

SCR - auch eine Maßnahme zur Verbrauchsreduzierung beim Dieselmotor

<http://www.fev-events.com>
2nd International Automotive Workshop „Design for Calibration - from Concept to SOP“
22./23. Juni 2006, Spa, Belgien

Der schnelllaufende Dieselmotor stellt auf Grund seines hohen Prozesswirkungsgrads und seines günstigen Drehmomentverlaufs eine verbrauchsgünstige und attraktive Motorisierung für moderne Pkw dar. Im Zuge seiner ansteigenden Marktakzeptanz durch zunehmende Fahrdynamik und verbesserte Akustik unter Beibehaltung des vorteilhaften Kraftstoff-

verhaltensverhaltens und unter Einhaltung verschärfter Emissionsanforderungen hat er wesentlich zur Absenkung des Flottenverbrauchs im Sinne der vereinbarten CO₂-Verringerung beigetragen, so dass der Zielkorridor für die Erfüllung der ambitionierten ACEA-Werte nach heutiger Sicht realistisch erscheint. Diesem globalen Anspruch stehen allerdings die drastischen NO_x-Minderungsansätze weiter gehender Emissionsregulierungen beim Dieselmotor gegenüber, um die von der ACEA versprochenen CO₂ Emissionszielwerte von 140 g/km bis 2008 bzw. 120 g/km bis 2012 darzustellen. Des Weiteren ist in naher Zukunft davon auszugehen, dass bei immer weiter steigenden Kraftstoffpreisen für den Konsumenten ein geringer Verbrauch des Fahrzeugs bei gestiegenen Fahrleistungen ein immer wichtigeres Kaufkriterium darstellen wird.

Nach heutigem Stand ist aber eine weitere, massive NO_x-Emissionsreduktion für den Dieselmotor kontraproduktiv hinsichtlich des Kraftstoffverhaltensverhaltens.

INHALT

- Seite 1 SCR - auch eine Maßnahme zur Verbrauchsreduzierung beim Dieselmotor
- Seite 4 Low Noise Engine / Benchmark as key for Product Quality
- Seite 5 Entwicklung und Packaging von neuen Aufladesystemen
- Seite 6 CAE Validierung und Störungssuche
- Seite 8 Ethanol als zukünftiger Kraftstoff
- Seite 8 Mehrlochdüsen

<http://www.fev.com>

Zum Geleit



Liebe Leserinnen und Leser,

in der Automobilindustrie ist die Globalisierung durch die weltweite Vernetzung der Märkte längst Realität geworden. Dadurch gewinnt die ökonomische wie die technische Entwicklung an Dynamik. Überkapazitäten und Preisdruck führen zu Kostensenkungsprogrammen – gleichzeitig erfordern die Qualitätsansprüche der Endkunden und die Notwendigkeit zur Umwelt- und Ressourcenschonung besondere Entwicklungsanstrengungen.

Das Antriebsaggregat steht im Brennpunkt der Entwicklung, für die FEV anspruchsvolle Lösungen erarbeitet. Einige dieser Lösungen wollen wir in dieser Ausgabe vorstellen.

Beim Dieselmotor steht die Emissionierung im Mittelpunkt – mit Hilfe der SCR-Technologie lässt sich eine effektive NO_x-Reduktion darstellen. Die Herausforderung beim Ottomotor ist der Kraftstoffverbrauch – Aufladung, Direkteinspritzung und alternative Kraftstoffe wie Ethanol führen hier zu Fortschritten.

Die Antriebsentwicklung selbst wird durch den Einsatz von Tools effizienter – Spezialmesstechnik und Computersimulation leistet einen wichtigen Beitrag in der Mechanikentwicklung.

Die Qualitätsanmutung des Endprodukts Auto wird wesentlich durch das NVH-Verhalten des Antriebsaggregats bestimmt; durchgehende NVH-Optimierung im Entwicklungsprozess ist eine Voraussetzung zur Erreichung von Spitzenplätzen.

Wir freuen uns darauf, Ihre Entwicklungen mit unseren Spezialisten zu unterstützen!

Ihr

Dr.-Ing. Markus Schwaderlapp
Geschäftsführer

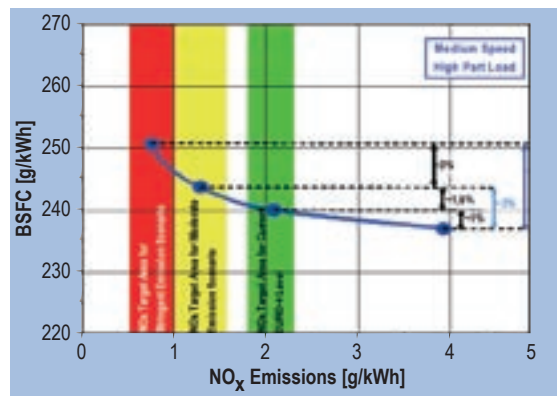


Abb. 1: NO_x-Emission <-> Kraftstoffverbrauch Tradeoff

Es ist sogar von einer Verbrauchsverschlechterung zwischen 2 bis zu 8 % auszugehen, wie verschiedene Strategieuntersuchungen von FEV (s. Abb. 1) unter Berücksichtigung aller kurz- und mittelfristig realistischen Technologien gezeigt haben.

FEV arbeitet an der Realisierung von weiteren Verbrauchsreduktionspotenzialen trotz deutlich verringerter Emissionswerte durch unterschiedliche Ansatzpunkte und Szenarien:

- Mechanische Optimierung zur Verringerung der Reibung
- Weiterführende Verfahrensoptimierung
- Kombination des Dieselmotors mit Hybridtechnologie
- Downsizing in Verbindung mit SCR-Technologie

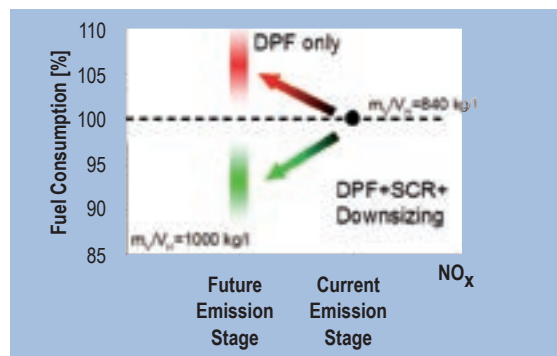


Abb. 2: Potenzial zur Minderung des Kraftstoffverbrauchs für ein Konzept mit SCR und Downsizing

Gerade der letzte Punkt, ausgeführt als „Downsizing“ durch Reduktion des Motorhubraums (s. Abb. 2), bietet ein erhebliches Potential zur Verbrauchsreduktion. Im nachfolgenden Bild ist ein Vergleich unterschiedlicher Ansätze mit Schwerpunkt auf die Parameter Arbeitsverfahren und Abgasnachbehandlung dargestellt. Im ersten Fall werden die zukünftigen NO_x-Emissionswerte durch eine Kombination aus innermotorischen Maßnahmen und einer DPF-Applikation erreicht. Dies führt im zyklusrelevanten Motorbetriebsbereich zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs zwischen



2 und 8%. Konkurrierend zu diesem Ansatz ist ein Technikpaket bestehend aus einem hubraumreduzierten, leistungsstarken Dieselmotor in Verbindung mit einem DPF- und einem SCR-System dargestellt, das ein Verbrauchspotential von etwa 4 – 8 % im Vergleich zum heutigen Stand der Technik aufzeigt. Dabei ist von einem Verbrauch des Reduktionsmittels in der Größenordnung von 1 l auf 1000 km auszugehen.

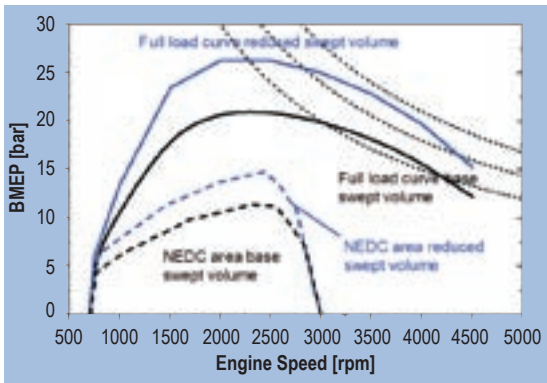


Abb. 3: Auswirkungen eines Downsizing Konzepts auf Volllast und emissionsrelevanten Teillastbereich

Zur zielgerichteten Auslegung dieser Antriebseinheit sind verschiedene Herausforderungen bei einer Skalierung auf kleinere Hubvolumina zu bewältigen. Zunächst einmal ist die spezifische Leistung bzw. der effektive Mitteldruck anzuheben, um gleiche Leistungswerte und gleiches Fahrverhalten darzustellen. Ein entsprechender Vergleich ist im nachfolgenden Bild (s. Abb. 3) schematisch dargestellt. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass durch den kleineren Bauraum bei gleichzeitig erhöhter Leistungsdichte negative Auswirkungen auf die Gaswechselorgane, die Kühlung und die Verbrennung (kleinere freie Strahlänge, ungünstigerer k-Faktor) zu erwarten sind. Hier hat FEV attraktive Lösungen erarbeitet, die in Kombination aus einer konstruktiven Darstellbarkeit der thermischen Belastung und optimierter Gaswechselorgane zusammen mit einem optimierten Brennverfahren Downsizing-Konzepte hoher Leistungsdichte darstellbar machen.

Die höhere spezifische Leistung lässt sich mit einer leistungsfähigeren Aufladung realisieren. Der daraus resultierende größere Lader führt allerdings zu einer Verschlechterung des Anfahrverhaltens. Dieses lässt sich durch geeignete Maßnahmen wie unterschiedlicher Aufladekombinationen oder einer Anfahrunterstützung durch einen zusätzlichen Elektromotor kompensieren (Hybridkonzept).

Die Realisierung eines Downsizing-Konzepts führt weiterhin zu einer Erhöhung des emissionsrelevanten Lastbereichs, wodurch die Einhaltung der gesetzlichen Stickoxidemissionen anspruchsvoller wird. Zur Einhaltung zukünftiger Emissionsstufen ist daher, neben einem Partikelfilter, ein leistungsfähiges

DeNOx-System zur Stickoxidreduktion erforderlich. Durchgeführte Studien mit der Kombination aus DPF, SCR und einem „Downsizing“ von etwa 1,9L auf 1,6L haben zu einer Kraftstoffverbrauchsreduktion von ca. 7 % unter sicherer Einhaltung der derzeit strengsten diskutierten Euro-5 NOx-Grenzwerte (0,08 g/km).

Zur Darstellung der erforderlichen NOx-Minderungs-raten (s. Abb. 4) bieten sich neben dem in Serie befindlichen Flüssigharnstoff-System (AdBlue™) auch alternative Festharnstoff-Konzepte an. Damit bietet dieses Technikpaket eine attraktive Lösung, um den Zielkonflikt zwischen niedrigsten Schadstoffemissionswerten bei gleichzeitiger Verbrauchsreduktion zu lösen und unterstützt die Erfüllung der anspruchsvollen ACEA-Werte adäquat.

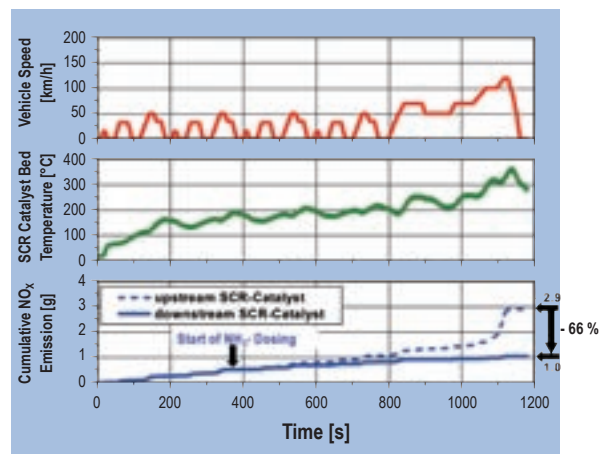


Abb. 4: Exemplarische NOx-Reduktion mit SCR im NEDC

Neben den vielen Erfolgen bei der Erforschung alternativer, kompakter SCR-Systeme, verfügt FEV auch über eine große Erfahrungsbreite bei der Applikation von Flüssig-SCR-Konzepten im Hinblick auf zielgerichtetes Layout, effiziente Abstimmung und robuste Kalibrierung, einschließlich der Entwicklung neuer Funktionsalgorithmen. FEV's vielfältige Aktivitäten im Bereich der SCR Technologie beinhalten ebenfalls detaillierte Analysen der SCR-Katalysatoren hinsichtlich repräsentativen Charakteristiken als auch die Entwicklung und Optimierung adäquater Heizstrategien zur Sicherstellung hoher Konvertierungsraten im gesamten Betriebsbereich, insbesondere in der Warmlaufphase oder im Niedriglastbereich. Verschiedenste SCR-Technologien wurden bis heute erfolgreich in unterschiedlichste Fahrzeugtypen als Demonstratorfahrzeuge integriert und appliziert. Auf der Basis dieser Expertise ist FEV derzeit in verschiedenste Serienentwicklungsprogramme für den europäischen als auch für den US-amerikanischen Markt involviert.

koerfer@fev.de

Low Noise Engine / Benchmark as key for Product Quality

Die Kaufentscheidung bei einem Fahrzeug wird heute mehr denn je durch Kaufpreis und Verbrauch maßgeblich jedoch über die Fahrfreude und den Komfort beeinflusst. Insbesondere die beiden letztgenannten Kriterien sind nicht voneinander trennbar. Darüber hinaus prägt ein unverwechselbarer Sound das Erscheinungsbild und spricht Emotionen an. Um diesen Sound erzeugen zu können müssen in einem ersten Schritt alle störenden Geräuschanteile minimiert werden. Dies gilt für das Gesamtfahrzeug wie für den Powertrain.

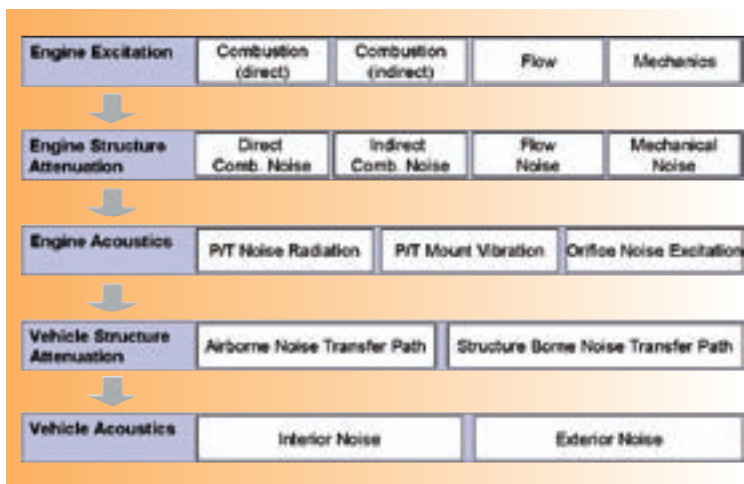


Abb. 1: Zielwertdefinition der einzelnen Geräuschanteile (Transferpfad/Übertragung und Anregung)

Im Lastenheft, welches am Anfang jeder Aggregat-Neu-/Weiterentwicklung steht, werden neben vielen anderen Zielen auch Zielwerte für das Motorge-räuschverhalten definiert. Die teilweise gegenläufigen Entwicklungsschwerpunkte (Kosten, Gewicht, Akustik,...) gilt es möglichst eindeutig zu formulieren und entsprechend dem Zielmarkt zu wichten.

Allgemein anerkanntes Vorgehen ist die Definition von zu erreichenden Endwerten (-zielen) basierend auf Benchmarkdaten. Wichtig bei der Entwicklung eines Kriteriums wie NVH ist jedoch die frühzeitige Auftrennung des Endziels in kleinere Teilziele, die dann das Endziel sicherstellen. Diese müssen aber schon zu einem frühen Zeitpunkt überprüft und ggf. Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

FEV hat hierzu im Bereich des NVH (Geräuschpegel und Sound) das Verfahren des FEV-CSL-Benchmark (s. Abb. 1) entwickelt. Dieses Verfahren ermöglicht die notwendige Unterteilung in einzelne Teilentwicklungsziele und hilft somit die finale Produktqualität und nicht zuletzt den Erfolg am Markt sicherzustellen.

Der entscheidende Schritt dieses Verfahrens liegt in der Trennung von Anregung und Übertragungsweg der relevanten Geräuschanteile. Auf Basis dieser Zerlegung des Geräuschs ist es möglich im Entwicklungsprozess schon in frühen Stadien den aktuellen Status mit Einzelzielen zu vergleichen.

Ein weiterer Schritt auf diesem Weg ist die Neubewertung von Akustikprüfstandsergebnissen. Neben der anerkannten und vielfach genutzten A-Bewertung des Luftschalls und psychoakustischer Kenngrößen hat FEV eine neue Bewertung eingeführt. Mit der Entwicklung der Bewertungsgröße dB(VINS) wird bei FEV eine Kombination aus Luft- und Körperschall als Maß für die Innengeräuschrelevanz definiert. Das Zusammenspiel der einzelnen Geräuschpfade und Anregungen (Luftschall und Körperschall) bis hin zum Fahrzeuginnengeräusch wird bei FEV also schon am Powertrain im Akustikprüfstand berücksichtigt. Das Verfahren ist eine konsequente Weiterführung der bei FEV entwickelten FEV-VINS (Vehicle Interior Noise Simulation). Auch hier werden einzelne Geräuschpfade und Anregungen bewertet und so die Schwachstellen im Fahrzeuginnengeräusch detektiert. Ein daraus resultierendes Targetsetting für die einzelnen Geräuschanteile im Fahrzeug ist die logische Konsequenz.

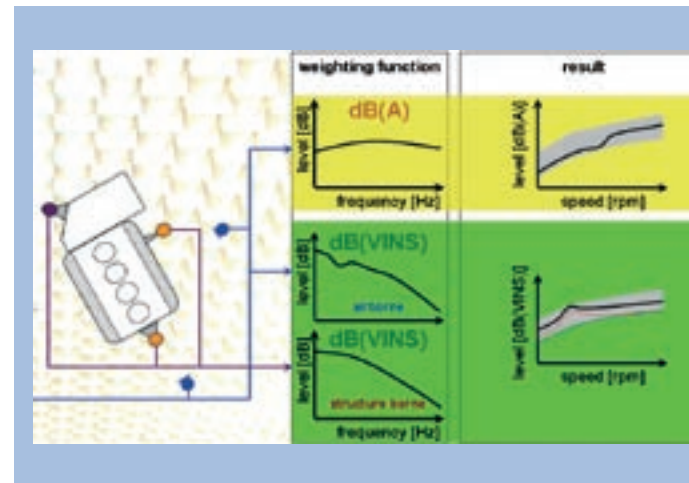


Abb. 2: dB(VINS) die neue Bewertung von NVH Aggregatmessungen

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den unterschiedlichen Ansätzen (dB(A) / dB(VINS)) ist in Abbildung 2 zu sehen. Der größte Unterschied liegt im unteren und mittleren Drehzahlbereich, der insbesondere bei drehmomentstarken Motoren den Hauptbetriebsbereich darstellt.

Zu jedem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess wird durch das oben beschriebene Vorgehen die Produktgüte im Detail überprüft und somit kontrollier- bzw. steuerbar. Demnach beginnt bei FEV die Entwicklung des Faktors NVH schon lange vor Verfügbarkeit der



ersten Prototypen bzw. vor dem Start der Fahrzeugversuche und stellt die Teilergebnisse dem vordefinierten Anforderungsprofil gegenüber (s. Abb. 3).

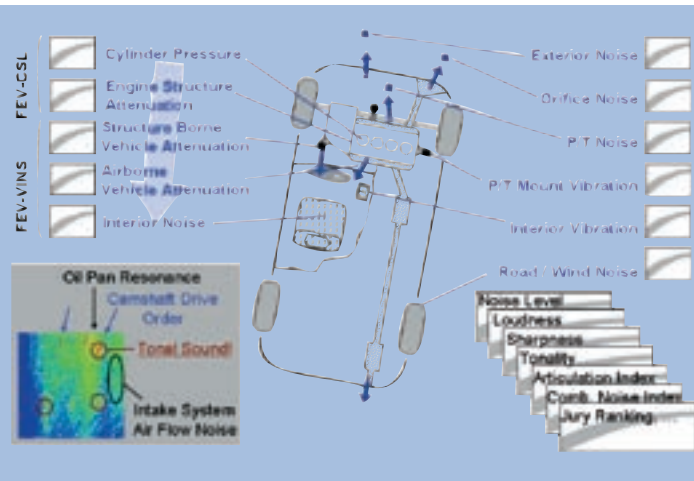
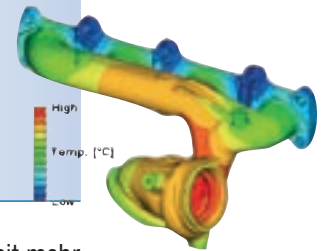


Abb. 3: Zielwertdefinition durch FEV-CSL Benchmarking und FEV Datenbank

FEV-CSL-Benchmarking stellt somit den Schlüssel zur Absicherung der Produktqualität zur Verfügung.

alt@fev.de
sonntag@fev.de

Entwicklung und Packaging von neuen Aufladesystemen



FEV arbeitet auf dem Gebiet der Aufladung seit mehr als 20 Jahren. In dieser Zeit wurde eine Vielzahl von abgasturboaufgeladenen und mechanisch aufgeladenen Otto- und Dieselmotoren bis zur Serienreife entwickelt, und zwar von kleinen aufgeladenen Ottomotoren bis zu großen Dieselmotoren für Lokomotivanwendungen.

Abb. 1: Integriertes Abgaskrümmers Modul

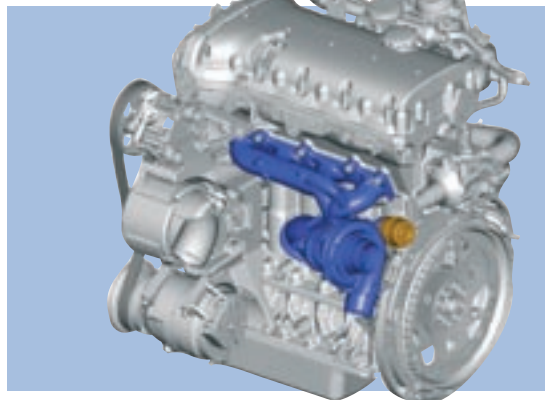


Abb. 2: Turbomotor mit integriertem Abgaskrümmers Modul

Die Neuentwicklungen der Otto- und Dieselmotoren weisen zunehmend aufwendigere Aufladesysteme auf. Es werden vor allem die Integration von Turbinengehäusen in den Abgaskrümmers (s. Abb. 1+2) und darüber hinaus Konzepte mit zweistufiger Aufladung (s. Abb. 3) zur Verbesserung der Performance verfolgt. Neben der besonderen Herausforderung an das Packaging dieser Systeme ist vor allem die Integration und konstruktive Umsetzung von dauerhaft und zuverlässig dichtenden Schaltklappen zu gewährleisten.

Die Abteilung Konstruktion von FEV arbeitet seit einiger Zeit auf diesem Gebiet und bietet somit unseren Kunden kompetente Unterstützung an, und zwar insbesondere in den Bereichen:

- Konzeption und Konstruktion von sehr kompakten Aufladesystemen mit entsprechen den Vorteilen für das Package
- Integrierte Abgaskrümmers Module mit dem Entfall von Dichtungen und Schrauben
- Konstruktion von gewichtsoptimierten Komponenten
- Konzeption und Detaillierung von Schaltklappen
- Thermodynamik- und Strukturanalyse

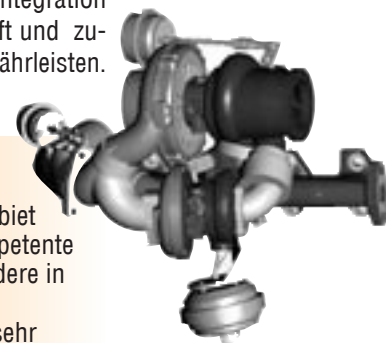


Abb. 3: Konzept einer zweistufigen Aufladung

Mittels Simulation wurden verschiedene Aufladekonzepte (z.B. integrierter ATL/Krümmmer, hybride Aufladesysteme (s. Abb. 4), 2-stufige Konzepte) in zahlreichen Projekten optimiert. Eine Datenbank von mechanischen Ladern und Abgasturboladern unterstützt dabei einen effektiven Modellaufbau.

Zudem wird mit höheren spezifischen Motorleistungen und den einhergehenden Abgastemperaturen von über 1000°C die thermomechanische Beanspruchung des Abgaskrümmers zunehmend kritisch. Die resultierenden hohen Bauteiltemperaturen in Kombination mit eingeschränkten Materialausdehnungen führen zu dem Hauptschadensmechanismus dieses Bauteils – TME (thermomechanische Ermüdung). Mittels der rechnerischen Strukturanalyse werden Optimierungspotenziale erarbeitet, die die Entwicklungszeit deutlich verkürzt.



Abb. 4: Kombinierte Aufladung Roots + Turbo im Fahrzeug

Die Kombination aus konstruktiver, experimenteller und rechnerischer Erfahrung auf diesem Gebiet kann auf beliebig komplexe Aufladesysteme übertragen werden. Für weitergehende Informationen kontaktieren Sie bitte:

lang@fev.de, maassen@fev.de
bick@fev.de, thiel_r@fev.de

CAE Validierung und Störungssuche

„CAE und Testing gehen Hand in Hand“ ist eine der Grundregeln für eine kosten- und zeiteffektive Mechanikentwicklung von hochwertigen Motoren für die Massenproduktion. Moderne Entwicklungsstrategien sind gekennzeichnet durch eine intensive modellbasierte Optimierung eines virtuellen Prototypen gefolgt von Validierungstests an den ausgeführten Prototypen.

FEV verfügt einerseits über langjährige Erfahrung in der Anwendung von Analysenwerkzeugen wie z. B. FEA, MBS, EHD oder CFD nach dem neuesten Stand der Technik. Andererseits verfügen unsere Experten für mechanische Tests über ein umfassendes Wissen bezüglich fortschrittlicher Lebensdauer-Testverfahren und Messtechniken. Für eine effektive Lösung von nicht standardisierten Entwicklungsproblemen in Troubleshooting-Projekten ist oft eine Kombination von Simulation und Messung der Schlüssel zum Erfolg.

Einige typische Arbeitsfelder auf diesem Gebiet sind:

- Zylinderrohrverzug (im gefeuerten Motor)
- Thermomechanische Ermüdung (TMF)
- Thermoscans (Abgastrakt)
- Kolbensekundärbewegung
- Dynamische Reibung der Kolbengruppe (PIFFO)
- Spannungen in den Rollradien der Kurbelwelle
- Dynamische Kettenkräfte
- Telemetrische Datenübertragung
- Bestimmung der Verlagerungsbahn an Gleitlagern
- Ventiltriebsdynamik
- Dynamik Öl Druck / Kavitation
- Ölverschäumung / Visualisierung
- Kühlmittelverteilung / Visualisierung
- und vieles mehr

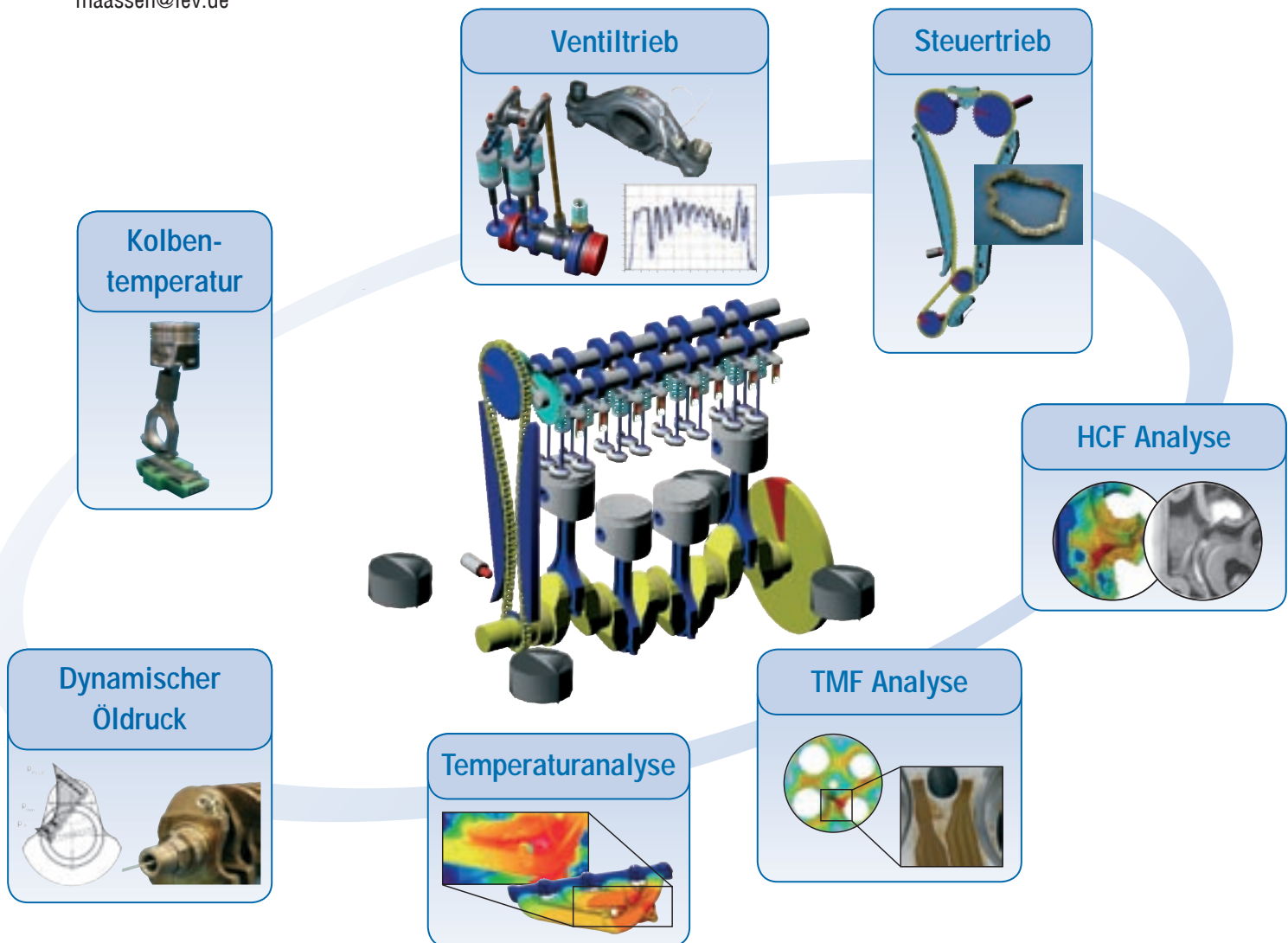
Ein sehr herausforderndes FEV-Highlight für die experimentelle Untersuchung der thermomechanischen Ermüdung ist die Applikation von Dehnungsmessstreifen an der befeuerten Brennraumboberfläche (z. B. Zylinderkopf-Flammdeck oder Kolbenbodenoberseite). FEV hat mehrfach erfolgreich Flammdeckmessungen durchgeführt, um die elastisch-plastische Beanspruchung innerhalb der Ventilbrücken bei gefeuertem Motor (TMF-Verhalten) zu identifizieren.



Ein anderes Highlight ist das hochzuverlässige telemetrische Datenübertragungssystem von FEV, welches z. B. für die Analyse der Kolbentemperatur oder dynamische Beanspruchungsmessungen verwendet wird. Anders als Standardansätze bietet dieses System eine kontinuierliche Datenübertragung über die „lange Distanz“ bei höchsten Motordrehzahlen in Kombination mit einer robusten Kondensator Energiespeicherkomponente.

Wir würden uns freuen, wenn wir Sie bei Ihrem mechanischen Entwicklungsprogramm unterstützen dürften. Bitte kontaktieren Sie uns für zusätzliche Information und fragen Sie nach unseren detaillierten Tec-Info Dokumenten.

maassen@fev.de



Ethanol als zukünftiger Kraftstoff

Ethanol ist der aussichtsreichste Bio-Ottokraftstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Das CO₂-Minderungspotenzial, gerechnet über die gesamte Kette von Kraftstoffherzeugung bis zur Umwandlung in Raddrehmoment erreicht, bei Einrechnung der CO₂-Reduzierung durch schnell nachwachsenden Rohstoff ca. 70% gegenüber der Benzinnutzung.

FEV konnte durch Motoroptimierung zusätzlich eine Wirkungsgrad- und Drehmomentverbesserung von ca. 10% im Verbrennungsprozess erreichen und die Kohlenwasserstoffemission deutlich senken. Weiteres Potenzial ergibt sich durch den erweiterten Magerbetrieb in Kombination mit der Direkteinspritzung. Schlüssel für eine erfolgreiche Serieneinführung ist die flexible Nutzung von Kraftstoffen unterschiedlichen Ethanolgehalts. Zur Kraftstofferkennung wurde von FEV hierfür der Alkoholsensor (s. Abb. 1) entwickelt. Heizmaßnahmen und erweiterte Algorithmen mit dampfdruckabhängiger Korrektur sind erforderlich für einen sicheren Kaltstart- und Warmlaufbetrieb und zur Einhaltung der Emissionsanforderungen. Weitere Informationen zu Kraftstoff und Aktivitäten bei FEV finden Sie in unserem Tec-Info Flex Fuel.



Abb. 1: Alkoholsensor zur Bestimmung des Ethanolgehalts

weinowski@fev.de, ruetten@fev.de

Mehrlochdüsen

Stetig verschärfte Abgasgesetzgrenzwerte erfordern eine deutliche Absenkung der motorischen Stickoxidemissionen. Die leistungsfähigste Maßnahme zur innermotorischen Stickoxidminderung ist die Abgasrückführung. Gesteigerte AGR-Raten resultieren ohne flankierende Maßnahmen hinsichtlich Aufladegrad oder Ladeluft- und AGR-Kühlung in deutlich abgesenkten Verbrennungsluftverhältnissen. Diese erfordern weiterentwickelte und optimierte Brennverfahren, die eine verbesserte Luftausnutzung erreichen und dadurch einen stabilen, raucharmen Motorbetrieb gewährleisten. Einen viel versprechenden Ansatz in der aktuellen Brennverfahrensentwicklung stellt der Einsatz von Einspritzdüsen mit erhöhter Spritzlochzahl und geänderter Lochanordnung in mehreren Ebenen dar. Durch diese Anordnung ergibt sich eine Vielzahl neuer Variationsparameter gegenüber konventionellen Düsenauslegungen und ein rein experimentell-empirischer Ansatz ist zur Optimierung von solchen Mehrlochdüsen nicht mehr zielführend. FEV setzt daher den anerkannten CFD-Code KIVA mit zusätzlichen, selbst entwickelten Add-On's als Simulationswerkzeug zur Auslegung und Bewertung neuartiger Einspritzdüsenkonfigurationen ein. Damit können Strahl-Strahl- und Strahl-Mulden-Interaktionen analysiert und anhand von charakteristischen Kennzahlen wie (s. Abb. 1) volumetrischer Luftausnutzung und Impuls- sowie Turbulenzcharakteristik bewertet und optimiert werden.

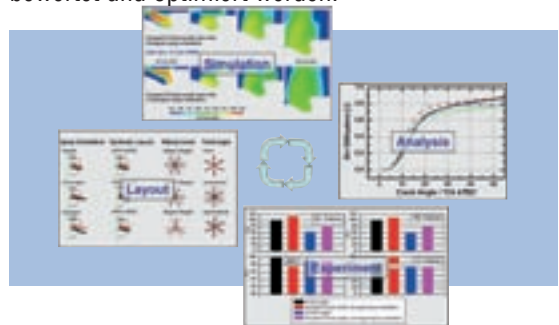


Abb. 1: Optimierung von Mehrlochdüsenkonzepten

Erste Ergebnisse zeigen das Potenzial für eine deutlich verbesserte Luftausnutzung in großen Kennfeldbereichen mit positiven Auswirkungen auf Schwarzrauch und Verbrauch, die auch zwischenzeitlich experimentell bestätigt werden konnte.

ruhkamp@fev.de, rohs@fev.de

IMPRESSUM

FEV Motorentechnik GmbH
Neuenhofstraße 181
52078 Aachen · Germany
Telefon +49 (0) 241/56 89 -0
Fax +49 (0) 241/56 89 -119
E-Mail marketing@fev.com
Internet http://www.fev.com

FEV Engine Technology, Inc.
4554 Glenmeade Lane
Auburn Hills, MI 48326-1766 · USA
Telefon +1 (0) 248/373-60 00
Fax +1 (0) 248/373-80 84
E-Mail marketing@fev-et.com
Internet http://www.fev.com

FEV China Co., Ltd.
No. 35 Xinda Street Qixianling
High Tech Zone · 116023 Dalian · China
Telefon +86 (0) 411/84 82 - 16 88
Fax +86 (0) 411/84 82 - 16 00
E-Mail fev-china@fev.com
Internet http://www.fev.com