher ausfällt.

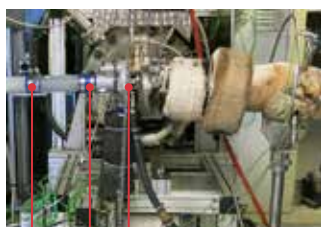
Darum führt FEV Versuche mit original Package-Komponenten in Kombination mit PIV Messungen durch, um Strömung und ARL Performance unter realitätsnäheren Bedingungen zu bewerten. Wie man in Abbildung 2 erkennen kann, ist die Pumpgrenze mit Package (rot) im Vergleich zur Basis (schwarz) nach rechts verschoben. Nun arbeitet der

Motor linken Seite der Pumpgrenze, was eine Neuabstimmung unerlässlich macht. Eine frühe Erkennung solcher Diskrepanzen ist nötig, um Entwicklungsschleifen und Kosten zu reduzieren.

Die Anwendung von Niederdruck-AGR in modernen Verbrennungsmotoren führt zu Kondensation stromauf des Verdichters und potentiell Tropenschlag auf das Verdichterrad. FEV hat diesen Effekt am Heißgasprüfstand und auch am Motorprüfstand untersucht und bereits nach kurzer Dauer gravierende Schäden an den Verdichterschaukeln durch den Tropenschlag festgestellt. Die Abbildung 3 auf der rechten Seite zeigt das Schadensbild der Schaufelvorderkante für unterschiedliche Tropfengrößen.



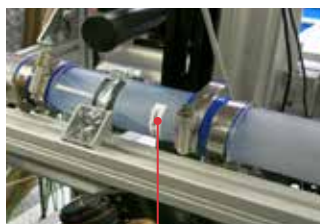
Basis Konfiguration



Turbolader
NVH Sensoren
Idealisierter
Verdichtereinlauf

Analytischer Ansatz zur Untersuchung komplexer Strömungsphänomene

Idealisierter Drall



Drall-Einsatz

90° Krümmer



PIV Kamera

Package



Zunehmende Komplexität

Abbildung 1



» FEV AERODYNAMIK UND STRÖMUNGSANALYSE

Verdichter-Kennfeld und Strömungsprofil gemessen auf einem Heißgasprüfstand mit gerader Zuströmung

Verdichter-Kennfeld und Strömungsprofil gemessen auf einem Heißgasprüfstand mit Package

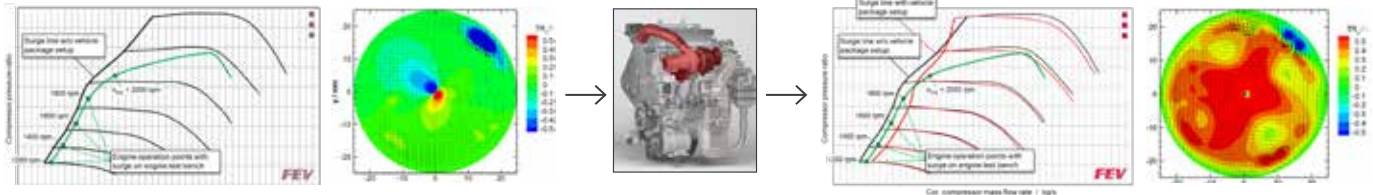


Abbildung 2

Mit Hilfe von Laser Diffraktometrie können Tröpfengrößen und -Verteilung in der Strömung bestimmt werden (Abbildung 4). Durch die Kenntnis der auftretenden Tropfengrößen können Schäden vorhergesagt werden. Mit dieser Erkenntnis können gezielte Gegenmaßnahmen entwickelt werden, um die Erosion der Verdichterschaukeln zu verhindern.

ATL Heißgasprüfstand

- Vollautomatisierte Kennfeld-Vermessung von Verdichter und Turbine
- Kleinwagen bis Nutzfahrzeug: 0.01 - 1 kg/s
- Heißgastemperatur: T3 = 200 - 1200 °C
- Ungleichbeaufschlagung von Twin-Scroll Turbinen mit 2 Brennern
- Kennfeldvermessung 2-stufiger Systeme
- Analyse von Pumpgrenzen mit Package
- Kennfeldvermessung mit erweitertem Druckverhältnis (Verdichter Closed Loop)
- Variable Eintrittsbedingungen: p1 = 0.5 - 2 bar, T1= 15 - 150 °C
- Verbesserte Detektion von Stabilität und stationären Bedingungen für hohe Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit

$d_{Drop} = 1120 \mu m$

$d_{Drop} = 470 \mu m$

$d_{Drop} = 340 \mu m$

$d_{Drop} = 153 \mu m$

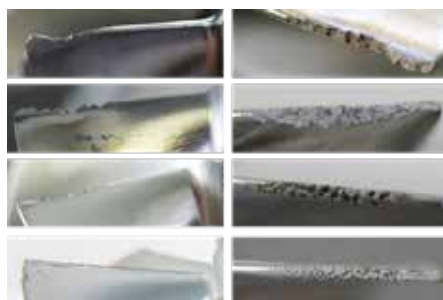


Abbildung 3

Des Weiteren wird optische Messtechnik eingesetzt, um Wastegate Vibrationen und den einhergehenden Einfluss auf die Motor Performance zu bewerten (s. Bild rechts unten)

Optische Messmethoden

- HS-PIV (über Glaszylinder oder Endoskop)
- HS-Shadowgraphy
- Tröpfchengrößen

Die Versuche werden am Motorprüfstand durchgeführt, um realistische Randbedingungen wie Druck- und Temperaturschwankungen sicherzustellen. Durch nicht intrusive Messung kann die Schwingung der Wastegate Klappe mittels laseroptischer Verfahren transient quantifiziert werden. Natürlich geben die gezeigten Beispielanwendungen nur einen Ausschnitt des Leistungsspektrums optischer Diagnose von im Bereich Turboaufladung wieder. FEV entwickelt ständig neue Methoden nach Kundenwunsch.

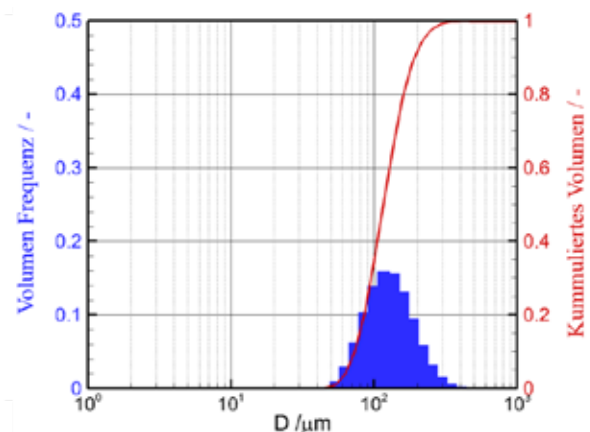


Abbildung 4

Kontaktieren Sie uns um einen langlebigen ATL Betrieb sicherzustellen und tieferes Wissen der Strömungscharakteristik nahe des ATL zu erhalten.