

Synergien der variablen Ventilsteuerung und Benzindirekteinspritzung

Nachdem sowohl Ottomotoren mit Benzindirekteinspritzung als auch mit variabler Ventilsteuerung in Serie produziert werden, zeichnet sich die Kombination beider Verfahren als nächster evolutionärer Entwicklungsschritt der Ottomotorentechnik ab. Erste Motor-konzepte, welche die Vorteile der variablen Ventilsteuerung mit denen der Direkteinspritzung verknüpfen, stehen bereits kurz vor der Serieneinführung.

Ein bedeutender Vorteil beider Verfahren liegt in dem weitgehend drosselfreien Motorbetrieb. An Ottomotoren mit Benzindirekteinspritzung lässt sich in der Praxis der entdrosselte Betrieb jedoch nicht in allen Kennfeldbereichen und unter allen Betriebsrandbedingungen aufrecht erhalten. Zwecks Einhaltung des für die katalytische Abgasreinigung erforderlichen Abgastemperatur-niveaus wird deshalb bei niedriger Last üblicherweise eine Teilandrosselung vorgenommen. Bei höheren Lasten muss dagegen der Magerbetrieb aufgrund der stark zunehmenden NO_x -Emissionen aufgegeben werden, obwohl noch thermodynamisches Potenzial gegeben wäre. Bei vollvariabler Ventilsteuerung ist es dagegen möglich, bei niedrigen Lasten den Luftüberschuss auch ohne Drosselung zu begrenzen und auch noch bei höheren Lasten Ladungswechselverluste einzusparen. Auf diese Weise ermöglicht die Kombination der Benzindirekteinspritzung mit der variablen Ventilsteuerung eine höhere Ausschöpfung der Einzelpotenziale.

Die beim direkteinspritzenden Ottomotor zur Begrenzung der NO_x -Emissionen eingesetzte externe Abgasrückführung erfordert zur Darstellung des notwendigen Druckgefälles eine Androsselung. Zusätzlich bereitet

Besuchen Sie unseren Stand auf dem
**22. Wiener
Motorensymposium**
25./26. April 2002

INHALT

- Seite 1 Synergien der variablen Ventilsteuerung und Direkteinspritzung
- Seite 4 Prüfstand zur Simulation von Drehungleichförmigkeiten
- Seite 5 Ein neues Motorkonzept für Erdgasfahrzeuge
- Seite 6 ADAMS/Engine powered by FEV
- Seite 7 Brennstoffzellenfahrzeug im Härtetest
- Seite 8 Analyse und Bewertung von Serienmotoren sowie Antriebskonzepten

ZUM GELEIT



Sehr geehrte Leserinnen,
sehr geehrte Leser,

in den letzten 10 Jahren haben die Antriebe von Personenwagen in Leistungsdichte, Verbrauch und Schadstoffemission mehr Verbesserungen erreicht als in vielen Jahrzehnten davor. Der Dieselmotor weist mit Direkteinspritzung und variabler Aufladung zusätzlich zu seinen Verbrauchsvorteilen jetzt auch exzellente Fahrereigenschaften auf. Als Folge hat sich seine Akzeptanz am Markt im betrachteten Zeitraum nahezu verdoppelt. Für Ottomotoren stehen zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs neue Technologien wie voll variable Ventilsteuerungen, Direkteinspritzung und die Erhöhung der spezifischen Leistung über verbesserte Aufladesysteme bereit. Gleichzeitig werden mit Erdgas betriebene Motoren und Hybridantriebe angeboten, der Einsatz von Brennstoffzellen-Aggregaten wird angekündigt. Zeitpunkt und Anteil mit dem diese Technologien im Markt einsetzen, wird von Faktoren wie Herstellkosten und Verfügbarkeit von schwefelfreien Kraftstoffen bestimmt.

Im Bild ist die Prognose der FEV auf die nächsten 10 Jahre wiedergegeben. Danach wird sich in West-Europa bei den jährlich neu auf den Markt kommenden Pkw's der Anteil der Dieselmotoren deutlich auf über 40% erhöhen, fast alle zukünftigen Ottomotoren werden die eine oder andere der neuen Technologien aufweisen. Daneben werden sogenannte Alternativantriebe mit etwa 5% am Markt vertreten sein.

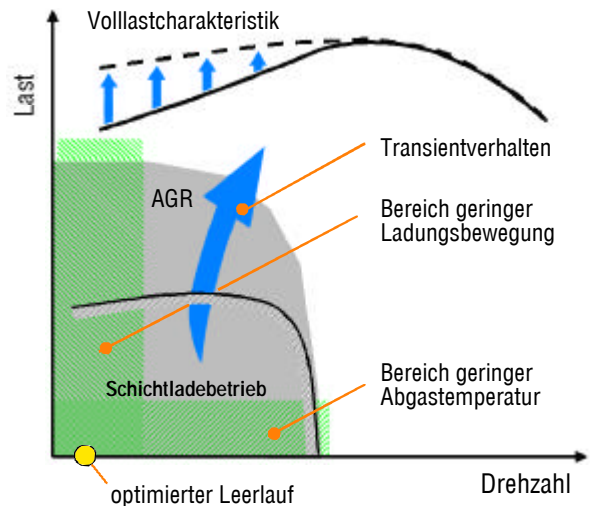
Alle diese Neuerungen müssen bis hin zu ihrem Markteinsatz noch serienreif gemacht werden. Motorenentwicklern stehen also weitere Jahre voller interessanter Herausforderungen bevor.

Darauf freuen wir uns.

Ihr Peter Walzer
Prof. Dr.-Ing. Peter Walzer
Geschäftsführer

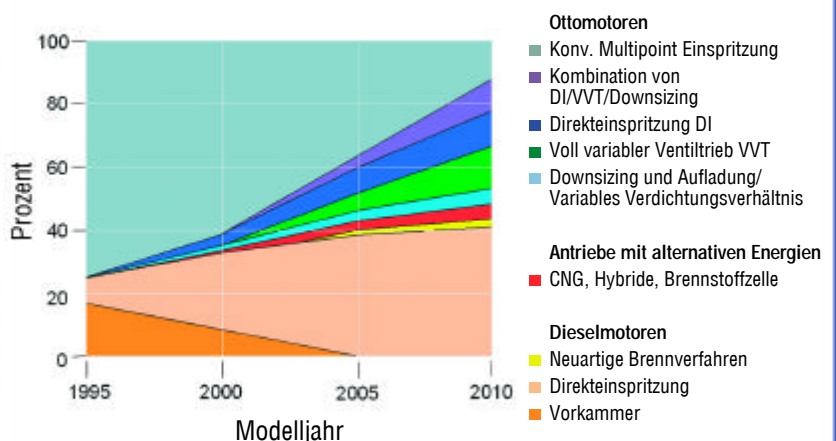
Fortsetzung Titelseite

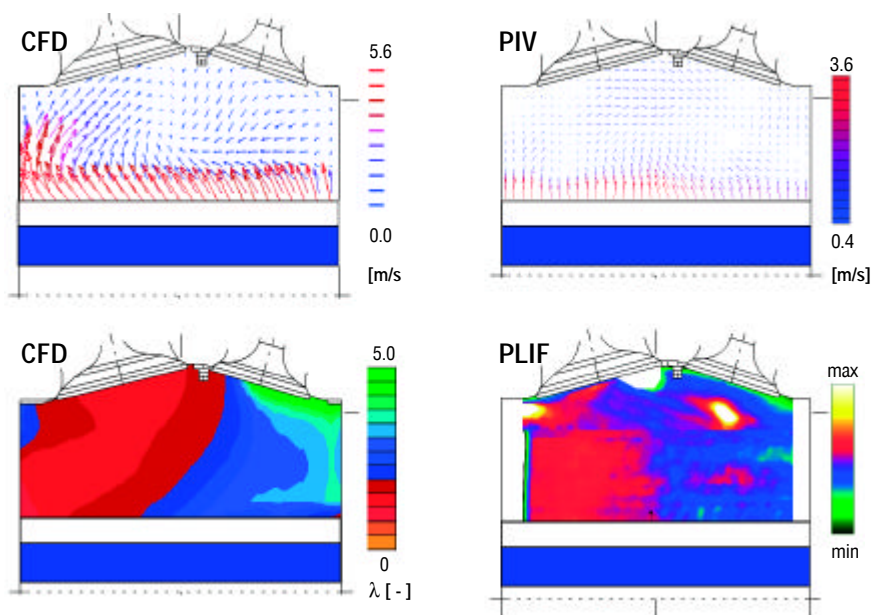
sie auch häufig Probleme mit Ablagerungen an den Einlassventilen. Die bei variabler Ventilsteuerung mögliche interne Abgasrückführung hilft diese Nachteile zu vermeiden und bewirkt zusätzlich eine Erhöhung der Prozesstemperaturen, was die Entflammungsbedingungen verbessert und die Verbrennung stabilisiert.



Die Variabilitäten der Ventilsteuerung lassen sich auch zur Beeinflussung der Zylinderinnenströmung nutzen. Als besonders effektiv hat sich dabei die Kombination einer Rampensteuerung des Ventilhubes bei "Einlass-Schließt" mit einer asymmetrischen Abschirmung der Einlassventile am Sitzring erwiesen. Damit lassen sich auch noch bei niedrigen Drehzahlen die Anforderungen des Schichtladebetriebs an die Ladungsbewegung erfüllen. Gemeinsam mit der bei variabler Ventilsteuerung möglichen Minimierung des Restgasanteils kann dieser Effekt auch zur Absenkung der Leerlaufdrehzahl genutzt werden.

Marktanteil neuer Motor-Technologien je Modelljahr, West Europa





Kombination mit der direkten Benzineinspritzung weiter optimieren. Hier ist insbesondere an Strategien zur Nacheinspritzung zu denken, womit eine weiter beschleunigte Katalysatoraufheizung erreicht werden kann.

Sowohl die Benzindirekteinspritzung als auch die variable Ventilsteuerung sind für ihr dem konventionellen Ottomotor überlegenes Drehmoment-

verhalten im unteren Drehzahlbereich bekannt. In der Kombination beider Verfahren ergänzen sich diese einerseits auf der Zylinderinnenkühlung und andererseits auf einer optimalen Ladungswechselsteuerung beruhenden Vorteile. Die sich ergänzenden Vorteile resultieren in einer deutlich reduzierten Klopfbegrenzung und ermöglichen eine signifikante Anhebung der Verdichtung.

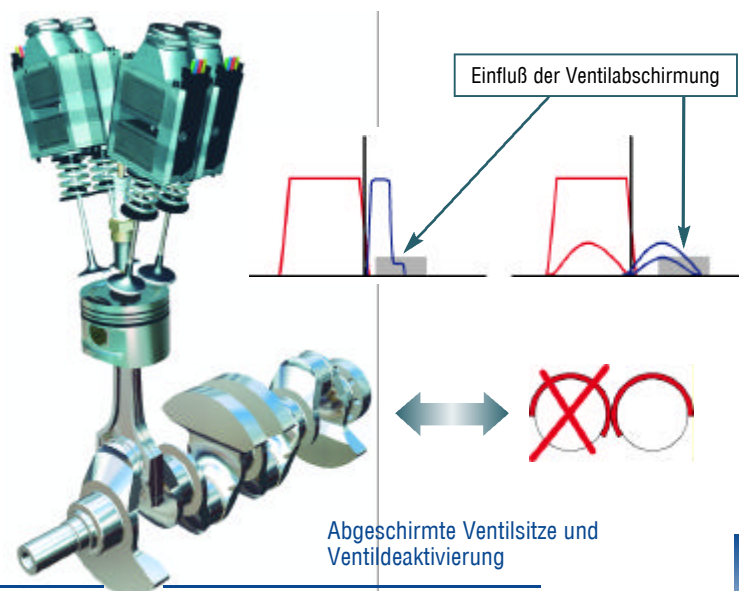
Bedeutende Synergieeffekte resultieren aus der Möglichkeit, bei Kombination beider Verfahren sowohl die Kraftstoffmenge als auch die angesaugte Luft- und rückgeführte Abgasmenge zyklussynchron zu steuern. Auf diese Weise lassen sich die instationären Wechsel der Betriebsmoden entscheidend besser beherrschen. Hierzu zählen die Regeneration des NO_x -Adsorbers sowie die lastpunktabhängigen Betriebsmodenwechsel, die sich auf diese Weise ohne merkliche komfortrelevante Begleiterscheinungen und bei minimalen Verlusten realisieren lassen. Wegen des weitgehenden Entfalls aufwändiger Kompensationsfunktionen bietet dies neben den Verbrauchs- und Emissionsvorteilen zusätzlich einen verringerten Applikationsaufwand.

Die zyklussynchrone, kombinierte Qualitäts- und Quantitätssteuerung bewirkt auch ein spontaneres Ansprechverhalten des Motors. Beim negativen Lastsprung sind diese Vorteile ebenso präsent und wirken sich günstig auf das Emissionsverhalten aus. Auch hier sind die Erfordernisse hinsichtlich einer Korrektur der stationär gültigen Vorsteuerwerte deutlich vermindert. Darüber hinaus stellt die zyklussynchrone Steuerung des Motors auch eine wesentliche und auch vereinfachende Voraussetzung zur Verwirklichung einer Zylinderabschaltung dar.

Für Ottomotoren mit Benzindirekteinspritzung ist es wichtig, die Abgastemperatur in einem für den NO_x -Adsorber optimalen Fenster zu halten. Beim heutigen Stand der Technik erfordert dies bei niedrigen Lasten eine Teildrosselung und bei höheren Lasten den emissionsbedingten Verzicht auf die noch vorhandenen Magerbetriebsvorteile. Mittels variabler Ventilsteuerung kann die angesaugte Luftmasse jedoch drosselfrei gesteuert werden.

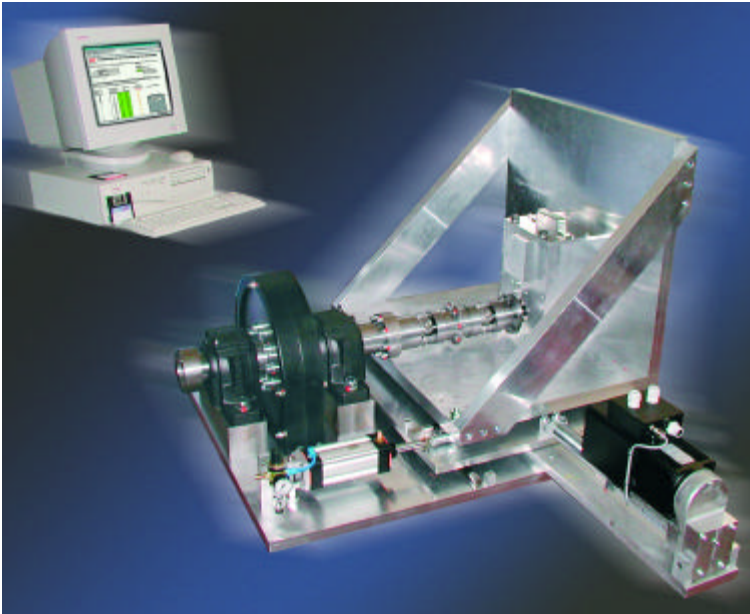
Im übrigen bietet die variable Ventilsteuerung die Möglichkeit, die Start- und Warmlaufemissionen mittels gezielter Steuerzeitenstrategien zu minimieren. Auch hier lassen sich diese Strategien durch die

Dr.-Ing. Wolfgang Salber
Dr.-Ing. Peter Wolters



Abgeschirmte Ventilsitze und Ventildeaktivierung

Prüfstand zur Simulation von Drehungleichförmigkeiten



Drehschwingungs-generator

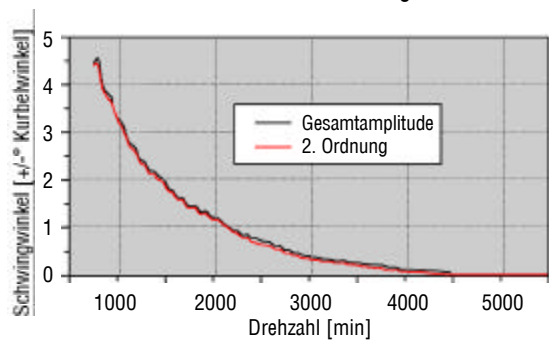
Bei allen Systemen, die an Verbrennungsmotoren zum Antrieb von Aggregaten oder den Nockenwellen selber genutzt werden, spielt die Anregung durch die antreibende Kurbelwelle eine wesentliche Rolle. Diese Anregung besteht hauptsächlich aus Drehschwingungen, die, durch Gas und Massenkräfte verursacht, der eigentlichen Rotation überlagert sind. Die Quantifizierung dieser Drehschwingungen geschieht üblicherweise als Amplitude des überlagerten Schwingwinkels. Versuche an realen Motoren zeigen, dass die Amplitude der Drehschwingung zum überwiegenden Teil von der dominanten sinusförmigen Hauptordnung gebildet wird.

Die Untersuchung von Getrieben, Steuertrieben, Aggregatantrieben sowie einzelner Komponenten dieser Systeme liefert erst durch die Berücksichtigung der Kurbelwellenanregung repräsentative Aussagen über das dynamische Verhalten des Systems. Nach dem derzeitigen Stand der Technik können die Drehschwingungen nur von einem realen Verbrennungsmotor eingeleitet werden, der das zu untersuchende System antreibt. Dies bedingt einen gefeuerten Prüfstand mit dem entsprechenden Aufwand für Installation und Betrieb des antreibenden Motors. Darüber hinaus steht beim Betrieb nur die für diesen Verbrennungsmotor spezifische Drehschwingung der Kurbelwelle als Anregung zur Verfügung. Bei Untersuchungen in Schleppprüfständen wird daher häufig ohne oder mit konstanter Kurbelwellenanregung im gesamten Drehzahlbereich gearbeitet. Beide Methoden haben den Nachteil, dass ein realistisches Motorverhalten nicht ausreichend simuliert wird.

Der von der FEV entwickelte Drehschwingungs-Generator ist in der Lage, bei Antrieb durch einen konventionellen und gleichförmig drehenden Elektromotor eine sinusförmige zweite Hauptordnung zur Simulation eines Vierzylindermotors zu erzeugen.

Durch die Verwendung spezieller Vorschaltgetriebe lassen sich auch die dominanten Ordnungen von 3- und 6-Zylindermotoren simulieren. Die Untersuchungen können damit in einem preiswerten Komponenten-Prüfstand durchgeführt werden. Die Höhe der Amplitude ist über der Drehzahl frei programmierbar und wird unter einer Windows-Oberfläche eingegeben. Es ist so auch möglich, Messergebnisse aus dem realen Motorbetrieb zu kopieren und im Prüfstand nachzufahren. Das technische Prinzip basiert auf der kinematischen Erzeugung einer Drehschwingung zweiter Ordnung durch die Kombination zweier hochpräziser Kardangelenke. Ein Schwungrad dient als Abstützung und vermeidet durch sein großes Trägheitsmoment Rückwirkungen des Prüflings auf den Antrieb. Die Amplitude der Drehschwingungen kann auf $0,1^\circ$ Schwingwinkel genau eingestellt werden. Der Wegfall des Längenausgleiches führt zu einer Bewegung des kompletten Testaufbaus auf kreuzweise angeordneten präzisen Linearführungen.

Der Drehschwingungs-generator ist dafür ausgelegt, alle im realen Motorbetrieb auftretenden Werte simulieren zu können. Bei niedrigen Drehzahlen sind Amplituden bis zu $\pm 6^\circ$ Schwingwinkel möglich, die Maximaldrehzahl an der Antriebswelle beträgt 6000 U/min.



Mit dem Drehschwingungs-generator erzeugte simulierte Kurbelwellenanregung zur Untersuchung von Nockenwellenantrieben eines Dieselmotors

Der beschriebene Drehschwingungs-generator hat sich sowohl für den Versuch an Teilkomponenten, wie Riemen- oder Kettenspannelementen, als auch zur Erprobung von Gesamtsystemen als preiswerte und flexible Alternative zum Betrieb eines gefeuerten Verbrennungsmotors bewährt. Das übertragbare Drehmoment reicht zum Antrieb eines vollbelasteten Nebenaggregatebetriebes aus. Weitere Anwendungsfälle sind Dauerlauferprobungen oder Untersuchungen zur Geräuschentwicklung von Steuerketten oder Getrieben bei Leerlaufbetrieb.

Dipl.-Ing. Ulrich Krahen

Ein neues Motorkonzept für Erdgasfahrzeuge

Erdgas, in komprimierter Form CNG (Compressed Natural Gas) genannt, gilt weltweit als einer der wichtigsten Alternativkraftstoffe für Fahrzeugotomotoren. Die Ursachen hierfür sind vielfältig und resultieren im Wesentlichen aus der gegenüber Benzin vorteilhaften chemischen Zusammensetzung und seinen motorischen Eigenschaften. Im Einzelnen sind hier die deutlich höhere Klopfestigkeit, die gute Homogenisierbarkeit, die geringere CO₂-Bildung sowie die immanente Reduzierung der Emission von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen zu nennen.

Die im Vordergrund stehende Motivation zur Darstellung von CNG-Antriebskonzepten ist die CO₂-Emission des Fahrzeugs. Diese liegt bereits bei gleichem effektiven Wirkungsgrad um 25% niedriger als im Benzinbetrieb. Trotz des Treibhauseffekts der im Erdgasbetrieb zum überwiegenden Teil aus Methan bestehenden HC-Emission verbleibt jedoch ein die Klimawirksamkeit verbessernder Bonus in der Größenordnung von ca. 20% (Bild 1). Angesichts des Aufwands, der für den Benzinbetrieb zur Darstellung ähnlicher Vorteile hinsichtlich der treibhauswirksamen Emissionen aufzubringen ist, stellt Erdgas deshalb die effizienteste Maßnahme mit Potenzial zur kurzfristigen Realisierung dar.

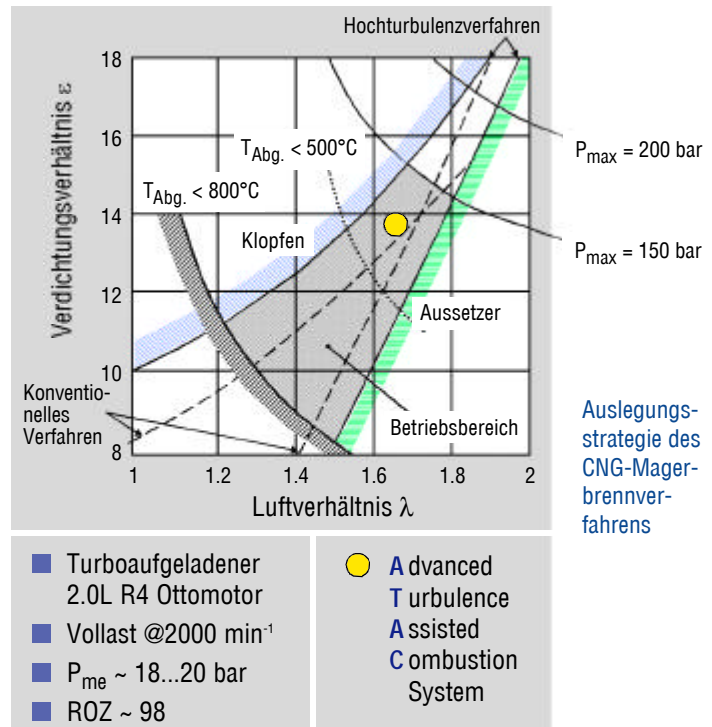
Emissionsverhalten
on Erdgas-
und Benzin-
betrieb

Emissionen	CNG im Vergleich zu Benzin
Verdampfung	keine
NO _x	geringer
CO	geringer
NMHC	geringer keine Aromaten
Methan	Ozonbildungspotenzial -80% ungiftig
CO ₂	-25%

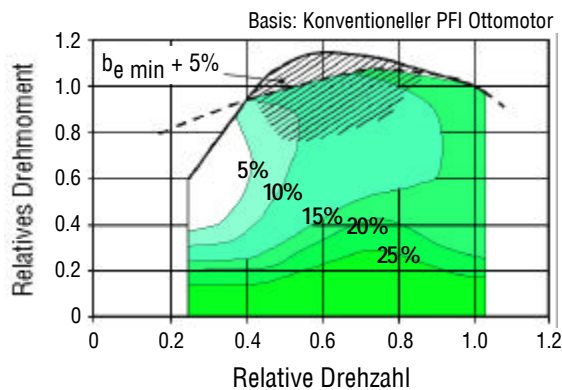
Treibhauseffekt + 5% (Basis CO₂)

Treibhauseffekt gesamt: -20%

Ein Konzept, welches die Vorteile von CNG konsequent nutzt, ist der hochaufgeladene Magermotor. Die Bandbreite der dabei realisierbaren Betriebsparameter hängt entscheidend von der Güte des Brennverfahrens ab. Wie in Bild 2 dargestellt, wird der nutzbare Auslegungsbereich hinsichtlich Luft- und Verdichtungsverhältnis grundsätzlich zu hohen Luftverhältnissen durch die Aussetzergrenze, zu niedrigen durch die Klopfgrenze eingeschränkt. Durch Verwendung eines Hochturbulenzverfahrens, das vergleichsweise hohe Brenngeschwindigkeiten aufweist, kann die nutzbare Bandbreite deutlich vergrößert und damit der Vollast-Auslegungspunkt zu höherem Verdichtungsverhältnis verschoben werden.



Auslegungsstrategie des CNG-Magerbrennverfahrens



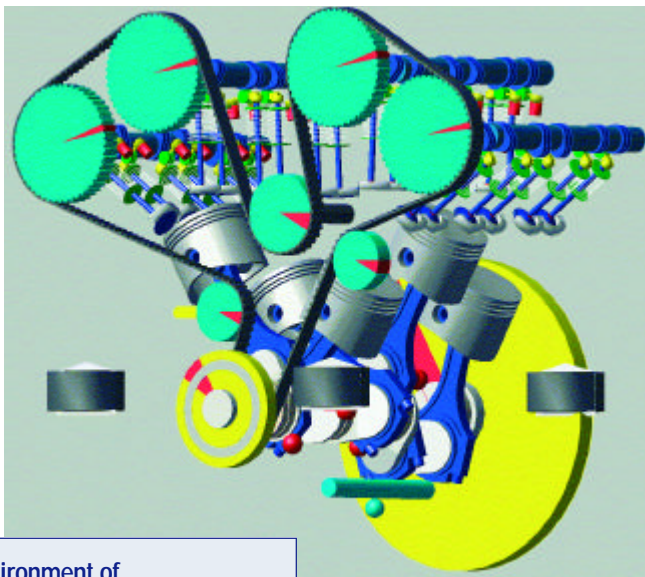
Verbrauchsvorteil des ATAC Magermotors im Kennfeld

Das bei der FEV entwickelte Hochturbulenz-Brennverfahren ATAC ermöglicht durch Nutzung der beschriebenen Zusammenhänge den zur NO_x-Absenkung erforderlichen Luftüberschuss bei gleichzeitig wirkungsgünstigem Verdichtungsverhältnis im gesamten Kennfeldbereich. Die Ergebnisse der mit einem 1,9 Liter 4-Zylinder-Motor durchgeführten Untersuchungen sind in Bild 3 dargestellt. Gezeigt sind die relativen Wirkungsgradvorteile gegenüber einem modernen Ottomotor mit Saugrohreinspritzung. Verglichen mit anderen ottomotorischen Verbrauchskonzepten zeichnet sich der hier vorgestellte Gas-Magermotor sowohl durch hervorragende Teillastverbräuche als auch - und dies in einzigartiger Weise - durch Vollastverbräuche aus, die im Bereich moderner direkteinspritzender Turbo-Dieselmotoren liegen. Deshalb sind mit diesem Brennverfahren nicht nur im neuen europäischen Fahrzyklus, sondern auch im Kundenbetrieb extrem niedrige Kraftstoffverbräuche zu realisieren.

Dr.-Ing. José Geiger
Dr.-Ing. Markus Umierski

ADAMS/Engine powered by FEV

Im Februar dieses Jahres ist das von der FEV entwickelte Kurbeltriebsmodul an erste Kunden ausgeliefert worden. In Verbindung mit den bereits bestehenden Modulen von ADAMS/Engine powered by FEV ist es nun möglich die komplette Motormechanik mit ihrer Interaktion zu simulieren.



The environment of ADAMS/Engine powered by FEV

- Valve Train Dynamics
- Timing Chain
- Timing Belt
- Gear Train
- Accessory Drive
- Base Crank Train
- Advanced Crank Train

Das Kurbeltriebsmodul besteht aus dem "Basic Cranktrain" und dem "Advanced Cranktrain". Zusammen stellen sie ein umfassendes Werkzeug zur Analyse und Optimierung der Kurbeltriebsdynamik dar. Besonderes Augenmerk wurde bei der Entwicklung auf die Flexibilität der

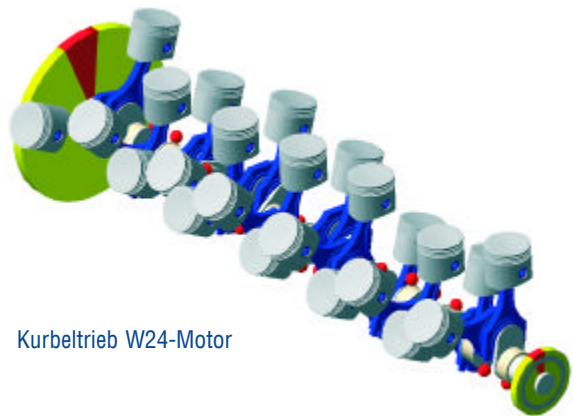
Modellierungstiefe gelegt. So reichen z.B. die Kurbelwellenansätze von einer starren über eine torsionsweiche Kurbelwelle bis zur Beschreibung als Balkenmodell. Diese einfachen numerischen Ansätze sind ideal geeignet, um innerhalb kürzester Zeit eine Vielzahl von Parameterstudien durchzuführen.

Simulationen mit flexiblen FEM Strukturen für Kurbelwelle und Motorblock sowie deren Kopplung durch hydrodynamische Schmierfilme ermöglichen Detailuntersuchungen mit höchster Berechnungsgenauigkeit. Auch die der Kurbelwelle zugehörigen Bauteile sind in unterschiedlicher Bauform und Detaillierungsgraden implementiert. So ist es z.B. möglich, ein konventionelles Schwungrad einfach durch ein Zweimasenschwungrad zu ersetzen, für welches wiederum der Detaillierungsgrad (linear oder nichtlinear) frei wählbar ist.

Für die Beschreibung des Torsionsschwingungsdämpfers steht neben dem Gummi- und Viscodämpfermodell zusätzlich eine lineare Formulierung zur Verfügung. Dies gilt ebenfalls für die Motorlager.

Es handelt sich um eine Software, bei der der Anwender entscheidet, bis zu welcher Modellkomplexität er seine Simulation ausbauen möchte. In Kombination mit der "Template Architektur", welche eine absolute Offenheit auch der Modelltopologie gewährleistet, stellt dies einen großen Vorteil gegenüber verschiedener Spezialprogramme dar, die nur für ein fest definiertes Anwendungsspektrum Ergebnisse liefern.

Neben vordefinierten Templates der gängigsten Motorbauformen ist es mit Hilfe eines einfach zu bedienenden "Template Wizard's" möglich, jede denkbare Zylinderanordnung vom Einzylinder über Reihen- und V-Motoren bis hin zu völlig unkonventionellen Bauformen aufzubauen. Motoren bis zu einer Größe von bis zu 24 Zylindern verteilt auf bis zu 12 Bänken können problemlos behandelt werden.



Kurbeltrieb W24-Motor

Zusammenfassend liefern die Kurbeltriebsmodule von Adams/Engine powered by FEV wichtige Aussagen zu folgenden im Motorentwicklungsprozess auftretenden Fragestellungen:

- Freie Kräfte und Momente für die Motorlagerauslegung
- Untersuchung der Zündfolge
- Torsionsschwingungsanalyse der Kurbelwelle zur Dämpferauslegung
- Biegebelastungen der Kurbelwelle und Grundlagerbelastungen
- Verlagerungsbahnen mit minimaler Schmierfilmdicke
- Geräuschanregungsberechnung
- Drehungleichförmigkeiten für Steuertriebe
- Lastkollektive für detaillierte FE-Spannungsberechnungen

Brennstoffzellenfahrzeug im Härtetest

Im Hinblick auf eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs bietet sich insbesondere bei Hybridkonzepten eine Bremsenergierückgewinnung mit Superkondensatoren an. Neben der Bremsenergierückgewinnung können mit einem derartigen Konzept auch Leistungsspitzen abgedeckt und das Brennstoffzellensystem somit kleiner und kostengünstiger ausgelegt werden.



In einer Zusammenarbeit der Volkswagen AG, des Paul-Scherrer-Instituts und der FEV Motorentchnik GmbH wurde ein Elektrohybrid mit Brennstoffzellen und Superkondensatoren entwickelt und aufgebaut, der sowohl die angestrebte Energierückgewinnung ermöglicht, als auch ausreichende Fahrleistungen aufweist.

Dies wurde am 16. Januar 2002 bei der Überquerung des Simplon Passes im Beisein von VW Entwicklungsvorstand Dr. Martin Winterkorn und einer Reihe von Motorjournalisten eindrucksvoll unter Beweis gestellt, obwohl hierbei die Vorteile des Hybridkonzeptes nur eingeschränkt genutzt werden konnten.

Die Antriebseinheit des VW Bora "HY. POWER" verfügt über eine aus 6 PEM Stacks bestehende Brennstoffzelleneinheit mit einer Bruttoleistung von 48 kW. Zur Verbesserung des Instationärverhaltens können die Superkondensatoren kurzfristig eine Zusatzleistung von 50 kW für ca. 15 Sekunden zur Verfügung stellen. Der 1.850 kg schwere VW Bora kann damit von 0 km/h auf 100 km/h in 12s beschleunigt werden.

Die Entwicklungsverantwortung der FEV umfasst die komplette Luftversorgung des Brennstoffzellenaggregats. Der Systemdruck wird mit Hilfe eines Schraubenverdichters mit integrierter Wassereinspritzung und einem Druckhalteventil in einem weiten Leistungsbe- reich auf einem Niveau von ca. 2 bar gehalten.

Dies führt einerseits zu einer hohen Leistungsdichte der Brennstoffzellenstacks, andererseits kann auf Grund der geringeren Wasseraufnahme bei höherem Druck der Feuchtegehalt der Kathodenluft angehoben werden. Schwerpunkte der Entwicklung waren die Darstellung eines DI-Wasser resistenten Dosierventils sowie die regelungstechnische Abstimmung der Befeuchtungseinheit auf die transienten Betriebsanforderungen. Darüber hinaus wird durch eine integrierte Ansaugluftvorwärmung zusätzliche Wärme zur Verdampfung des Wassers in das System eingebracht, so dass eine relative Feuchte größer 60% bei einer maximalen Luftaustrittstemperatur von 70°C in weiten Bereichen des Betriebsfeldes eingehalten wird. Der Wirkungsgrad des Verdichters steigt durch die innere

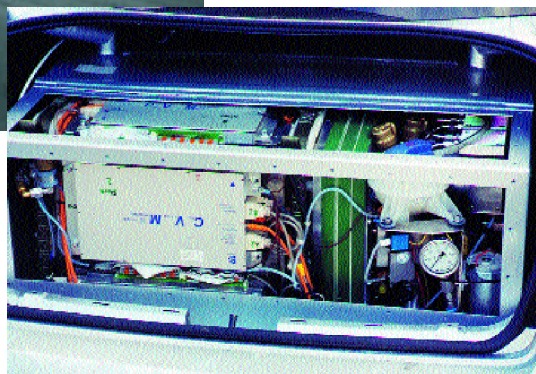


Bild links:
"HY. POWER"
VW Bora bei der Über-
querung des Simplon
Passes

Bild rechts:
Blick auf das
Brennstoffzellensystem
im Kofferraum

Kühlung bei Verdampfung des Wassers an, so dass die Nachteile durch die Vorwärmung überkompensiert werden. Die realisierte Luftversorgungseinheit ist akustisch äußerst unauffällig und kann nicht als dominierende Geräuschquelle detektiert werden.

Nach der erfolgreichen Passfahrt wurde das Fahrzeug auf dem Genfer Automobilsalon 2002 der Öffentlichkeit präsentiert. Anschließend wird die Antriebseinheit im Detail weiter optimiert und soll auch auf dem FEV Stand des Aachener Fahrzeug- und Motorenkolloquiums im Herbst ausgestellt werden.

Dr.-Ing. Andreas Wiartalla

Analyse und Bewertung von Serienmotoren sowie Antriebskonzepten

Der Automobilmarkt weist eine Vielfalt von Technologien mit vielversprechenden Ansätzen zur Umsetzung der Entwicklungsziele von Verbrennungsmotoren auf. Die Kenntnis von Potenzialen, Massnahmen zur Realisierung und möglichen Problemen in der Serie stellt für den Motorenentwickler eine wichtige Entscheidungshilfe für künftige Strategien dar.

So wurde im Rahmen von Kundenprojekten bei der FEV das Spektrum der verfügbaren Technologien vom 3-Zylinder Reihemotor bis hin zum 12-Zylinder V-Motor analysiert und bewertet. Untersucht werden Otto- und Dieselmotoren mit den unterschiedlichsten Ausstattungsmerkmalen aus allen Weltmärkten. Die Einbindung des Verbrennungsmotors in das gesamte Antriebskonzept eines Fahrzeugs wird gegebenenfalls ebenso berücksichtigt. Als Beispiele seien Hybridtechnologie und unterschiedliche Getriebekonzepte genannt.

Bei einer vollständigen Benchmarkuntersuchung erfolgt die Bewertung eines Versuchsträgers hinsichtlich der Bereiche Fahrzeugapplikation, Fahrzeug- und Powertrain-NVH, Thermodynamik, Konstruktion sowie Elektronikkomponenten. Die fahrzeugspezifischen Analysen beinhalten das in Rollenprüfstandstests ermittelte Emissionsverhalten sowie Fahrleistungsuntersuchungen und fahrzeugakustische Betrachtungen bezüglich Innen- und Außen- geräusch, Vibrationsverhalten sowie Subjektivbewertungen.

Die NVH-Bewertung wird durch anschließende Untersuchungen des Motors oder Powertrains in einem Akustikprüfstand vervollständigt. Das motorische Verhalten unter thermodynamischen Aspekten wird auf Motorprüfständen sowohl unter Berücksichtigung der Serienapplikation als auch mit standardisierten Betriebsparametern analysiert.

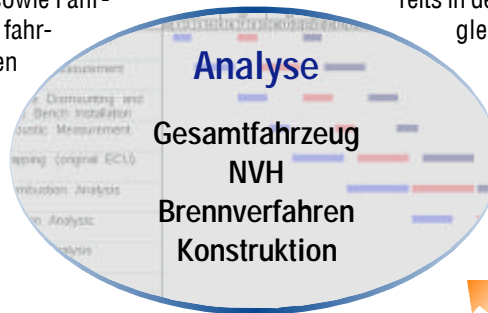
Die mechanische Auslegung eines Motors wird in der Reibungsanalyse bewertet. Eine abschließende Designanalyse aller wesentlichen Bauteile liefert aufschlussreiche Erkenntnisse zur Konstruktion.

Standardisierte Messprogramme und Randbedingungen garantieren höchste Kompatibilität der Ergebnisse. Zusätzlich kann konzeptspezifischen Besonderheiten durch angepasste und zusätzliche Untersuchungen Rechnung getragen werden.

Zur Bewertung werden die umfangreichen Datenbanken der FEV herangezogen, die mit Resultaten aus Wettbewerbsanalysen und Entwicklungsprojekten ein einmaliges Spiegelbild zum Stand der Technik geben. Das Benchmarking von Serienkonzepten hat bei der FEV eine lange Tradition. So wird u.a. seit mehr als einer Dekade erfolgreich ein umfangreiches Programm im Auftrag eines Konsortiums von Automobilherstellern kontinuierlich durchgeführt.

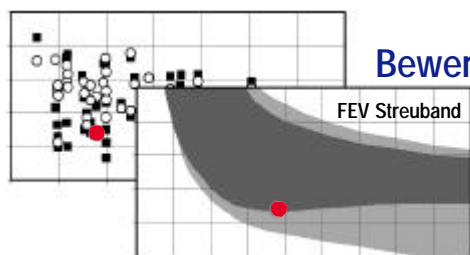
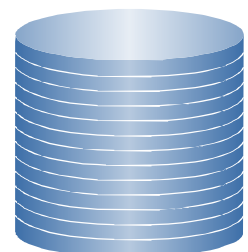
Die Wertigkeit der Analyse von Wettbewerbsmotoren spiegelt sich ebenso in Projekten wider, in denen Hersteller eigene Serienprodukte durch die FEV untersuchen lassen. Auch vor der Serieneinführung oder bereits in der Entwicklungsphase liefern vergleichbare Untersuchungen mit Prototypen, z.B. als Schwachstellenanalyse, wertvolle Ergebnisse.

Serienprodukt



Dipl.-Ing. Bernd Haake

FEV-Datenbank



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
Internet <http://www.fev.com>

Redaktion A. Wittstamm
Layout G. Perseke