



## Vom Pegeltest zum Design for Sound

Die FEV Motorentchnik entwickelt Lösungen gegen antriebstechnische Geräusch- und Schwingungsprobleme des Fahrzeugs für weltweit alle OEM und die wichtigen Zulieferer. Mit Stolz können wir auf 30 Jahre Entwicklung systematischer und effizienter Lösungsmethoden verweisen; natürlich systemkompatibel zu unseren Kunden. In den FEV-Entwicklungsprojekten ist NVH lückenlos in den Ablauf integriert

- mit bewährten Prognosetools,
- mit systematischen Soundtests früher Prototyp Aggregate,
- mit Sound orientierter Kalibrierung und Packaging der Fahrzeuge sowie
- mit Toleranzanalysen zum Produktionsanlauf.

### INHALT

- Seite 1 Vom Pegeltest zum Design for Sound
- Seite 4 Inbetriebnahme sowie Verfügbarkeit des Brennstoffzellen-Prüfstandes
- Seite 4 Intelligente Mechanikentwicklung
- Seite 5 Trends in der Otto- und Dieselmotorenkonstruktion
- Seite 8 Erweiterung des Fahrzeugapplikationszentrums

Der Qualitätsaspekt - mit Geräuschen und Schwingungen als wesentliche Bestandteile - hat sich in 30 Jahren als marktentscheidend für den Fahrzeugvertrieb entwickelt.

Basierend auf den Forschungsergebnissen des Institutes VKA an der RWTH Aachen, unter Leitung von Prof. Franz und Prof. Stefan Pischinger, waren Noise, Vibration & Harshness seit Gründung der FEV ein bedeutendes Aufgabengebiet. Groß sind die Fortschritte, die seither erreicht wurden. Dementsprechend entwickeln bei der FEV heute rund 80 Mitarbeiter weltweit Problemlösungen zum NVH - sowohl an frühen Prototypen als auch im Trouble Shooting laufender Fahrzeug-Serienproduktion.

Die Methodik des Motor-NVH ist durch stetige Fortschritte gekennzeichnet. In den 70er Jahren stand die Erfassung der Schallenergien und der experimentelle Nachweis der relevanten Teilschallquellen des Motors im Vordergrund. In monatelangen Abstrahlungsvermessungen wurden Ansatzpunkte zur Schallkapselung nachgewiesen. Dabei zeigte sich das Erfahrungspotential eines unabhängigen Dienstleisters erstmals als unersetzlich zur Beurteilung der mühsam nachgewiesenen Teilschallquellen. Ziel war die Erfüllung des Vorbeifahrttests.

## ZUM GELEIT



Liebe Leserinnen  
und Leser,

der Druck auf Entwicklungszeit und Entwicklungskosten erlaubt heute keine zusätzlichen Schleifen in der späten Phase der Powertrain-

entwicklung. Um möglicherweise Serienanlauf gefährdende Überraschungen zu vermeiden, müssen bereits in der frühen Entwicklungsphase entsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

Die FEV hat speziell für die Bereiche Akustik und Mechanik neue Methoden und Werkzeuge entwickelt, um die CTQ's ("Critical to Quality") von vornherein zu erfüllen bzw. frühzeitig Abhilfe schaffen zu können. Gerade die auf Aggregatprüfstandsmessungen basierende Innengeräuschsimulation stellt hier einen wichtigen Schritt dar.

Entwicklungsmethoden sowie neue Motoren und Technologien stellen wesentliche Schwerpunkte des diesjährigen 10. Aachener Kolloquiums Fahrzeug- und Motorentechnik dar, welches mit 1.500 Teilnehmern und 79 Ausstellern im letzten Jahr die größte Veranstaltung dieser Art in Europa ist.

Ich freue mich, Sie in Aachen vom 8.-10. Oktober begrüßen zu dürfen.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

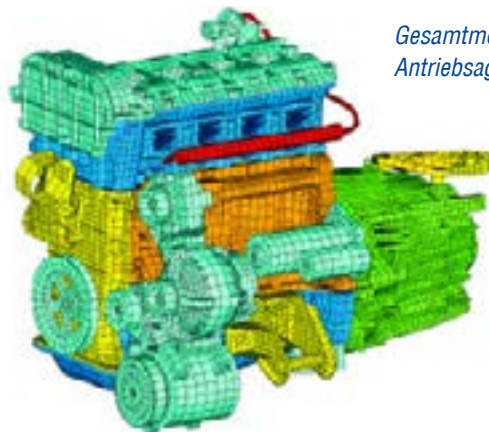
Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger  
Geschäftsführender Gesellschafter

Fortsetzung Titelseite

In den 80ern wurden die neuen Möglichkeiten des Computer-Aided-Testing konsequent genutzt; die selbstentwickelte Signalanalyse SIAN erlaubte der FEV erstmals dezidierte Ursachenanalysen. Damit wurde auch die Unterscheidung zwischen kritischen motorischen Anregungsvorgängen wie Dieselschlag bzw. Zahneingriff oder Strukturschwächen infolge Bauteileigenschwingungen möglich. Die lauten Schallenergien und Geräuschpegel wurden konsequent nivelliert, im Sinne eines optimierten Entwicklungsaufwandes.

Aufwendig und komplex gestaltete sich die Entwicklung der Prognosetools. Seit Anfang der 90er Jahre war die FEV Vorreiter der dynamischen Strukturauslegung, die Festkörper in ihrem NVH Transferverhalten zuverlässig vorausberechnet. Die FEV hat seitdem über 200 verschiedene Verbrennungsmotoren bezüglich Schwingungen und hochfrequenter Akustik strukturoptimiert. Die Kompatibilität mit den CAE-Systemen der auftraggebenden OEMs war dazu entscheidende Voraussetzung.

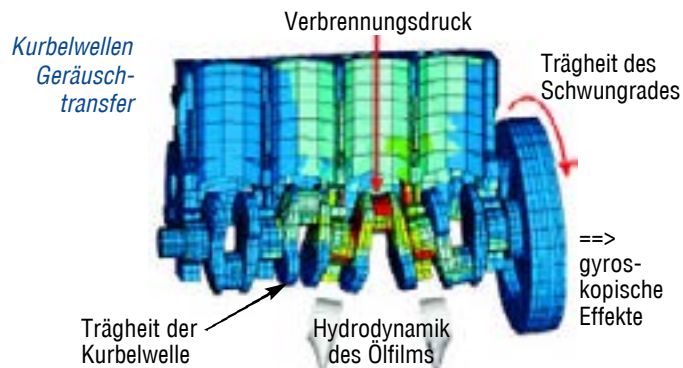
Konsequent wurde auf FEV-Sonderlösungen verzichtet, stattdessen die marktgängigen Tools angeschafft und zum Einsatz in der Antriebsakustik angepasst. Es erwies sich in der Praxis, dass den eher niederfrequenten Schwingungen des Aggregates angesichts ständig steigenden Kapselungsaufwandes in den Karosserien herausragende Bedeutung zukam. Folgerichtig wurden die Berechnungsverfahren und das Testing auf das Gesamtaggregate mit allen Nebenaggregaten ausgedehnt.



Gesamtmodell des  
Antriebsaggregates

Gleichzeitig entwickelten sich die Rechnerkapazitäten stürmisch weiter und ermöglichten uns die Darstellung von Berechnungstools für die Anregungsvorgänge. Anregungen haben häufig impulsartigen Charakter, die vereinfachende Annahme periodischer (Nach-) Schwingungen ist in der Regel unzulässig. So wurde es erforderlich, den exakten zeitlichen Ablauf aus der Interaktion verschiedener mechanischer Systeme darzustellen, z.B. die Koppelung von Kurbel-

wellenbiegungen und Gehäuseverformungen mit den Elastizitäten des dynamisch verdrängten Ölfilms in sich räumlich ständig ändernden Spalt.



Nur auf der Basis der systematischen Vorerfahrungen war es möglich, derart komplexe Rechenmodelle aussagefähig zu parametrieren. Umgekehrt erlauben erst Berechnungsvarianten die Detaillierung der Modellvorstellungen, die im Experiment verifiziert wurden. Auf diese Weise war die Voraussetzung geschaffen, auch die vielfach den Sound bestimmenden lästigen Impulse zu verstehen und im Entwicklungsprozess systematisch auszuschließen.

Jüngste FEV-Entwicklungen beziehen sich auf die aktuellen Pegel- und Sound-Potentiale:

- Die Abstimmung der Komponenten des Antriebsaggregates untereinander (insbesondere Getriebe und Rumpfmotor),
- die Fokussierung der Aggregateoptimierung auf unabänderliche Karosserieschwächen und
- die akustische Flankierung bezüglich der kritischen Entwicklungstendenzen Leichtbau, Downsizing und spezifische Ausnutzung.

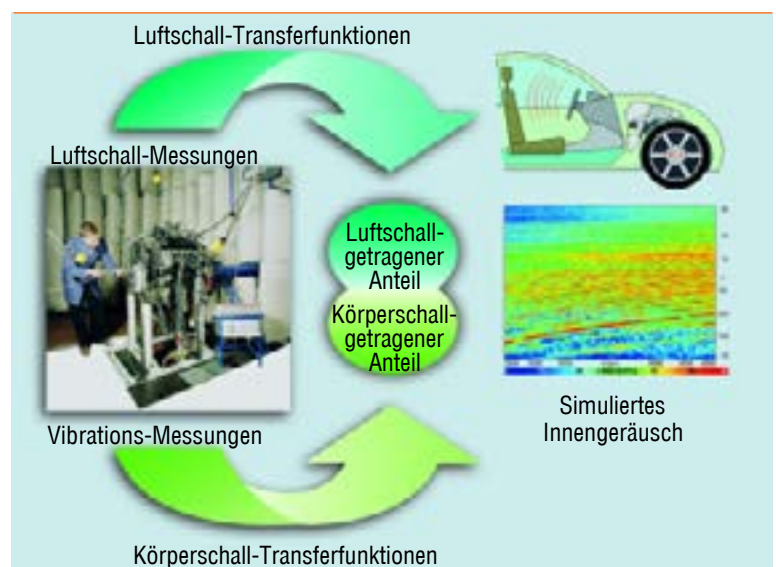
Mit Inbetriebnahme des Fahrzeug-Akustikprüfstandes 1998 wurde die entscheidende Voraussetzung zum Design for Sound geschaffen. Hierzu wurden weitere innovative FEV-Entwicklungstools entwickelt:

- Innengeräusch-Simulation
- Transferpfad-Analyse, auch Außengeräusch
- Quellen- und Komponentenbewertung
- Kombiprüfstand NVH und Thermodynamik

Am Aggregate-Kombiprüfstand für den Motor-/Getriebeverband werden die Schwingungsanregung an den Lagerungen und Körperschallbrücken ebenso wie die Schallabstrahlung der Oberflächen erfasst. Neu ist, in wahren Simultaneous Engineering, frühzeitig erste Applikationen der Motorsteuerung sowie Mechanikuntersuchungen hier durchzuführen, ohne einen weiteren NVH Prototypen zu benötigen. Vielkanalige Simultanmesstechnik erlaubt den effizienten, synchronen Nachweis jeglicher Ursachen für Geräusche, Schwingungen sowie die Feinabstimmung unter Berücksichtigung von Bauteilbelastungen, Performance und Abgasemission.

Vorwiegend auf der Rolle werden Auspuff- und Ansauganlagen bezüglich Mündungsgeräuschen und Oberflächenabstrahlung jetzt zeitsparend aktualisiert, ebenso Festigkeits- wie akustisch relevante Vibrationen. Maßnahmen der Aggregatlagerung, zuvor rechnerisch ausgelegt, werden hier feinabgestimmt. Hier erfolgt auch die Detailbewertung der individuellen Geräuschquellen bzw. des Abstrahlverhaltens des Fahrzeugs. Die FEV weist ebenso Schwächen der Abstimmung zwischen Antriebsstrang und Karosserieverhalten nach wie solche der Karosseriedämmung.

Mit der Transferpfad-Analyse für Karosserien beschreitet die FEV neue Wege. Überwiegend im Reziprok-Verfahren sind die Eigenarten der Karosserie ohne größere Demontagen effizient feststellbar, so dass der Entwicklungsaufwand bei unseren Kunden wie bei der FEV jetzt minimiert werden kann. Die Festlegung des kritischen Pfades kann somit frühzeitig im Zeitplan erfolgen.



Seit 1997 überlagert die FEV gemessene oder modellbasierte Anregungssignale sowie Transferpfad-Analysen mit der neuen Methode der Innengeräusch-Simulation. Auf der Basis frühzeitig am Kombiprüfstand gemessener Schall- und Schwingungs-Signale werden die einzelnen Komponenten des Motor-Getriebe-Aggregates inklusive seiner Nebenaggregate abhörbar herausgestellt, ihr Innenraum-Klanganteil wird quantifiziert.

*Innengeräusch-Simulation*

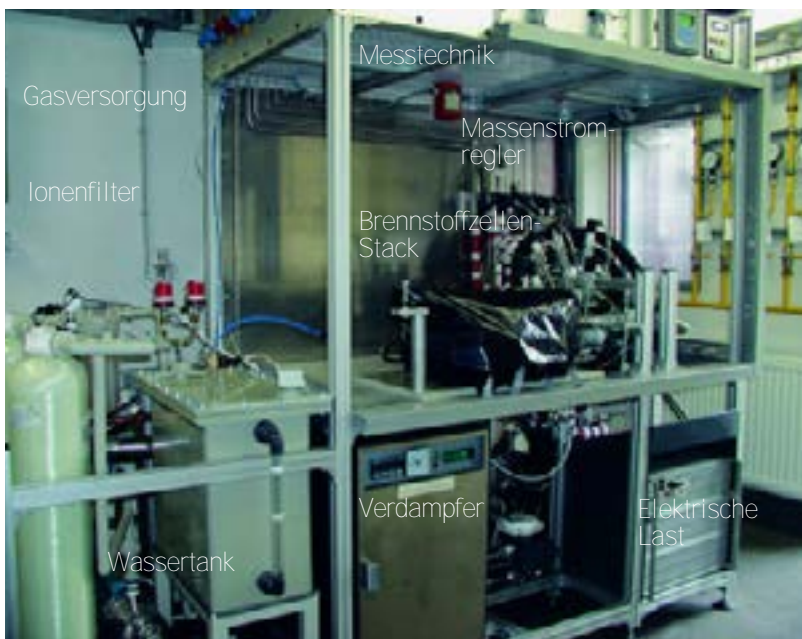
Für guten Klang - wie für guten Ruf - sind eine frühzeitige und feste Einbindung der Motor- und Fahrzeugakustiker in die Projektteams entscheidend. Nur so ist Leichtbau praktikabel. In Leichtbau wie in NVH sind Fortschritte nur noch in der Betrachtung des Gesamtsystems, aber keinesfalls durch isolierte Betrachtung von Einzelkomponenten zu erzielen. Erfolgreiche NVH Serienentwicklung ist gekennzeichnet durch enge Kooperation von OEM, Zulieferern und der FEV.

Dr.-Ing. M. Schneider

## Inbetriebnahme sowie Verfügbarkeit des Brennstoffzellen-Prüfstandes

Seit Anfang des Jahres 2001 ist bei der FEV in Aachen ein Brennstoffzellenprüfstand in Betrieb. Dieser Prüfstand dient zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens von wassergekühlten PEM-Brennstoffzellenstacks bis zu einer elektrischen Leistung von ca. 5 kW.

Als Gasversorgung auf der Anodenseite dient entweder reiner Wasserstoff oder ein synthetisch erzeugtes Reformergas. Die Kathodenseite wird über eine Druckluftversorgung mit ölfreier, trockener Luft versorgt. Sowohl Gas als auch Luft werden über eine Verdampferinheit befeuchtet. Auf der Abströmseite sorgen Druckhalteventile zur Einstellung des Systemdrucks, so dass auch der Einfluss einer Aufladung untersucht werden kann.



Die Prozesssteuerung und Messdatenerfassung übernimmt das Prozessleitsystem ADAPT mit integrierter SPS zur Überwachung.

Über eine Schnittstelle kann die Prozesssteuerung in eine Gesamtsystemsimulation eingebunden werden, um eine Stackuntersuchung unter realen, reproduzierbaren und instationären Betriebsbedingungen zu ermöglichen.

Der Prüfstand soll vor allem zur Ermittlung der Stackkennlinie in Abhängigkeit von Druck, relative Luftfeuchte, Gaszusammensetzung und Temperatur sowie für Dauerhaltbarkeitstests eingesetzt werden.

## Intelligente Mechanikentwicklung: Zusammenspiel konventioneller Entwicklung, CAE und Spezialmesstechnik

Die Mechanikerprobung nimmt im Rahmen einer Motorentwicklung einen erheblichen Anteil hinsichtlich Zeit und Kosten ein.

Um diese Mechanikerprobung effektiv durchzuführen, ist es erforderlich, die verschiedenen Prüfstandstests zu optimieren und zusätzlich die Abfolge der Tests so zu planen, dass mögliche Fehler früh erkannt und behoben werden können. Weiterhin muss der Ablaufplan flexibel gestaltet sein, um auf unvorhersehbare Ereignisse durch Modifikationen und Ergänzungen des Testprogramms reagieren zu können.

Der FEV-Testkatalog bildet die Grundlage eines individuellen, an die entsprechende Motorentwicklung angepassten Testprogramme. Dieser wurde, basierend auf der Erfahrung aus einer Vielzahl an Entwicklungsprojekten in den letzten Jahren zusammengestellt.

Die Funktionsüberprüfung einzelner Baugruppen (z.B. Ventiltrieb) oder Systeme (z.B. Schmiersystem) wird durch die vorhandenen Simulationsmodelle unterstützt.

So können Optimierungsmaßnahmen schnell umgesetzt werden. Durch die Dauerfestigkeitsüberprüfung einzelner Bauteile an Hochfrequenzprüfmaschinen mit integrierter Spannungsanalyse können FEM-Berechnungen verifiziert und die Bauteilversagenswahrscheinlichkeit bestimmt werden.

Jede Testvorschrift enthält die notwendigen Informationen zur Durchführung des Tests wie z.B. Prüfstands-aufbau, Installation der Messtechnik, Messprogramme und Bewertungskriterien. Stellt sich als Ergebnis der Tests ein Problem an einem bestimmten Bauteil heraus, kann z.B. mit Hilfe der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) die weitere Vorgehensweise definiert werden. Möglichkeiten sind z.B. weitere Tests mit intensivem Messtechnik-einsatz, Materialanalysen und erneute Bauteilberechnungen.

Beispiele dafür sind die Messung der Zylinderdeformationen im gefeuerten Betrieb (LINDA), Spannungsmessungen, z.B. mit mehrkanaliger telemetrischer Datenübertragung, dynamische Temperatur,



Druck und Volumenstrommessungen, gezielte Reibungsanalysen einzelner Baugruppen sowie vieles mehr. So können Spannungsmessungen auf der Brennraumseite von Zylinderköpfen dazu dienen, die Belastungszustände im Betrieb zu ermitteln und Testzyklen für die Überprüfung zu optimieren.

Solche speziellen Messtechniken beschleunigen die Mechanikentwicklung und stellen zusammen mit den CAE-Anwendungen einen wichtigen Schritt zum intelligenten Mechanikentwicklungs-Dauerlauf dar.

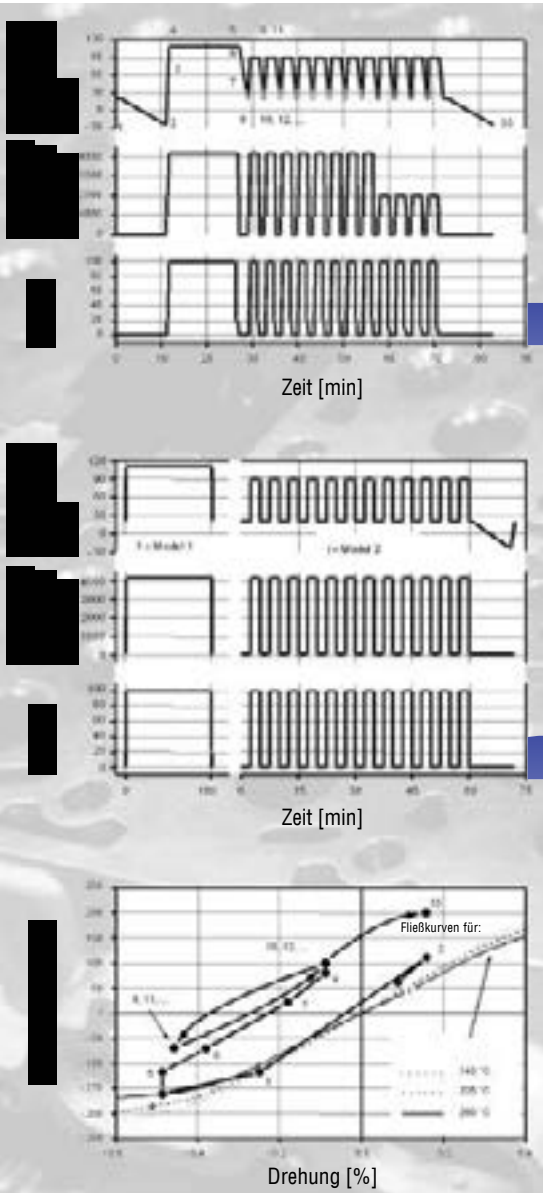
Diese effiziente "intelligente" Mechanikentwicklung mittels CAE und Spezialmesstechniken bietet folgende Vorteile:

- Durch den frühen Einsatz von CAE treten weniger Probleme in der Mechanikentwicklung auf, da die kritischen Stellen bekannt sind.
- Zusammenhänge werden besser verstanden, so dass gezielte Verbesserungsmaßnahmen (statt Trial and Error) durchgeführt werden können.
- Die Erprobungszyklen können verbessert werden.

Durch die beschriebene flexible Gestaltung individueller Mechanik-Erprobungsprogramme unter Einbeziehung spezieller Messtechnik und CAE Tools ergibt sich für die Kunden die Möglichkeit, die Erfahrungen der FEV zu nutzen und gleichzeitig eigene eventuell an anderen Motoren durchgeführte Tests zu vergleichen.

*Dr.-Ing. F.-W. Koch*

### Verbesserung von Dauerlaufzyklen: Beispiel Thermoshock-Test am Zylinderkopf



Thermoshock-Test

Vorschlag für optimierten Thermoshock-Test

Thermoshock-Test: Spannungs-/Dehnungs-Diagramm

## Trends in der Ottomotorenkonstruktion

In der Konstruktion von Ottomotoren ergeben sich aus den aktuellen Trends

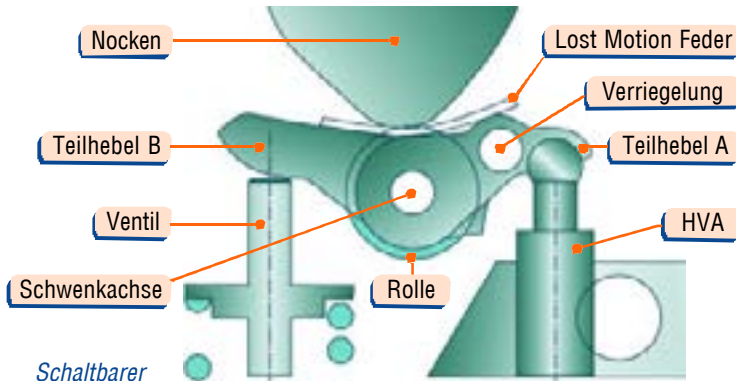
- vollvariable Ventiltriebe
- Direkteinspritzung
- variables Verdichtungsverhältnis

neue, herausfordernde Aufgaben, und zwar insbesondere deshalb, weil noch nicht klar ist, welche der unterschiedlichen Strategien sich durchsetzen wird. Deshalb hat die FEV bei der Neuentwicklung von Zylinderköpfen Konzepte entwickelt, die grundsätzlich beide Entdrosselungskonzepte, d.h. Direkteinspritzung und vollvariable Ventiltriebe zulassen. Da-

zu wird beispielsweise der Ventilwinkel so gewählt, dass er einerseits groß genug ist, um die Aktuatoren zur Betätigung der Ventile bei den elektromechanischen Ventiltrieben (EMV) zu platzieren, andererseits aber auch so ausgelegt ist, dass auf der Einlassseite unterhalb der Kanäle Platz ist für die Einspritzventile.

Darüber hinaus hat die FEV Zylinderkopfdesigns dargestellt, die modularartig wahlweise den Einbau von EMV oder herkömmlichen Nockenwellen erlauben. Parallel dazu arbeitet die FEV auch an der Entwicklung von mechanisch variablen Ventiltrieben; ein erster Schritt in diese Richtung ist der knickbare Schleppebel zur Ventilabschaltung.

Die Realisierung eines variablen Verdichtungsverhältnisses (VCR) ist bezüglich der Konstruktion der Schlüssel zur Umsetzung von Downsizingkonzepten.



*Schaltbarer  
Schlepphebel  
(System FEV)*

Die FEV hat dazu ein Prinzip entwickelt, bei dem die Pleuellagerung in Exzentrern gelagert ist und so der Pleuventrieb kontinuierlich variiert werden kann. Der große Vorteil dieses Systems ist, dass keine grundlegenden Änderungen in der Produktion nötig sind. Das VCR-System kann quasi als "Add-On" in einem konventionellen Pleuengehäuse untergebracht werden.

Der mit diesem Prinzip nötige Ausgleich der Pleuellagerverlagerung Richtung Pleutrieb und Pleutrieb wird verblüffend einfach durch ein Parallelpleugetriebe zwischen Pleuellager und Pleurad bzw. Pleurad gelöst.

Der Pleuraum für dieses Pleugetriebe und das Pleurad ist dabei nicht größer als bei einem herkömmlichen Pleugetriebe. Das gleiche gilt auch für das Gewicht. Die FEV hat einen Pleu mit diesem VCR-System aufgebaut, der inzwischen ein Dauerlaufprogramm erfolgreich absolviert hat. Zur Zeit wird die Applikation des Pleus im Pleu durchgeföhrt.

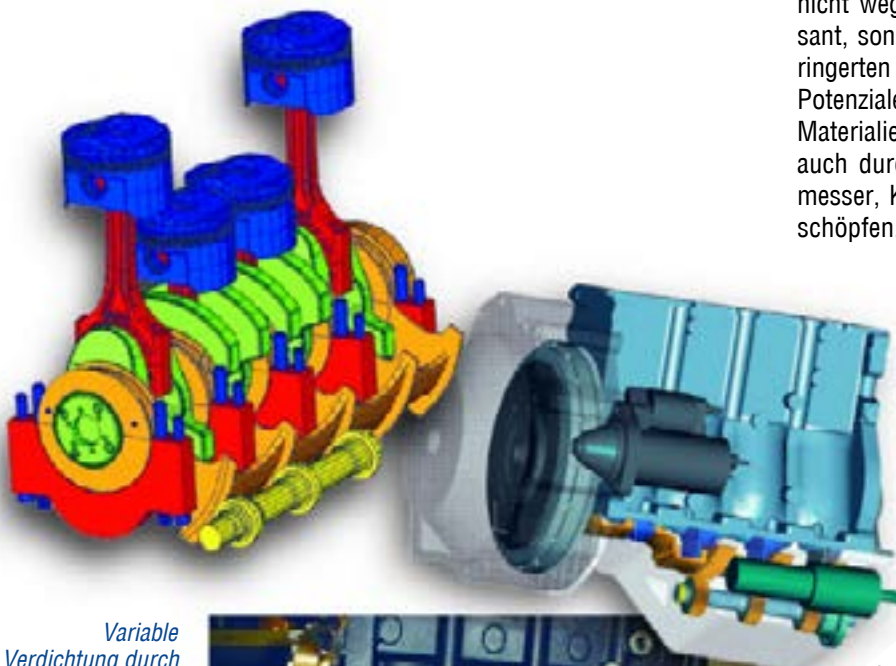
Ein weiteres Plus dieses Systems ist die prinzipiell gute Eignung für den Einsatz von integrierten Starter-Generatoren (ISG), die mit der Pleu- und pleuseitig (Nebenaggregate, Wasser-/Ölpumpe, EMV) zunehmenden Elektrifizierung notwendig werden: Der ISG kann in den pleubesitzigen Teil des Pleugetriebes integriert werden.

Weitere Bausteine zur Lösung des Zielkonflikts aus Emissionen, Kraftstoffverbrauch und Leistung sind, unabhängig von den beschriebenen Hauptstrategien, Leichtbau und Reibungsreduzierung. Beim Leichtbau konzentrieren sich die Anstrengungen auf das Pleugehäuse, da es den größten Anteil am Pleugewicht ausmacht.

Die Entwicklungstrends gehen einerseits aufgrund der geringen Dichte in Richtung Aluminium und sogar Magnesium, andererseits sind intelligente Konzepte mit Einsatz von Grauguss, das bezüglich Festigkeit und tribologischer Eigenschaften optimal ist, gefragt. Eine Reduzierung der bewegten Massen ist nicht wegen der gesparten Masse an sich interessant, sondern aufgrund der damit verbundenen verringerten Reibkräfte und des kleineren Verschleißes. Potenziale lassen sich hier sowohl durch alternative Materialien (z.B. Ventile aus Blech oder Keramik) als auch durch optimiertes Design (Ventilschaftdurchmesser, Pleuhöhe, Rollen- statt Gleitabgriff) ausschöpfen.

Pleugewicht und -reibung müssen daher in einer ganzheitlichen Betrachtung optimiert werden. Verbesserungen lassen sich durch Feinarbeit an den verschiedenen Pleukomponenten erreichen. Als Basis dient der FEV dabei die detaillierte Bauteilanalyse von mehr als 30 modernen Pleus pro Jahr.

Fazit: In der Konstruktion von Ottomotoren ist in Zukunft von einer hohen technologischen Diversifikation auszugehen. Unterschiedliche Konzepte werden miteinander im Wettbewerb stehen und die Weiterentwicklung des Ottomotors vorantreiben. Die FEV sieht den neuen Herausforderungen mit Freude entgegen!



*Variable  
Verdichtung durch  
Pleuellager-  
verlagerung*





## Trends in der PKW Dieselmotorenkonstruktion

Moderne Pkw-Dieselmotoren im Serieneinsatz zeigen heute unterschiedlichste Konzepte hinsichtlich Auslegung und Konstruktion wichtiger Hauptkomponenten. Im Grundmotor sind hier die Kurbelgehäuse zu nennen, sowohl bei Reihen- als auch bei V-Motoren ist die Koexistenz von Alu- und Gußeisenkonstruktionen Realität. Bei Zylinderköpfen hat sich Aluminium einheitlich etabliert, wenngleich bei den Legierungen ebenfalls signifikante Unterschiede bestehen.

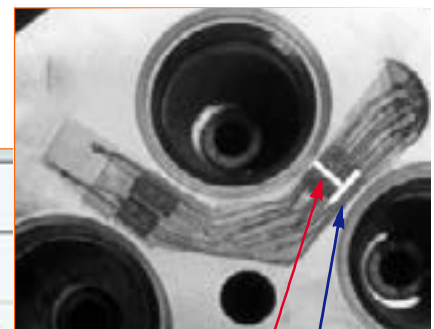
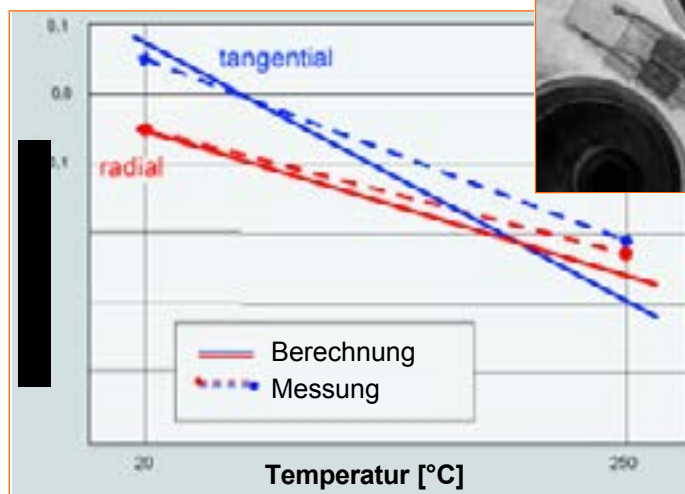
Konzeptunterscheidungen im Zylinderkopfbereich ergeben sich bei den Ladungswechselkanälen mit 2- und 4-Ventilkonzepten, bei der Ventilbetätigung oder beim Kühlkonzept. Ähnlich deutliche Konzeptunterschiede lassen sich rund um den Dieselmotor bei den meisten Systemen aufzählen, z.B. bei Einspritzsystemen oder Saugsystemen. Trotz unterschiedlichster Ausrüstung der Motoren erreichen die Top-Motoren in den am Markt verfügbaren Motorklassen sehr ähnliche Bestwerte in Bezug auf Leistung, Verbrauch, Emissionen und Gewicht. Daher muss festgestellt werden, dass es das bevorzugte Motorgesamtkonzept für den "Best-in-Class"-Motor nicht gibt; und es ist naheliegend, dass es auch zukünftig dieses bevorzugte Motorkonzept für den Dieselmotor nicht geben wird.

In Bezug auf die technischen Motorkonzepte kann festgestellt werden, dass bereits heute die gesamte Hubraumspannbreite im Pkw-Segment von DI-Dieselmotoren abgedeckt wird. Dementsprechend differenziert werden auch zukünftig die Entwicklungsschwerpunkte sein. Eine weitere Verbesserung der Abgasqualität und der Geräuschemissionen ist beim Dieselmotor unabdingbar. Hierzu müssen alle Motorsysteme beitragen, steife Grundmotorkonzepte, verbesserte Einspritzsysteme und aufwendige Abgasnachbehandlungssysteme sind stellvertretend zu nennen, aber auch eine weiter verbesserte Motormechnik. Höhere Spitzendrücke, reduzierte Zylinderdeformation, reduzierte Motorreibung oder schnellerer Motorwarmlauf nach dem Kaltstart sind Beispiele für angestrebte Entwicklungsziele für alle Motorgrößen.

Je nach Motorklasse werden weitere Entwicklungsschwerpunkte mit unterschiedlicher Bedeutung hinzukommen. Bei den hubraumstarken Motoren der Oberklasse werden Komfortaspekte (NVH) und Gewichtsreduzierung eine hohe Bedeutung haben. Mittels FE-Analyse im Detail optimierte Kurbelge-

häusestrukturen aus hochwertigem Gusseisen (z.B. GGK) oder Leichtmetallkonstruktionen mit strukturverstärkenden Einsätzen bilden die Basis, um zukünftig hohe Spitzendrücke bei gleichzeitig geringen Deformationen und niedrigem Gewicht zu ermöglichen. Aktuelle Entwicklungsarbeiten haben gezeigt, dass insbesondere bei großvolumigen Motoren mit Gusseisenkonzepten in der Baugruppe Kurbelgehäuse bei sorgfältiger Optimierung kaum Gewichts-nachteile entstehen.

Im Zylinderkopf sind weiterentwickelte Einspritzkomponenten gleichzeitig mit strömungsoptimierten und fertigungsgerechten Kanalkonzepten unterzubringen, wobei der bedarfsgerechten Kühlung aufgrund steigender thermischer Belastung Rechnung zu tragen ist. Eine exakt abgestimmte und ausgewogene Auslegung des thermomechanischen Strukturverhaltens wird im Bereich von 60 kW/l und darüber im Einzelfall über die im Dauerbetrieb darstellbare Leistungsgrenze des Zylinderkopfes unterscheiden. Alternative Konzepte mit



radial tangential

Strukturoptimierung im Zylinderkopf durch Berechnung und Messung

lokalen Strukturverstärkungen oder alternative Werkstoffe werden bei weiterer Steigerung der spezifischen Leistung zum Einsatz gelangen.

In der stückzahlträchtigen Mittelklasse werden die Herstellkosten des Motors sehr stark im Mittelpunkt der Entwicklung stehen müssen und bei den Motoren mit kleinem Hubvolumen werden zusätzlich die Verbrauchsminimierung über Brennverfahren und Motormechnik zu den wichtigsten Schwerpunkten im Entwicklungsprozess zählen. In den kleineren Motorklassen werden weiter steigende Spitzendrücke und die Anforderung nach reduzierten Produktkosten mehrheitlich zu Gusseisenkonstruktionen beim Grundmotor führen. Werkstoffleichtbau wird bei diesen Motoren vornehmlich im Zylinderkopfbereich und in der Motorperipherie umgesetzt werden müssen.



## Erweiterung des Fahrzeugapplikationszentrums

Die FEV eröffnete 1998 ca. 15 km nördlich von Aachen in Alsdorf ihr Fahrzeugapplikationszentrum, welches aufgrund der steigenden Nachfrage der Automobil- und Automobilzulieferindustrie nach Komplettabstimmungen im Sommer 2000 um ein weiteres Gebäude für bis zu 100 Mitarbeitern sowie eine erheblich größere Fahrzeugwerkstatt erweitert wurde. Dieser dritte Standort der FEV im Aachener Raum konzentriert alle Aktivitäten, um eine Anpassung der Motor-Getriebeeinheit im Komplettfahrzeug zu gewährleisten. Gleichzeitig ergänzt er als Tool die Gesamtprozesskette der Motorenentwicklung um die fahrzeugrelevanten Umfänge:

- Packaging des Motors und der Peripheriebauteile im Fahrzeug,
  - Emissionskalibrierung,
  - Fahrbarkeitsabstimmung,
  - On Board Diagnose,
  - NVH (Optimierung von Fahrzeugakustik und Vibrationen)
- ... bis zum Serienanlauf.

Die gesamte Anlage beheimatet Büro und Versuchseinrichtungen der GIF und der FEV. Die FEV verfügt dabei über folgende Versuchseinrichtungen:

- eine klimatisierte 48"-Abgasrolle mit 2 unabhängigen Emissionsanalyselinien,
- eine Akustikrolle für Untersuchungen bis zu einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 250 km/h,
- eine ca. 1km lange Endlos-Teststrecke für Fahrversuche im Geschwindigkeitsbereich bis etwa 100 km/h, einem Steigungshügel für Anfahrversuche sowie eine zertifizierungskonforme Freifeldfläche für die Messung von Außengeräuschen während der Vorbeifahrt; für höhere Fahrgeschwindigkeiten steht die nur ca. 1km entfernte, wenig befahrene BAB zur Verfügung,
- verschiedene klimatisierte Testzellen für Kalt-/Heißstart- und Warmlaufuntersuchungen im Temperaturbereich von -28 bis +40°C (-18 bis +104°F).



In der Fahrzeugwerkstatt stehen insgesamt 11 Fahrzeugmontageplätze zur Verfügung. Zusätzlich wurde ein Bereich für die Anpassung von Motoren für den Fahrzeugeinbau, eine Zone für die mechanische Bearbeitung sowie diverse Lagerräume vorgesehen. Durch die Integration einer in sich räumlich abgeschlossenen Elektrowerkstatt innerhalb der Fahrzeughalle ist auch die Adaption von elektrischen Systemkomponenten bis hin zur Applikation von kompletten Kabelsträngen möglich. Die Elektrowerkstatt wurde so konzipiert, dass innerhalb dieses abgeschlossenen Bereiches am Gesamtfahrzeug gearbeitet werden kann.

Für spezielle Untersuchungen wie etwa Startuntersuchungen im abgastestrelevanten Temperaturbereich steht ein zusätzlicher, ebenfalls klimatisierter Raum mit einer schnellen Datenleitung zu dem zentralen Server zur Verfügung, um auch eine hochauflösende Erfassung von z.B. Zylinderdruckverläufen oder zyklensynchroner HC-Messung im Fahrzeug in der Startphase des Motors durchführen zu können.



In Kooperation mit der GIF

Zum Fahrzeugprototypenschutz wurde das Gelände vollständig umzäunt und mit einer Sicherheitsschließanlage ausgestattet, so dass das Gelände nur mit entsprechenden Ausweisen betreten werden kann. Ein spezieller Bereich wurde zusätzlich mit einem Sichtschutz umgeben, um Prototypenfahrzeuge entsprechend abschirmen zu können. Für besonders kritische Prototypen stehen weiterhin insgesamt fünf Garagen zur Verfügung, um einen unbefugten Zugriff darauf zu vermeiden. Durch die Erweiterung der Bürogebäude war es möglich, einzelne Projektteams in jeweils einem Raum zu konzentrieren. Dies gewährleistet größtmögliche Effektivität bei der Bearbeitung des gesamten Applikationsprozesses sowie bei der Geheimhaltung. Mit der Erweiterung des Fahrzeugapplikationszentrums kann die FEV die effektive Komplettentwicklung eines Motors von der ersten Designphase über die brennverfahrensseitige sowie akustische Abstimmung auf dem Motorenprüfstand und der Fahrzeugapplikationsphase bis zum Serienanlauf gewährleisten.

Dipl.-Ing. R. Weinowski

## IMPRESSUM

FEV Motorentechnik GmbH  
Neuenhofstraße 181  
52078 Aachen

Telefon (+49) (0) 241/56 89 - 0  
Fax (+49) (0) 241/56 89 - 119  
E-Mail [marketing@fev.com](mailto:marketing@fev.com)  
Internet <http://www.fev.com>

Redaktion A. Wittstamm  
Layout G. Perseke