www.automobil-industrie.de

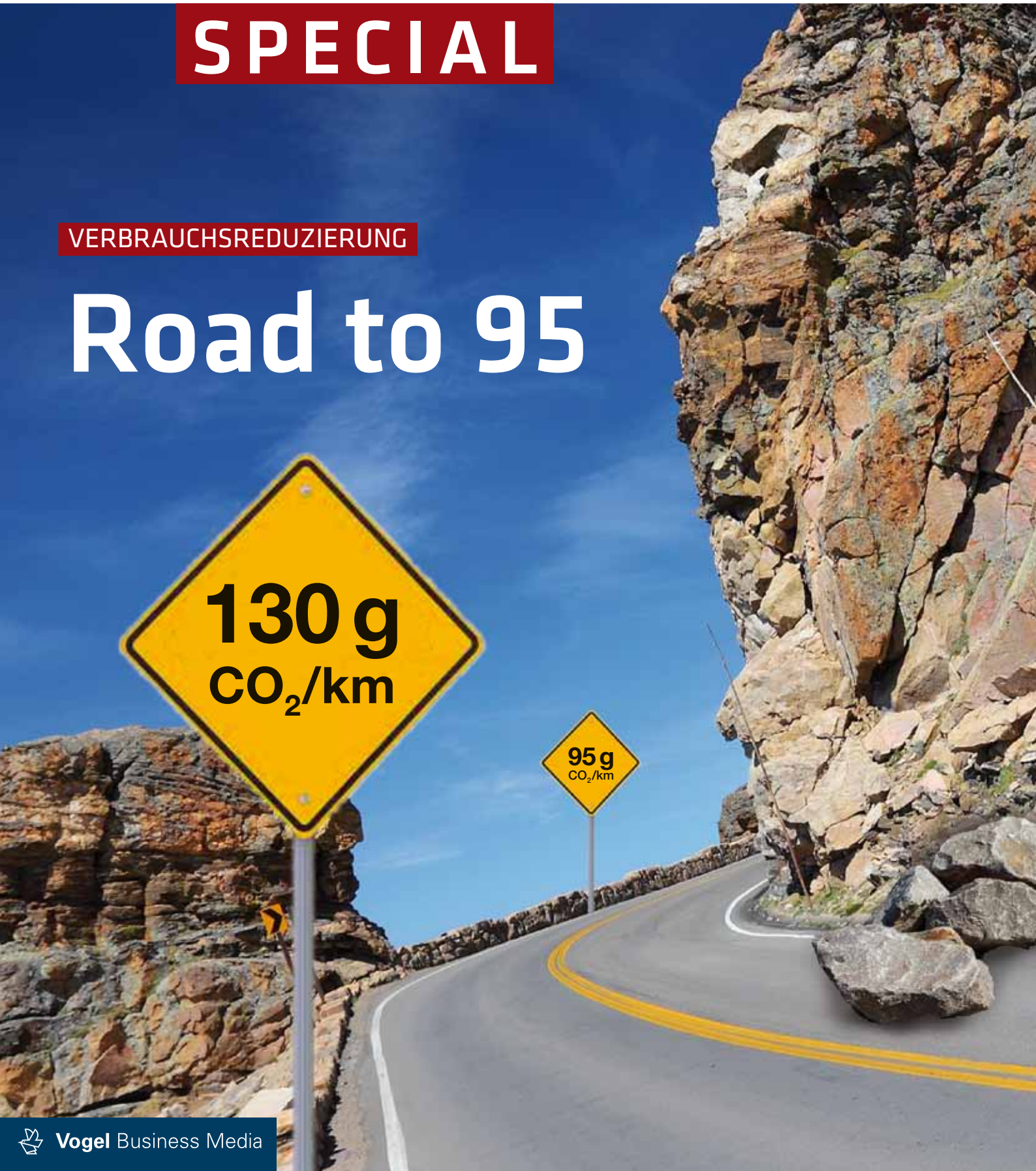
Sonderausgabe • April 2014

AUTOMOBIL INDUSTRIE

SPECIAL

VERBRAUCHSREDUZIERUNG

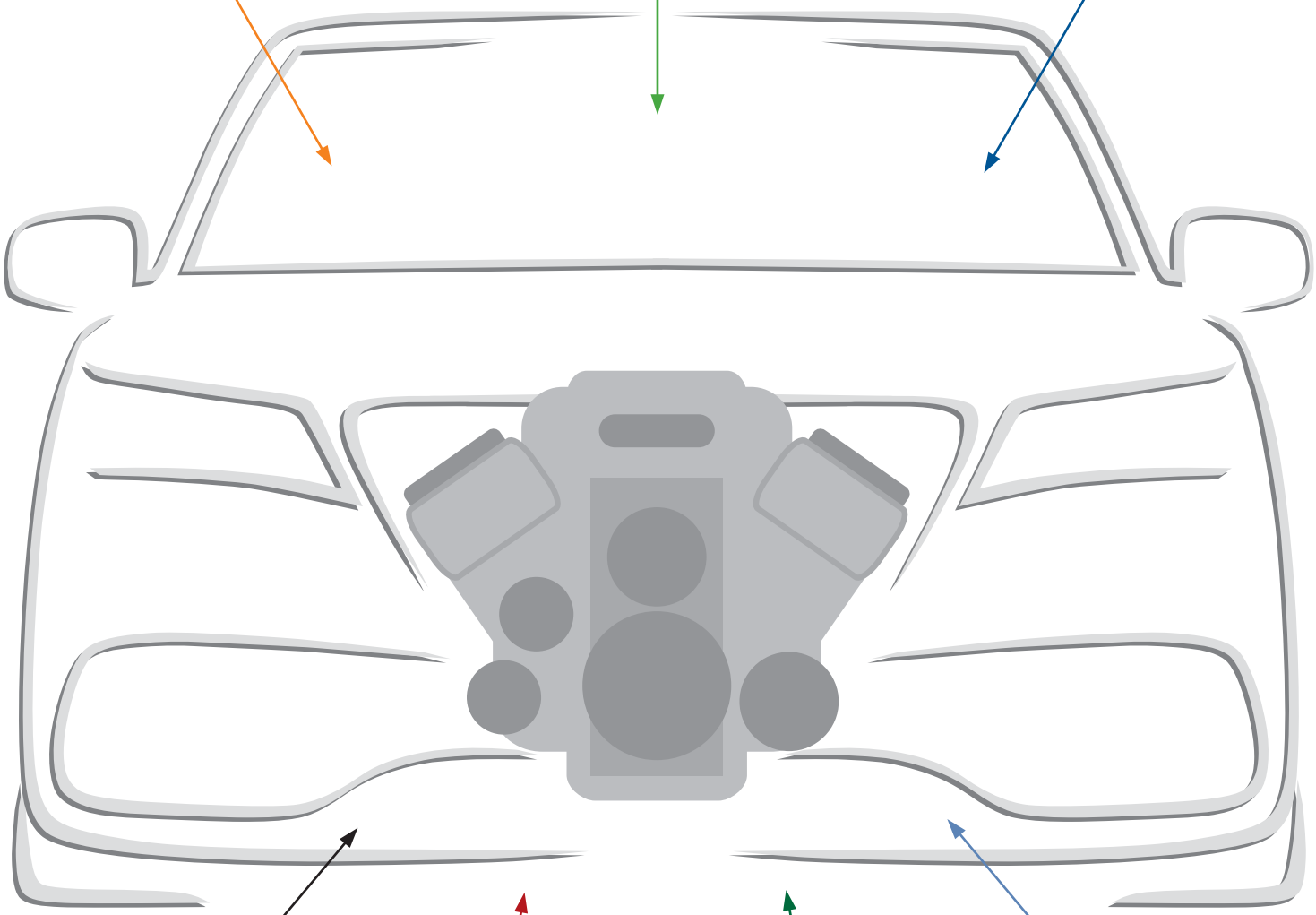
Road to 95



Vogel Business Media

Road to 95

Verbrauchsminderung / CO_2-Reduzierung



Downsizing
Schubumluftventile, Wastegate-aktuatoren und Druckregel-ventile für Abgasturbolader

Entdrosselung
Univalve, Flexvalve, Drosselklappen

Getriebeoptimierung
Getriebegleitlager, elektrische Ölpumpen

Bedarfsorientierte Nebenaggregate
regelbare Öl-, Kühlmittel- und Vakuumpumpen

Optimierte Verbrennung
AGR-Systeme, Luftpfadventile und -klappen und Abgasklappen

Reibleistungs-reduzierung
Kolben, Kolbenbeschichtungen, Ringe, Stahlkolben, Gleitlager und Lagerbeschichtungen, Zylinderbeschichtungen

Leichtbau
Strukturbauteile aus Aluminium, Zylinderkurbel-gehäuse, Zylinderköpfe aus Aluminium

ALLES SCHON GEKLÄRT?

JÜRGEN GORONCY, CHEFREPORTER »AUTOMOBIL INDUSTRIE«

Die politischen Vorgaben für den zukünftigen CO_2-Ausstoß in Europa sind endlich beschlossen. OEMs und Lieferanten können mit vereinten Kräften an Lösungen für effizientere Fahrzeuge arbeiten. Besonders wird der Antriebsstrang dabei im Fokus stehen. Doch ist die Rechnung vielleicht ohne den Wirt gemacht? Sprich ohne den neuen Testzyklus „World-Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure" (WLTP), der bereits 2017 eingeführt werden soll? Die 95 Gramm CO_2 werden in diesem Zyklus deutlich schwieriger zu erreichen sein. 130 statt 120 Kilometer pro Stunde, 23 statt 30 Grad Celsius Temperatur erleichtern die Aufgabe nicht. Insider erwarten, dass der Kraftstoffverbrauch zyklusbedingt um gut zehn Prozent ansteigt.

Dieses Special informiert Sie darüber, welche Produkte und Systeme die KSPG AG ihren Kunden auf dem Weg zu 95 Gramm CO_2 anbietet. Dass die Ingenieure in Neuss und Neckarsulm oft auf das richtige Pferd setzen, zeigte die diesjährige Preisverleihung vom amerikanischen Fachmagazin Ward's Auto World „Ten Best Engines" für die richtungsweisendsten Motoren Nordamerikas. Gleich sieben davon sind mit Komponenten von KSPG ausgerüstet.

AUTOMOBIL INDUSTRIE

Verlag
Vogel Business Media GmbH & Co. KG,
Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg

Postadresse
Vogel Business Media GmbH & Co. KG
97064 Würzburg
Tel.: +49-(0)931/418-0
http://www.vogel.de

Geschäftsführung
Stefan Rühling (Vorsitz),
Florian Fischer, Günter Schürger

Verlagsbereich Automedien
Geschäftsführer
Florian Fischer, DW -2430
Fax: -2772

Redaktion*
Chefredaktion
Claus-Peter Köth (kt), DW -2049

Redaktion
Thomas Günnel (thg), DW -2911
Christian Otto (cho), DW -2836
Michael Ziegler (mz), DW -2806

Autor dieser Ausgabe
Jürgen Goroncy

Assistenz/Leser- und Redaktionsservice
Julia Fischer, DW -2154
Zentral-Fax der Redaktion: -2779

Sonderpublikationen
Ute Jaxtheimer, DW -2207
Fax: -2355

Chefin vom Dienst
Regine Häusler, DW -2993

Layout
Agentur Print/Online

Verkaufsleitung
Christine Geist, DW -2241

Product-Marketing-Manager
Peter Voigt, DW -2271

Copyright: Vogel Auto Medien GmbH & Co.KG. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, digitale Verwendung jeder Art, Vervielfältigung nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion. Fotokopieren veröffentlichter Beiträge ist gestattet zu innerbetrieblichen Zwecken, wenn auf jedes Blatt eine Wertmarke der Verwertungsgesellschaft Wort, Abt. Wissenschaft, in 80336 München, Goethestraße 49, nach dem jeweils geltenden Tarif aufgeklebt wird.

Kommunikationsdaten:
*Telefoncode für Ansprechpartner (DW) +49-(0)931/418-<Durchwahl>,
*E-Mailcode für Ansprechpartner (bitte Schreibweise von Umlauten beachten!): <vorname>.<name>@vogel.de

RUBRIK

4 Ausgangssituation: 95 Gramm CO_2, hundertprozentig im Fokus

6 Interview: „Wir investieren in die Zukunft"

8 Reibleistungsreduzierung: Weg mit den Reibungsverlusten!

10 Abgasrückführung: Saubere und sparsame Kreislaufwirtschaft

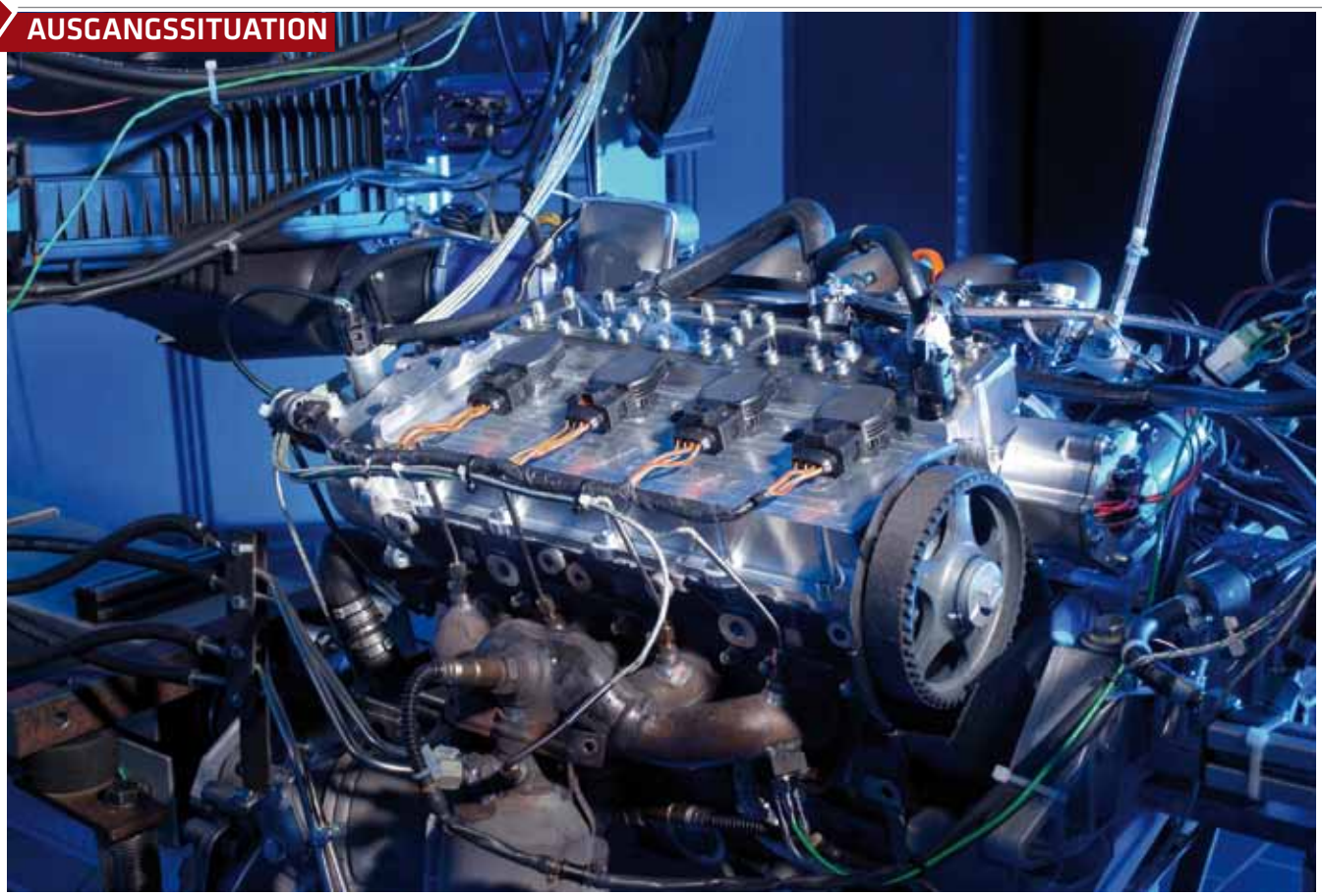
12 Bedarfsorientierte Nebenaggregate: Potenzial im Detail

13 Downsizing: Alles geregelt

14 Interview: „Die 95 Gramm sind nicht leicht zu erreichen"

16 Entdrosselung: Volle Flexibilität

18 Elektromobilität: Intelligenter Brückenbauer



Ventilsteuerungssysteme passen den Hub und die Steuerzeiten der Ventile an die aktuellen Leistungsanforderungen des Fahrers an.

95 GRAMM CO_2 HUNDERTPROZENTIG IM FOKUS

Das Europäische Parlament hat für das nächste Jahrzehnt strenge CO_2-Emissionsgrenzwerte beschlossen – samt empfindlichen Strafzahlungen für einen zu hohen Flottenverbrauch. Um die Emissionen auf die beschlossenen 95 Gramm CO_2 pro Kilometer zu verringern, stehen eine ganze Palette technischer Maßnahmen zur Verfügung.

– VON CLAUS-PETER KÖTH

Schon ab 2015 müssen die OEMs für jedes Gramm CO_2, das ihre Neufahrzeugflotte mehr als die aktuell geltenden 130 Gramm CO_2 pro Kilometer emittiert, Strafe zahlen. Für das erste Gramm sind pro verkauftem Auto fünf Euro fällig, für das zweite Gramm 15 Euro, für das dritte Gramm 25 Euro und ab dem vierten Gramm je 95 Euro. Bei einem Flottendurchschnittswert von 135 Gramm CO_2 pro Kilometer muss ein OEM also für jedes in der EU verkaufte Neufahrzeug 235 Euro Strafe bezahlen. Und später wird es noch teurer, da der Grenzwert für 95 Prozent aller neuen Pkw im Jahr 2020 auf 95 Gramm CO_2 pro Kilometer festgesetzt wurde. Ein Jahr später müssen dann alle Neuwagen diesen Wert erfüllen. Diese vom EU-Parlament Ende Februar verabschiedete Regelung gilt für die gesamte Flotte eines OEM. Die Hersteller können also höhere CO_2-Emissionen von hubraumstarken Motoren durch den Bau besonders sparsamer Fahrzeuge ausgleichen.

Im Mittel erreichten 2013 die Pkw-Neuzulassungen in Deutschland mit durchschnittlich 135,4 Gramm CO_2 pro Kilometer fast schon das ab 2015 geforderte CO_2-Limit von 130 Gramm. Allerdings: Projiziert man die in den letzten fünf Jahren erreichten Verbrauchsminderungen (-18,9 Gramm) in die

Zukunft, läge der deutsche Flottenverbrauch im Jahr 2020 immer noch bei etwa 112 Gramm CO_2 pro Kilometer. Bei 17 Gramm über dem Flottengrenzwert und 95 Euro Strafe pro „Überschreitungsgramm" wird deutlich, warum derzeit fieberhaft seitens der Lieferanten sowie der OEMs an der Serieneinführung weiterer Einsparpotenziale gearbeitet wird.

Da die Innendurchmesser von Gleitlagern kaum zu reduzieren sind, werden aus Gründen der Reibungsminimierung Lagerbreiten gesenkt. Die damit verbundene höhere spezifische Belastung wird auf diesem Prüfstand untersucht.

VIELE MÖGLICHKEITEN

Denn Potenziale waren und sind da. So „verbrauchen alle aktuellen Porsche-Modelle bis zu 18 Prozent weniger Kraftstoff als die jeweiligen Vorgängermodelle", zieht Wolfgang Hatz, Entwicklungsvorstand bei Porsche, eine Art Zwischenbilanz. Wichtige Ansatzpunkte sind beispielsweise Leichtbau, eine verbesserte Aerodynamik, eine allgemein verbesserte Systemeffizienz und neue Antriebsstrang-Konfigurationen. 100 Kilogramm weniger Masse beispielsweise lassen den Verbrauch eines Pkw um bis zu 0,3 Liter pro 100 Kilometer sinken. Zielführend sind auch neue Bauteilgeometrien – etwa nach bionischen Prinzipien – oder neue Werkstoffe. Rohkarosserien bestehen nicht mehr nur aus Stahl, sondern oft aus einem Mix verschiedener Werkstoffe, wie etwa Stahl, Aluminium, Kunststoff oder neuerdings sogar aus Verbundfaser-Werkstoffen wie CFK – siehe den neuen BMW i3.

Auch bei der Aerodynamik sind große Fortschritte zu verzeichnen, neue Pkw erreichen vor Jahren noch für unmöglich gehaltene c_w-Werte von 0,22 (Mercedes-Benz CLA 180 Blue Efficiency) oder 0,23 (Mercedes-Benz S 300 Bluetec Hybrid). Laut Dr. Teddy Woll, Leiter Aerodynamik bei Mercedes-Benz, bedeutet „eine Verbesserung des c_w-Wertes um 0,01 im Fahrzyklus (NEFZ) immerhin ein Gramm CO_2 pro Kilometer, im gemittelten Realverbrauch sind es schon zwei Gramm und bei 150 Kilometern pro Stunde bereits fünf Gramm CO_2 pro Kilometer".

Noch mehr Kraftstoff lässt sich direkt an der Quelle, im Antriebsstrang einsparen. Ein eleganter, wenn auch noch aufwendiger, Weg ist ein zusätzlicher Elektro-Traktionsmotor, der im Hybridantrieb die Kennfeld-Schwächen des Verbrennungsmotors ausgleicht. Ein Elektroantrieb mit Range Extender sorgt für mehr Reichweite, ohne dass die teure und schwere Batterie größer wird.

Hohes Einsparpotenzial bieten auch Downsizingmotoren, die durch weniger Hubraum, Reibung und Masse sowie direkte Einspritzung und Aufladung deutlich sparsamer agieren als die vergleichbaren hubraumstärkeren Saugmotor-Pendants. Effizienzgewinne können auch die Getriebehersteller für sich verbuchen. Automatikgetriebe mit neun Gängen wie etwa von Daimler oder ZF agieren im zweistelligen Prozentbereich effizienter als die Vorgänger-Automaten mit sechs oder sieben Fahrstufen. Bei der Gangzahl könnte allmählich aber die Grenze erreicht sein, da sich inzwischen die berechtigte Frage stellt, ob ein höherer Wirkungsgrad verbunden mit weniger Gewicht und Komplexität nicht zielführender ist. Beispielsweise stecken in den Verzahnungen, in den Lagerstellen und dem Hydraulikkreislauf des Getriebes laut dem Ingenieursdienstleister IAV noch Optimierungspotenziale für etwa 2,5 Gramm weniger CO_2 pro Kilometer.

BEDARFSORIENTIERTE SYSTEME

Fast schon simpel mutet da die Idee des Start-Stopp-Systems an, das den Verbrennungsmotor automatisch ausschaltet, wenn er nicht benötigt wird – etwa im Stau oder an der Bahnschranke. Auf diese Weise lässt sich nach Angaben des Zulieferers Bosch der NEFZ-Verbrauch um bis zu acht Prozent senken, im realen Stadtverkehr teilweise sogar bis zu 15 Prozent. Nach einer Studie von Pike Research soll bis zum Jahr 2020 die Flotte an Start-Stopp-fähigen Fahrzeugen auf etwa 190 Millionen Einheiten anwachsen.

Die Start-Stopp-Technik ist Stellvertreter für einen künftigen Megatrend: den zu bedarfsorientierten Systemen, die nur genutzt werden, wenn sie benötigt werden. Unter diese Kategorie fallen zum Beispiel die elektrisch angetriebenen Kühlmittel- und Ölpumpen von KSPG, die ohne starren Riementrieb Kühl- oder Schmiermittel nur dann fördern, wenn es erforderlich ist. In die gleiche Richtung zielen auch vollvariable Ventiltriebe, die den Hub und die Steuerzeiten der Ventile an die aktuellen Leistungsanforderungen des Fahrers anpassen. UniValve und FlexValve sind zwei Beispiele dafür, die neben variablen Ventilhüben und Steuerzeiten auch eine Zylinderabschaltung realisieren – noch so eine bedarfsgerechte Funktion. Beide Systeme kennzeichnen eine konsequente Reibungsminimierung, was auch vielen anderen Motorkomponenten – wie Kolben, Kolbenbolzen, Zylinderlaufflächen und Lagern – gut zu Gesicht steht.

KSPG hat ermittelt, dass zum Beispiel im Ottomotor die Kolbengeometrie, die Kolbenringpakete und diese Maßnahmen mit plasmabeschichteten Zylinderlaufflächen kombiniert noch einmal 2,3 Gramm CO_2 pro Kilometer einsparen. Selbst Produkte wie Schubumluftventile, AGR-Ventile, Gleitlager mit minimalem Ölverlust oder Kolben mit ausgetüftelten Ringträgern und Kühlkanälen können indirekt den Kraftstoffverbrauch senken – indem sie den Einsatz anderer effizienter Komponenten ermöglichen. Alles in allem arbeiten die Automobilhersteller und Zulieferer fieberhaft daran, das Ziel 95 Gramm CO_2 pro Kilometer fristgerecht zu erreichen.

„WIR INVESTIEREN IN DIE ZUKUNFT“

→ Zur Person

Horst Binnig (55) studierte an der Berufsakademie Stuttgart Maschinenbau. Danach arbeitete er bis 1983 bei KACO Elektrotechnik in Heilbronn im Spezialmaschinenbau. 1999 wechselte er zu Kolbenschmidt Pierburg und war zunächst in China aktiv. 2001 übernahm er die Geschäftsführung der KS Aluminium-Technologie, später zusätzlich auch des Kolbengeschäfts. 2011 war er für die neu gegründete Division Hardparts (Aluminium-Technologie, Kolben, Gleitlager) verantwortlich und wurde ein Jahr später in den Vorstand berufen. Seit 2014 ist er Vorstandsvorsitzender der KSPG AG.

Emissionsreduzierung wird ein Mega-Thema der künftigen Automobilentwicklung bleiben. In diesem Exklusivinterview erläutert Horst Binnig, seit 01.01.2014 neuer Vorstandsvorsitzender der KSPG AG, seine Ansichten über technische und wirtschaftliche Trends sowie die Antworten der KSPG darauf.

Für was steht die KSPG AG heute?

Wir sind aus unserer Historie heraus ein Motorenspezialist, und das Gros unserer Produkte hat mit dem Antrieb zu tun. Man kann also durchaus sagen, dass unser Herz – als Unternehmensidentität – für den Antrieb unserer Kunden schlägt. Wir haben dabei eine im Wettbewerb ziemlich einzigartige Produktmischung. Sie besteht zunächst aus den „Hardparts“-Produkten von Kolbenschmidt, also Kolben, Gleitlager, Motorblöcke und Zylinderköpfe. Produkte, die es gibt, seit es Motoren gibt. Insbesondere in den aufstrebenden Märkten der Welt bescheren sie uns weiterhin erfreuliche Wachstumsraten. Zweites wichtiges Segment der KSPG ist unsere Mechatronics-Sparte Pierburg, ein derzeit noch eher euro-

pazentriertes Thema, bei dem es vorrangig um Schadstoff-, Verbrauchs- und Emissionsreduzierung geht. Drittes Standbein ist unser Aftermarket-Geschäft von Motorservice, das die Motoreninstandsetzer und Großhändler mit unseren Produkten und Produkten von anderen Herstellern beliefert.

Wie erwarten Sie im Jahr 2020 die automobile Welt?

Generell müssen wir künftig noch enger und intensiver mit unseren Kunden zusammenarbeiten. Außerdem erwarte ich einiges von den Märkten, bei denen das Umweltbewusstsein – manchmal auch gezwungenermaßen – wachsen wird. Für diese Anforderungen sind viele kraftstoff- und schadstoffsenkende Produkte von KSPG wie geschaffen. Die Elektromobilität wird ihre stärksten Impulse aus den asiatischen Megacitys erfahren. Über all diese Themen dürfen wir aber den Fahrspaß nicht vergessen, der weiterhin einen großen Anteil am „Erlebnis Autofahren" haben wird.

Wird die Verbrauchsreduzierung weiterhin so wichtig bleiben?

Ja, die verschiedenen Vorgaben zum CO_2-Ausstoß werden auch künftig ein richtiges Konjunkturprogramm – speziell für die Zulieferer – bleiben. Sie haben in jüngster Vergangenheit einen unglaublichen Innovationsschub ausgelöst, der weiter anhalten wird.

Welche Produktbereiche von KSPG werden unter diesen Vorzeichen besonders wachsen?

Wir haben ein ausgewogenes Produktprogramm und in zukunftsträchtige Geschäfte investiert. Etwa mit unserem Großkolben-Werk in China für Schiffe, Kraftwerke und Schienenfahrzeuge, mit dem Ausbau unserer Produktion von Lkw-Stahlkolben sowie von Pumpen und Gleitlagern in Mexiko, der Entwicklung von Pkw-Stahlkolben in Neckarsulm oder dem neuen Werk für Mechatronics-Produkte in Neuss. Auch Technologieträger wie unser Range-Extender-Prototyp sind wichtig für uns, ebenso wie unsere variablen Ventiltriebe und das Thema Wärmemanagement in allen Arten von Fahrzeugen.

Warum investierte KSPG in ein komplett neues Werk in Neuss?

Erstens haben Pierburg und die Pierburg Pump Technology in den letzten Jahrzehnten stark von der zunehmenden Elektrifizierung von Motorkomponenten profitiert. Die innovativen Produkte dafür sind in der Regel sehr komplex und erfordern eine starke Technologieorientierung und eine hoch automatisierte Montage. Diese Faktoren – zusammen mit den optimalen internen und externen Infrastrukturen in Neuss – sprachen für ein neues Werk am Standort Deutschland.

Zweitens haben wir in dem neuen Werk bisher auf die Standorte Nettetal und Neuss verteilte Produktionskapazitäten unter einem Dach zusammengeführt. So konnten wir unsere hoch qualifizierten Mitarbeiter halten, die ein wesentlicher Garant für unseren Erfolg sind.

Dritter Punkt ist die künftige Rekrutierung von Fachkräften. Schon heute ist absehbar, dass es mittelfristig deutlich weniger Schüler mit einem Mittel- und Oberstufen-Schulabschluss geben wird, folglich auch weniger Ingenieure, Techniker und Facharbeiter. In Neuss können wir von einem funktionierenden Bildungsnetzwerk profitieren, beispielsweise arbeiten wir eng mit der RWTH Aachen zusammen.

Wie schätzen Sie die mittelfristige Entwicklung der Automobilmärkte ein?

Der Fahrzeugbesatz ist in den meisten Ländern noch relativ schwach ausgeprägt und wird vor allem in den Wachstumsmärkten rasant zunehmen – besonders in China, wo die Regierung gute Rahmenbedingungen schafft. Hier ist Indien noch im Hintertreffen, vor allem beim Ausbau des Straßennetzes. Nordamerika hat sich erstaunlich gut erholt und einen gewissen Nachholbedarf. Südamerika ist wirtschaftlich eher volatil, Westeuropa hat sich wieder stabilisiert, Russland könnte interessant werden.

Horst Binnig im Gespräch mit der »AI«.

„Wir werden in China unsere Werke und Entwicklungsaktivitäten weiter ausbauen." Horst Binnig

Wie reagiert KSPG auf die unterschiedlichen Marktprognosen?

In Nordamerika erweitern wir unser Portfolio selektiv um vom Markt gefragte Applikationen und werden unsere F&E-Ressourcen in Auburn Hills stärken. In Südamerika fehlt derzeit etwas das Wachstum, und wir werden die Preiskriege dort nicht mitmachen.

In China haben wir inzwischen neun Werke – vorwiegend für Hardparts – aufgebaut und sind in den letzten Jahren satt zweistellig gewachsen. Dies geschieht bisher überwiegend im Rahmen von Joint Ventures mit der HASCO, einer Tochtergesellschaft des Automobilherstellers SAIC. Aber künftig werden wir verstärkt mit unseren eigenen Tochtergesellschaften in China auftreten und wachsen.

Das heißt mit noch mehr Werken?

Eindeutig ja. Zusätzlich werden wir in Shanghai unsere Entwicklungsaktivitäten weiter ausbauen

Und Indien?

Seit vielen Jahren sind wir in Indien an einem Hersteller von Kolben für Pkw-, Lkw- und Landmaschinenmotoren beteiligt. Dieses Geschäft läuft sehr gut. In einem anderen Werk produzieren wir Gleitlager und Pumpen. Allerdings sehe ich derzeit keinen nachhaltigen Wachstumspfad in Indien, da der Automobilmarkt vor allem an der unterentwickelten Straßeninfrastruktur krankt.

Welchen Schub erwartet KSPG von der Elektromobilität?

Die Elektromobilität wird uns künftig noch viele Optionen bieten, auch wenn die frühere Euphorie völlig verschwunden ist. Wenn es den Chinesen gelingt, die Infrastruktur zur Energieversorgung der Elektromobilität zu gewährleisten, wird sie vor allem in den dortigen Megacitys massiv kommen. Darauf sollte auch die europäische Automobilindustrie vorbereitet sein. Wir betrachten die dortige Entwicklung ganz genau.

WEG MIT DEN REIBUNGS-VERLUSTEN!

Reibungsreduzierung ist ein wichtiger und richtiger Lösungsansatz zur CO_2-Verminderung. Alle OEMs und Lieferanten beschäftigen sich in fast allen Produkten damit. Kolbensysteme und Lager bieten besonders viel Potenzial.

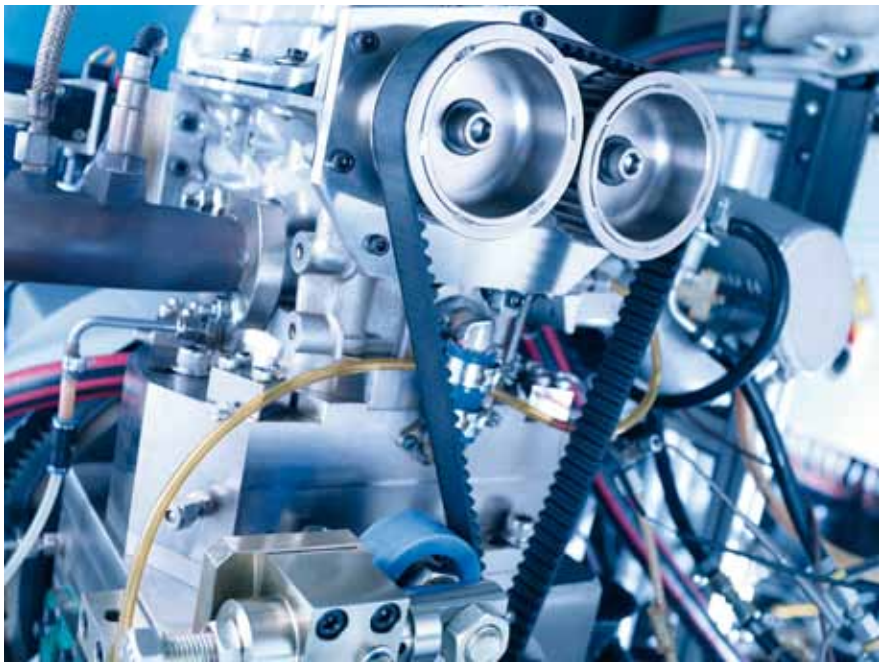
Traditionell widmet KSPG dem Kolben große Aufmerksamkeit. Die Optimierung des Kolbenschafts, die Beschichtung von Gleitflächen, eine steifigkeitsoptimale Konstruktion sowie ein akribisch abgestimmtes Kolbenringpaket können unmittelbar die Reibleistung senken.

„Im Detail bieten wir verschiedene Maßnahmenpakete für Otto- und Dieselmotoren an, die jeweils die hydrodynamische und Mischreibung am Kolbensystem verringern", erläutert Ralf Buschbeck, Leiter Entwicklung & Technologie der KSPG-Tochter KS Kolbenschmidt GmbH. Ein Baustein ist die akribische Bestimmung der Schaftflächen. So hat das Unternehmen für Aluminiumkolben von Ottomotoren asymmetrische Schaftflächen entwickelt, die den Seitenkraftverhältnissen auf Druck- und Gegendruckseite des Zylinders genau entsprechen. Die verringerte Schaftfläche auf der Druck- und Gegendruckseite sorgt für bis zu 28 Prozent geringere Reibung.

46 PROZENT WENIGER REIBUNG

Optimiert man zusätzlich noch die Feingeometrie des Kolbenschafts, sein hydrodynamisches Verhalten, das Kolbenspiel und die Schaftbeschichtung, lässt sich die Reibung in Summe um bis zu 46 Prozent reduzieren, wie „Floating Liner"-Messungen am befeuerten Motor bestätigen. Diese Innovation wurde bereits sukzessive mit dem Liteks-Aluminiumkolben eingeführt.

Doch auch andere Bauteile bieten weitere Innovationen wie etwa optimierte Kolbenringpakete und plasmabeschichtete Zylinderlaufflächen im Zylinderkurbelgehäuse. Ein derartiges Paket wurde mit einem OEM bereits auf die Wirksamkeit bezüglich Reibungsminimierung detailliert untersucht. „Das Resultat ist beeindruckend: 1,9 Prozent weniger Kraftstoffverbrauch im NEFZ, das sind umgerechnet 3,3 Gramm CO_2 pro Kilometer weniger, basierend auf einem handgeschalteten Fahrzeug des B-Klasse-Segments", weiß Buschbeck zu berichten. „In einzelnen Betriebspunkten des Motors sind sogar drei bis fünf Prozent



Mit diesem Reibleistungs-Prüfstand wurden die Reibungsmessungen durchgeführt.

→ REIBUNGSVERLUSTE EXAKT ANALYSIEREN

In Neckarsulm wurde ein Reibleistungs-Prüfstand installiert, mit dem Ingenieure – übrigens als erster Zulieferer europaweit – die Reibungsverluste des Kolbensystems exakt analysieren können. Dazu ist das Prüfsystem mit einem Einzylindermotor nach dem Floating-Liner-Prinzip ausgestattet, der mit bis zu 3.000 Umdrehungen pro Minute und mehreren Reibkraftsensoren die Reibung zwischen Kolbenringen, Kolben und Zylinderlaufflächen misst.

Kraftstoffeinsparung möglich." Dies ist umso bemerkenswerter, als die technische Basis des Demonstrationsmotors, ein Serien-Ottomotor mit 1,6 Liter Hubraum, bereits Downsizing auf dem aktuellsten Stand bietet.

Da neue Verbrennungs- und Motorenkonzepte die Kolben künftig noch stärker fordern werden, ist das partielle Umschmelzen des Kolbenmuldenrands eine zukünftige Schlüsseltechnologie. Auch die Einführung neuer Entwicklungstechniken wie etwa des bionischen Designs wird forciert. Genauso wichtig wird aber auch eine ganzheitliche Betrachtung des Kolbensystems sein, vom Kolben über die Ringe und den Bolzen bis hin zur Zylinderlaufbahn.

Neben zwei von OEMs eingesetzten Beschichtungsverfahren für Zylinderlaufflächen, hat sich das PTWA-Verfahren (Plasma Transferred Wire Arc) als serienreif und stabil herausgestellt. Bisher werden damit Sportwagenmotoren mit geringer Stückzahl auf Prototypenanlagen beschichtet. Ab 2015 wird KSPG mit PTWA-beschichteten Zylinderlaufflächen auf dem Markt präsent sein. Die Startstückzahl wird dann bereits mehr als 50.000 Kurbelgehäuse pro Jahr betragen. Neben der Verringerung der Reibleistung senkt die Beschichtung den Verschleiß und erhöht die Korrosionsbeständigkeit.

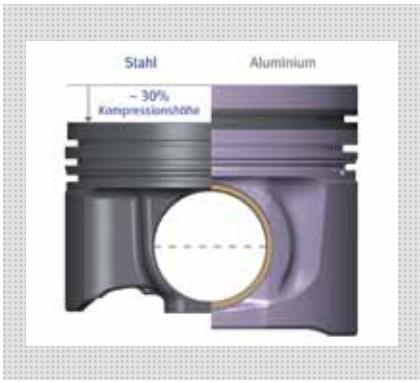
Ralf Buschbeck: „Wir bieten Maßnahmenpakete für Otto- und Dieselmotoren an, die die hydrodynamische und Mischreibung am Kolbensystem verringern."

STAHLKOLBEN FÜR PKW-DIESEL-MOTOREN

Ein anderer Ansatz zur Reibungsreduzierung sind Stahlkolben für Pkw-Dieselmotoren. Bei warmen Betriebstemperaturen weisen sie vorteilhafte Spielbedingungen auf, und außerdem reicht ihnen im Vergleich zu herkömmlichen Aluminiumkolben eine nur halb so große Schaftfläche. Die daraus resultierende Reibungsminimierung und weitere Vorteile führen in zyklusrelevanten Betriebspunkten (geringe Drehzahlen, kleine Lasten) zu maximal vier Prozent Kraftstoffeinsparung im Vergleich zu Diesel-Aluminiumkolben. Im NEFZ bleiben davon für einen Vierzylindermotor immerhin 2,5 Gramm CO_2 pro Kilometer übrig. Für Stahlkolben sieht man in Neckarsulm vorrangig bei großvolumigen Pkw-Dieselmotoren mit höchsten Anforderungen an die Effizienz einen Markt.

Allerdings bieten auch Aluminiumwerkstoffe noch Entwicklungspotenzial. So werden aktuell neue hochwarmfeste Aluminiumlegierungen in die Serie eingeführt, die durch extrem kleine Zirkon- und Vanadium-Aluminid-Ausscheidungen dem Kolben zu einer um 25 Prozent verbesserten Hochtemperaturfestigkeit verhelfen und so mehr Spielraum für neue Downsizing-Konzepte lassen. Eine zusätzliche Beschichtung der Kolben-oberflächen mit verschleiß- und reibungsmindernden Nanopartikeln ist bei Aluminiumkolben für Ottomotoren bereits in Serie und wird sukzessive auch bei Dieselaggregaten eingesetzt.

Direkt reibungsmindernd wirken auch Gleitlager. Im Motor sind unter anderem die Kurbelwelle und Pleuel traditionell gleitgelagert. Da die Innendurchmesser dieser Lagerstellen aus konstruktiven Gründen üblicherweise kaum zu reduzieren sind, realisieren die Ingenieure Reibungsminimierungen hauptsächlich durch geringere Lagerbreiten. Die damit verbundene höhere spezifische Belastung erfordert Gleitlager mit leistungsfähigeren Lagerwerkstoffen und Gleitschichten.



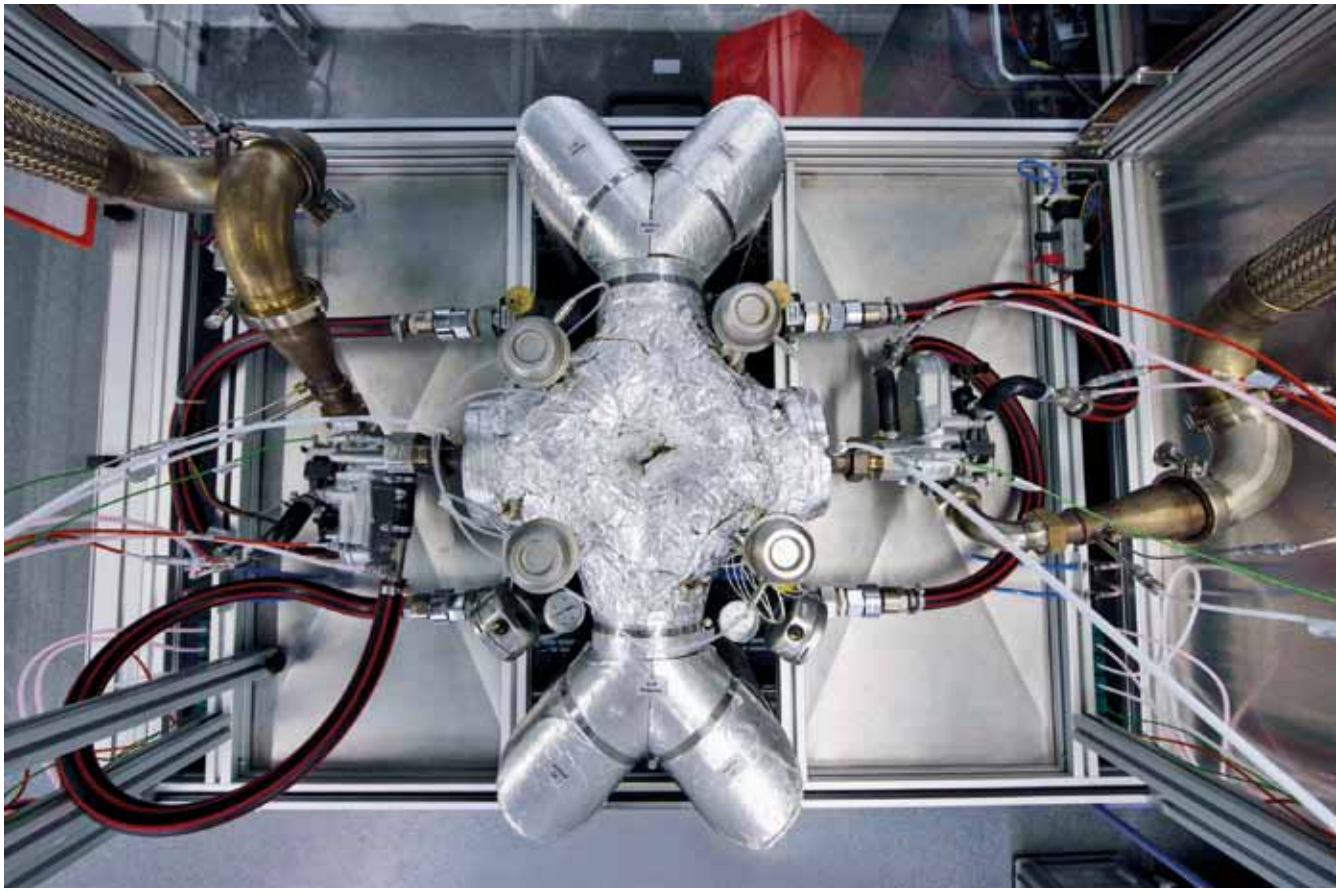
Größenvergleich von Stahl- und Aluminiumkolben für Pkw-Dieselmotoren.

MODERNE GLEITLAGER FÜR MODERNE MOTOREN

Viel Aufmerksamkeit widmen die KSPG-Entwickler auch der Tribologie zwischen den bewegten Oberflächen. Denn reißt der Ölfilm ab, läuft das Lager phasenweise und lokal in sogenannten Mischreibungszuständen, was einen verschleißintensiven Kontakt der beiden Reibpartner bedeutet. In modernen Fahrzeugmotoren mit Start-Stopp-Funktion wird dieses Szenario geradezu provoziert. Spezielle Gleitschichtkompositionen wie elektrochemisch aufgetragene Zinn-Kupfer-Laufschichten auf Bronzelagern und polymere Schichten auf Aluminiumlagern lösen das Problem und sind bereits in Serie.

Neben den Maßnahmen zur direkten Reibungsminderung unterstützen neue, robuste Gleitlagerlösungen weitere Reibungsminderungsmaßnahmen über niedrigviskose Motorenöle und verlustminimierte Nebenaggregate, wie etwa die Ölpumpe.

Dadurch erscheint in Summe im Motor eine Minderung der Reibleistung und damit ist eine CO_2-Reduktion von etwa drei Gramm pro Kilometer erzielbar. Mittelfristig sieht man noch weiteres Einsparpotenzial durch Optimierung von weiteren Lagerstellen im Antriebsstrang und in den Nebenaggregaten.



Heißgasprüfstand für AGR-Kühler.

SAUBERE UND SPARSAME KREISLAUFWIRTSCHAFT

Die Abgasrückführung (AGR) wurde in den 1970er-Jahren ursprünglich als Technik zur Stickoxid- und Kraftstoffeinsparung entwickelt. Später stand vor allem bei Dieselmotoren die Reduzierung der Stickoxide im Vordergrund. In letzter Zeit erfährt die AGR bei Ottomotoren als Kraftstoff- und CO_2-Sparmaßnahme ein Revival.

Bei modernen Downsizing-Ottomotoren sind mit der AGR je nach Konzept und Entwicklungsstand Einsparungen von etwa zwei Prozent möglich. „Neben der internen AGR (durch variablen Ventiltrieb) und der externen Hochdruck-AGR hat sich in den letzten Jahren mit der Niederdruck-AGR eine dritte Variante etabliert. Sie ist bisher nur bei Dieselmotoren im Einsatz, wo sie zur NO_x-Reduzierung genutzt wird", so Michael Pachmann, Leiter Business Unit Automotive Emission Systems von Pierburg.

Gegenwärtig wird bei turboaufgeladenen Ottomotoren als AGR-Variante fast immer die Hochdruck-AGR favorisiert. Die Effektivität der Verbrennung wird zwar durch die etwas gekühlte Verbrennung leicht gesenkt, die deutlichen Gewinne durch die reduzierten Drosselverluste im Teillastbetrieb bringen die Energiebilanz jedoch wieder in den grünen Bereich. Die Abgase werden bei turboaufgeladenen Motoren vor dem Turbolader entnommen und nach der Drosselklappe wieder

eingeleitet. Der Abgasgegendruck bewegt sich meist zwischen zwei und drei Bar. Das Abgas ist bis zu 700 Grad Celsius heiß.

Zurzeit arbeiten die Entwicklungsingenieure der Motorenbauer an Ottomotoren mit hoher Aufladung und sehr hohen Verdichtungsverhältnissen (bis zu 14). Die hohe Verdichtung erhöht zwar deutlich den Wirkungsgrad des Motors, aber auch die Klopfneigung mit der Gefahr der unkontrollierten, selbst eingeleiteten Verbrennung. Deshalb setzen die Motorenentwickler konsequent auf die Niederdruck-AGR, die der Klopfneigung entgegenwirkt. Motoren mit diesem Konstruktionsprinzip werden, je nach Betriebsbedingungen, fünf bis sechs Prozent weniger Benzin verbrauchen.

GEKÜHLTE AGR

Das Abgas mit etwa 550 bis 600 Grad Celsius wird nach dem Turbolader aus dem Massenstrom entnommen und vor dem Verdichter wieder eingeführt. Das rückgeführte Abgas wird in einem Wärmetauscher auf weniger als 150 Grad Celsius gekühlt, da die nachfolgenden Bauteile wie Verdichter und Ladeluftkühler geschützt werden müssen. Weil das Abgas nach dem Turbolader auf etwas mehr als Umgebungsdruck entspannt ist (daher der Begriff Niederdruck-AGR), reicht das Druckgefälle in der AGR-Regelstrecke nicht immer aus, um das Gas optimal in die Saugseite einzuleiten. Deshalb wird mithilfe von Abgasklappen der Kanalquerschnitt variabel verstellt und so ein Gegendruck zum Abgas erzeugt, um dieses in die Niederdruck-AGR-Strecke abzuleiten. Zur Regelung der Rückführung ist zusätzlich ein AGR-Ventil mit großem Öffnungsquerschnitt erforderlich. Die Abgasklappen hat Pierburg auch im Portfolio.

„Die gekühlte AGR erschließt noch ein weiteres Effizienzpotenzial: Der in der AGR-Strecke zwischengeschaltete Wärmetauscher kühlt das Abgas um mehrere hundert Grad Celsius ab. Dadurch steigt die Dichte des AGR-Frischluft-Gemischs auf der Ansaugseite und somit der Sauerstoffgehalt im Brennraum", erklärt Pachmann.

Hohe Temperaturen (bis zu 800 Grad Celsius bei Dieselabgas), hohe AGR-Durchsatzraten (bis zu 150 Kilogramm pro Stunde) und präzise Kleinstmengen (von weniger als ein Kilogramm pro Stunde), kurze Öffnungs- und Schließzeiten (50 bis 60 Millisekunden) und Verschmutzungsgefahr durch schlechte Kraftstoffe erfordern resistente Werkstoffe aus hochlegiertem Chrom-Nickel-Stahl für die Führungen, Stangen, Schaftabdichtungen und Steuer-Kegel der AGR-Ventile. Die Aktuatoren der Ventile werden außerdem mit der Kühlflüssigkeit des Motors gekühlt.

Bereits seit den 1970er-Jahren liefert KSPG AGR-Ventile, zunächst pneumatisch angesteuert, später mittels Hubmagneten und heute überwiegend elektromotorisch angesteuert. Denn per Elektromotor arbeiten die AGR-Ventile schneller und können auch Abgas-Kleinstmengen exakt dosieren. „Allerdings sind in Märkten mit einer bislang weniger strikten Abgasgesetzgebung – wie etwa Indien – neben den pneumatischen Ventilen auch AGR-Ventile mit Magnetsteuerung noch sehr gefragt. Für Emissionsgrenzen auf dem Niveau von EU5 oder EU6 sind aber elektromotorische AGR-Ventile erforderlich", stellt Michael Pachmann fest.

2013 fertigte Pierburg in Summe knapp sechs Millionen AGR-Ventile und komplette Module mit Kühler und Bypassleitung. Künftig rechnet man auch bei Ottomotoren – vor allem in Asien und Nordamerika – mit einer regen Nachfrage.

Michael Pachmann: „Die AGR ermöglicht den Motorenbauern sparsame und saubere Motoren."

POTENZIAL IM DETAIL

„Viele kleine Schritte führen zum Erfolg“: Diese Volksweisheit passt auch für die viel zitierte Motorperipherie, wenn es um den CO_2-Ausstoß geht. Pumpen leisten ihren Beitrag zur Einsparung.

Tobias Kasperlik ist von den Vorteilen der elektrischen Kühlmittelpumpe überzeugt.

Elektrische Kühlmittelpumpen halten in erster Linie den Kühlkreislauf des Motors in Schwung und machen dies inzwischen so perfekt, dass im Vergleich zu den bisherigen starren mechanischen Kühlmittelpumpen der Kraftstoffverbrauch im NEFZ um bis zu drei Prozent sinkt. Das liegt hauptsächlich daran, dass im Gegensatz zum konventionellen mechanischen Antrieb ein bedarfsgerechter und damit effizienter Kühlvolumenstrom unabhängig von der Motordrehzahl erzielt werden kann. Darüber hinaus eröffnen die variablen Förderzeiten und Fördermengen viele Möglichkeiten für ein ausgeklügeltes Thermomanagement des Motors. Hier sieht Tobias Kasperlik, Leiter des Geschäftsbereichs Pierburg Pump Technology, auch in Zukunft noch erhebliches Einsparpotenzial.

Weitere Vorteile der elektrifizierten Kühlmittelpumpen sind der Entfall des Riemenantriebs und dadurch bedingt die Möglichkeit einer freien Positionierung am Motor oder Chassis.

Außer für die Motorkühlung entwickelt und produziert Pierburg Pump Technology elektrische Kühlmittelpumpen zum Beispiel für die Kühlung der Ladeluft des Turboladers oder die Kühlung des rückgeführten Abgases, um den NO_x-Ausstoß zu verringern. In künftigen Hybrid- und Elektrofahrzeugen werden Kühlmittelpumpen, die in Neuss entwickelt werden, zusätzlich den Wärmehaushalt von Batterien, Konvertern, der Leistungselektronik und elektrischen Antriebsmotoren stabilisieren.

Das Unternehmen fertigt für verschiedene Kunden aktuell insgesamt etwa acht Millionen elektrische Kühlmittelpumpen pro Jahr. Der Markt für diese Anwendungen wächst ständig, da vor allem größere Fahrzeuge mit großvolumigen Motoren auf die Erschließung möglichst vieler Effizienzpotenziale unter anderem durch Einsatz von regelbaren Kühlmittelpumpen angewiesen sind, um die künftigen Emissionsziele erfüllen zu können.

Pierburg hat ein halbes Jahrhundert Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Vakuumpumpen. Seit den 1960er-Jahren versorgen diese Pumpen zuverlässig den Bremskraftverstärker und alle anderen pneumatischen Systeme mit Unterdruck. 2013 fertigte KSPG etwa 4,2 Millionen Einheiten und profitiert dabei vom Boom der Ottomotoren mit Direkteinspritzung und Aufladung, die kaum noch Unterdruck liefern. „Besonders in Europa ist der Markt für diese Technik rasant gewachsen. Künftig erwarten wir vor allem in den Regionen Nordamerika, China und Indien rege Nachfrage“, so Tobias Kasperlik.

Kein Wunder, schließlich wurden die Vakuumpumpen dank der vorhandenen Erfahrung laufend optimiert. So arbeitet die neueste Generation der Vakuumpumpen bis zu 50 Prozent effizienter als die Vorgängergeneration. Umgerechnet sind das im NEFZ 0,4 bis 1 Gramm weniger CO_2 pro Kilometer. Eine neue Tendenz ist die Integration von Öl- und Vakuumpumpe in einem Modul. Mit dieser Technologie ist es möglich, Bauraum zu sparen und die Effizienz im Motor zu verbessern.

Bei den Ölpumpen reduzieren zweistufige oder immer häufiger variabel regelbare mechanische Systeme – inklusive Closed-Loop-Regelung und Drucksensoren – die Leistungsaufnahme und sorgen so für weniger CO_2-Ausstoß. Auch werden elektrische Ölpumpen bereits für Getriebesteuerungen eingesetzt. Die Einsatzgebiete elektrischer Ölpumpen in Getrieben sind vielfältig. Beispielsweise dienen sie in Getrieben von Hybridfahrzeugen dazu, den hydraulischen Druck aufrechtzuerhalten, wenn der Motor nicht in Betrieb ist, also vor allem bei Start-Stopp-Vorgängen und im Betriebsmodus des sogenannten „Segelns“. In Automatikgetrieben setzt man sie als Zusatzpumpe ein, sodass die mechanische Pumpe kleiner ausfallen kann. Bei Schaltgetrieben mit nasser Kupplung, beispielsweise in Doppelkupplungsgetrieben, dienen elektrische Ölpumpen zu Kühlzwecken.

ALLES GEREGELT

Magnetventile spielen nicht nur bei Einspritzsystemen eine entscheidende Rolle. Auch in der Motorperipherie leisten sie einen Beitrag, Motoren noch effizienter zu gestalten und somit CO_2 einzusparen.

Schubumluft- und Ladedruck-Regelventile tragen zwar nicht direkt zur Effizienzsteigerung bei, sondern ermöglichen mit ihren Funktionalitäten den Einsatz von anderen Nebenaggregaten – in diesem Fall von Turboladern – die dann konsequent den Motor auf Effizienz trimmen.

Schubumluftventile werden überwiegend für Ottomotoren eingesetzt. Denn bei schließender Drosselklappe fördert der Turbolader die Luft in einen quasi geschlossenen Raum. Der Luftdruck steigt stark an und sinkt ebenso rapide ab, sobald die Drosselklappe wieder öffnet.

Dadurch entsteht erstens ein unangenehmes Pumpgeräusch, und zweitens werden die diffizilen Bauteile des Turboladers (wie etwa Schaufeln und Lager) stark belastet. Das Schubumluftventil leitet durch seinen Bypass den vom Turbolader produzierten Überdruck an die Ansaugseite ab und vermeidet so die oben genannten Gefahren.

Als Folge können die Turbolader konstruktiv verbessert werden und sind auf Kompressorseite etwa zehn Prozent effizienter. Durch das hierdurch vermiedene Turboloch beim erneuten Beschleunigen wird außerdem der Fahrspaß nicht eingeschränkt.

Dr. Karsten Sonnenschein an einer automatisierten Fertigungslinie für Schubumluftventile.

HOHER MARKTANTEIL

„Schubumluftventile waren vor der Jahrtausendwende mechanisch oder elektropneumatisch, seit 2004 werden sie elektrisch angesteuert und betrieben", blickt Dr.-Ing. Karsten Sonnenschein, Leiter der Pierburg Business Unit Solenoid Valves, zurück. „Aktuell produzieren wir fast nur noch elektrische Schubumluftventile, insgesamt bisher mehr als 20 Millionen Stück. Als Marktführer weltweit erreichen wir mit unserer elektrischen Variante einen Marktanteil von über zwei Drittel aller Schubumluftventile."

Vorteile des elektrischen Ventils sind kürzere Schaltvorgänge, ein schnellerer Druckauf- und -abbau sowie die Koppelung mit anderen motorischen Prozessen durch die direkte elektrische Ansteuerung vom Motorsteuergerät.

Um den vielfältigen Anforderungen zu entsprechen, entwickelt KSPG seine Schubumluftventile konsequent weiter. So wird Mitte 2014 ein sehr kompaktes und kostengünstiges Schubumluftventil in Serie gehen, das sich durch ein neues Funktionsprinzip mit kleinerem optimierten Aktuator auszeichnet. Für die weiter steigenden Anforderungen (Temperaturen, Drücke) moderner Downsizingmotoren wird außerdem die fünfte Generation von Schubumluftventilen entwickelt, die 2016 weltweit in Serie gehen soll.

Den Turbolader schützt noch ein anderes Ventil – das Ladedruck-Regelventil. Es lässt quasi „Druck aus dem System", da sonst der Turbolader kraft seiner Natur immer mehr Luft fördert und so sich und den Motor an die mechanischen und thermischen Belastungsgrenzen bringt. Das Ladedruck-Regelventil nutzt den Überdruck des Turboladers und regelt damit das Wastegate auf der Abgasseite des Turboladers. Dort wird überflüssiges Abgas am Lader vorbei direkt in die Abgasanlage gelenkt. Ein magnetisches Ladedruckventil stellt dabei die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit zur Regelung dar und ist vor allem in aufstrebenden Märkten weit verbreitet.

Wettbewerber sind elektrische Wastegatesteller und elektropneumatische Unterdrucksysteme, die künftig vor allem in entwickelten Märkten wie Europa und Nordamerika signifikante Verkaufsvolumina aufweisen. KSPG hat alle drei Varianten im Angebot und kann durch die millionenfache Fertigung auf ein großes Know-how in dieser Technik zurückgreifen. Weitere effizienzsteigernde Ventile von KSPG regeln Kühlmittel für das Thermomanagement des Motors und seiner Nebenaggregate sowie Ölkreisläufe, wie etwa der variablen Ölpumpe.

„DIE 95 GRAMM SIND NICHT LEICHT ZU ERREICHEN“

→ Zur Person

Dipl.-Ing. Heinrich Dismon (51) studierte am Lehrstuhl für Angewandte Thermodynamik an der RWTH Aachen. 1991 trat er in die Pierburg GmbH ein, zunächst in die Serienentwicklung, später in die Vorentwicklung. Unter anderem hat er die Konzeption und Serienentwicklung des elektromotorischen AGR-Ventils verantwortet. Seit 2013 ist er Leiter Forschung & Technologie bei der KSPG AG.

Wie schätzt ein Ingenieur die Realisierbarkeit der CO_2-Grenzwerte ein? Dipl.-Ing. Heinrich Dismon, Leiter Forschung & Technologie der KSPG AG, gibt Antworten zum Sparpotenzial der verschiedenen Produkte und Systeme, zu unerschlossenen Effizienzfeldern und der Zeit nach dem 95-Gramm-Ziel.

Wie kann KSPG die OEMs beim Erreichen der 95-Gramm-Grenze für CO_2 unterstützen?

Mit unserem Produktportfolio können wir zum einen die mechanische, zum anderen die thermodynamische Effizienz der etablierten verbrennungsmotorischen Antriebskonzepte der OEMs noch verbessern. Wichtige mechanische Erfolgsfaktoren sind zum Beispiel weniger Reibleistung und Masse bei Bauteilen sowie weniger Leistungsaufnahme bei Nebenaggregaten. Parallel dazu wollen wir mit neuen Ideen wie dem Range Extender interessante Alternativen aufzeigen.

Gibt es plakative Produktbeispiele für die Effizienzsteigerung?

Ein gutes Beispiel sind die Stahlkolben für Pkw-Dieselmotoren, mit denen KSPG als Erster im Jahr 2015 hochbelastete Aluminiumkolben ersetzen wird. Die Pkw-Stahlkolben sind leicht, kompakt und zeichnen sich durch ein sehr gutes Laufverhalten bei wechselnden Motortemperaturen aus. Sie bringen unter dem Strich eine Verbrauchseinsparung von umgerechnet drei bis vier Prozent. Bei Ottomotoren fokussieren wir uns auf weitere Optimierungsschritte von

„Derzeit ist die bedarfsorientierte Regelung von Kühlmittel-, Öl- und Vakuumpumpen sehr gefragt."
Heinrich Dismon

Aluminiumkolben: Sie werden noch leichter, erzeugen dank innovativer Beschichtungen noch weniger Reibung und sind dennoch den erhöhten thermischen und mechanischen Anforderungen moderner Downsizingmotoren gewachsen.

Und über den Grundmotor hinaus?

Bei den Nebenaggregaten gilt es, die Antriebsleistung und die Reibleistungsverluste zu vermindern. Wo mechanische Antriebe vorhanden sind, optimieren wir konsequent ihre Parameter und machen sie – wo möglich – schaltbar oder regelbar. An anderer Stelle ersetzen wir mechanische durch elektrische Antriebe und realisieren so zum Beispiel bei den Pumpen „pump on demand". Das Nebenaggregat wird nur eingeschaltet, wenn es benötigt wird.

Wozu dienen schaltbare Nebenaggregate?

Bedarfsorientiert schalt- oder regelbare Kühlmittelpumpen ermöglichen beispielsweise eine kontrollierte und schnelle Erwärmung des Triebwerks zur Reibleistungsabsenkung. Allerdings setzen sich rein elektrische Kühlmittelpumpen im Hauptkühlkreislauf nur zögerlich durch. Anders bei Nebenkühlkreisläufen wie etwa der AGR-Kühlung oder der Nachlaufkühlung von Turboladern, wo kleinere elektrische Pumpen verstärkt eingesetzt werden. Auch alternative Antriebe benötigen – etwa zur Batteriekühlung oder auch für Komfortzwecke und Ähnliches – separate, intelligente Kühlkreisläufe mit flexiblen elektrischen Pumpen.

Wie viel Potenzial steckt in cleveren Kühlkreisläufen?

Wir sehen noch großes Optimierungspotenzial durch ein effizientes Thermomanagement vor allem des Kühlmittelkreislaufs. Hier bieten wir neben Pumpen zunehmend auch Regelventile an.

Ist bei Ölpumpen eine ähnliche Entwicklung absehbar?

Auch hier reduzieren wir durch zweistufige oder immer häufiger vollvariabel regelbare mechanische Ölpumpen – inklusive Closed-Loop-Regelung mit Drucksensoren – die Leistungsaufnahme. Für elektrische Ölpumpen besteht bei Getriebesteuerungen vermehrt Bedarf. Bei der Schmierölversorgung des Verbrennungsmotors dagegen sind sie aus Leistungs- und Sicherheitsgründen wohl noch nicht so schnell serienfähig.

Sie erwähnten vorhin auch Produkte zur Verbesserung der thermodynamischen Effizienz...

Wir sind seit Jahren Marktführer von AGR-Komponenten für Dieselmotoren und stellen fest, dass diese Technik auch für Ottomotoren nützlich ist. Dort gilt es, die Abgastemperaturen im Turbolader nicht verbrauchssteigernd durch Anfettung zu begrenzen, sondern mittels Inertgaszufuhr eine Absenkung der Abgastemperatur zu erwirken. Gleichzeitig kann die Klopfneigung verringert werden. Bis Ende 2014 werden wir außerdem ein völlig neu entwickeltes, besonders kompaktes Schubumluftsystem für einen aufgeladenen Ottomotor in Serie bringen. Die thermodynamische Effizienz des Motors verbessern natürlich auch unsere beiden variablen Ventiltriebsysteme UniValve (für Ottomotoren) und FlexValve (für Dieselmotoren).

Welche Effizienztechnologien aus dem KSPG-Portfolio werden von den OEMs derzeit am stärksten nachgefragt?

Derzeit ist die bedarfsorientierte Regelung von Kühlmittel-, Öl- und Vakuumpumpen sehr gefragt, da man damit in einer Größenordnung von 1,5 bis 3 Prozent Kraftstoff sparen kann. Der Einsatz von Stahlkolben bei Dieselmotoren ist, wie schon erwähnt, ebenfalls sehr interessant. Die externe Abgasrückführung bei Ottomotoren, je nach Konzept, erlaubt eine Verbrauchseinsparung von bis zu zwei Prozent während unsere variablen Ventiltriebsysteme – je nach Ausgangsmotor – zwischen drei und sechs Prozent bringen.

Werden die 95 Gramm CO_2 pro Kilometer zu erreichen sein und was kommt dann?

Ehrlich gesagt, wird es für manche OEMs nicht leicht, die 95 Gramm zu erreichen. Und was in der EU für Mitte bis Ende des nächsten Jahrzehnts angedacht wird – im Bereich von 68 bis 78 Gramm CO_2 pro Kilometer – würde noch erheblich weitergehende Maßnahmen erfordern.

Welche Maßnahmen könnten das sein?

Unterschätzt wird nach wie vor das Potenzial des Erdgasmotors mit der hohen Klopffestigkeit des Betriebsstoffs und dem weitaus geringeren CO_2-Ausstoß, aber auch den noch vorhandenen Defiziten bei der Tankinfrastruktur.

VOLLE FLEXIBILITÄT

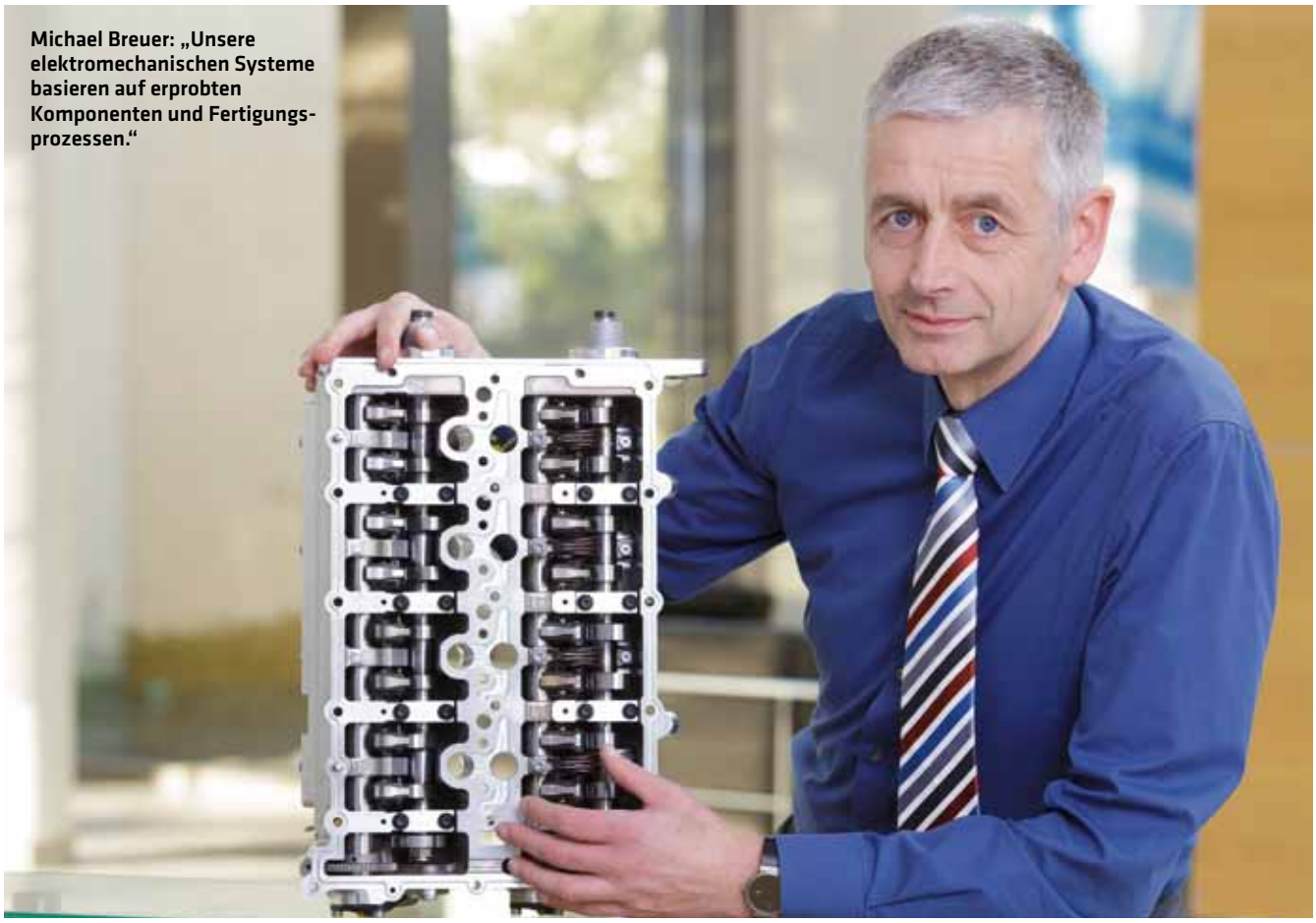
Der variable Ventiltrieb ist eine attraktive Möglichkeit, den CO_2-Ausstoß zu senken, insbesondere für den stöchiometrisch betriebenen Ottomotor. Bisher nutzen aber nur wenige OEMs das volle Potenzial dieser Technik aus.

Für die Zielmarke 95 Gramm CO_2 pro Kilometer werden die OEMs aber nicht umhin kommen, auch das Sparpotenzial des variablen Ventiltriebs zu erschließen", glaubt Dr.-Ing. Michael Breuer, Senior Manager Variable Valve Train Systems bei KSPG. „Bei Ottomotoren sind fünf bis sechs Prozent weniger Verbrauch im Testzyklus realistisch. Das Gute daran ist, dass diese Werte nicht nur im NEFZ erreicht werden, sondern auch – anders als bei einigen konkurrierenden Sparmöglichkeiten – im Alltagsbetrieb. In bestimmten Kennfeldbereichen konnten wir Einsparungen von bis zu zwölf Prozent messen."

ZWEI LÖSUNGEN ENTWICKELT

Das Unternehmen hat auf die Zukunftsszenarien rechtzeitig reagiert und bietet mit UniValve und FlexValve zwei verschiedene Lösungen an. UniValve bringt Ottomotoren das Sparen bei, FlexValve ist für die Bedürfnisse von Dieselmotoren maßgeschneidert – und das vom Dreizylinder-Pkw-Motor bis zum großvolumigen Aggregat für Heavy-Duty-Trucks. Grundgedanke hinter beiden Systemen sind größtmögliche Variabilitäten im Luftpfad der Motoren durch flexible Ventilhübe und Steuerzeiten.

Dies eröffnet neben der Entdrosselung des Motors auch Möglichkeiten für eine Zylinderabschaltung, spülende Verfahren oder den Motorbremsbetrieb. Michael Breuer: „Ziel ist natürlich primär ein Ventiltrieb, mit dem man die Erhebungskurven bedarfsgerecht einstellen kann. Darüber hinaus gibt es vermehrt den Wunsch nach zylinder- oder sogar ventilindividueller Steuerung, nach Möglichkeit zyklusgenau. Mit beiden Konstruktionen machen wir einen großen Schritt in diese Richtung."



Michael Breuer: „Unsere elektromechanischen Systeme basieren auf erprobten Komponenten und Fertigungsprozessen."

UniValve kann einzelne Ventile auch vollständig stilllegen. Damit sind die entsprechenden Zylinder des Ottomotors ganz abschaltbar.

FlexValve wird helfen, beim Dieselmotor die Schadstoffgrenzwerte zu erfüllen, ohne den Verbrauch negativ zu beeinflussen.

UniValve ist eine Reihenschaltung von zwei mechanischen Kurvengetrieben. Herz des Systems ist ein Hebel, der durch die Nockenwelle in eine oszillierende Bewegung versetzt wird und über seine Arbeitskontur auf einen Rollenschlepphebel einwirkt. Die Orientierung des Hebels wird mit der Steuerwelle und ihrem elektrischen Aktuator schnell und präzise verändert. Hierdurch ergibt sich die gewünschte stufenlose Hubvariation. Das System kann einzelne Ventile auch vollständig stilllegen. Damit sind die entsprechenden Zylinder ganz abschaltbar.

NUR DREI ZUSÄTZLICHE BAUTEILE

Ein weiterer Vorteil ist, dass zu den klassischen Bauteilen Nockenwelle und Rollenschlepphebel nur drei zusätzliche Bauteile (UniValve-Hebel, Steuerwelle und Kulisse) hinzukommen. Aufgrund des kompakten Aufbaus und der konsequenten Verwendung von Rollenkontakten erreicht das System eine hohe Drehzahlfestigkeit bei geringen mechanischen Verlusten. Ladungswechselarbeit und Kraftstoffverbrauch sinken.

Das Schwestersystem FlexValve hingegen ist im Prinzip eine Parallelschaltung zweier Systeme. Herzstück ist hier eine Duo-Cam-Nockenwelle. Die Nocken beider Wellen, die über einen Phasensteller gegeneinander verstellt werden, wirken gemeinsam auf den FlexValve-Hebel ein, der ihre Bewegungen addiert. Dazu ist der Hebel drehbar in der Achse gelagert, die beide Schlepphebel verbindet.

Die Ventilerhebungen können mit dem System in einem weiten Bereich kontinuierlich variiert werden – eine bedarfsgerechte Zweitöffnung der Ventile ist auch möglich. Und das – im Vergleich zu einem konventionellen Ventiltrieb – mit nur zwei zusätzlichen Bauteilen: der Duo-Cam-Nockenwelle und dem FlexValve-Hebel. Dieser einfache technische Aufbau ermöglicht die Integration verschiedener FlexValve- Ausbaustufen in einen Zylinderkopf mit gleichbleibender Geometrie.

Insgesamt bietet diese Lösung viele Möglichkeiten für Eingriffe in die Prozessführung und das Abgasmanagement des Motors. Die wichtigsten Optionen sind:

- verbessertes Kaltstartverhalten und kürzere Aufwärmzeit des Motors und der Abgasnachbehandlungssysteme
- Steuerung der internen Restgasmenge oder schnellerer Drehmomentaufbau durch Zweitöffnung der Ventile
- optimierte Prozessführung durch Einstellung von Ladungsmenge und -temperatur sowie Variation des effektiven Verdichtungsverhältnisses
- erhöhte Motorbremsleistung durch Abblasen der komprimierten Luftfüllung in OT-Nähe.

KSPG steht bereit, beide Varianten in die Serie zu bringen. „Mit UniValve und FlexValve haben wir derzeit ein Alleinstellungsmerkmal am Markt für vollvariable mechanische Ventiltriebe, sieht man einmal von der Valvetronic-Technik von BMW und weiteren herstellergebundenen Systemen ab, die aber alle nicht frei verfügbar sind", weist Breuer auf einen wichtigen Punkt hin.

„Unabhängige Wettbewerber in diesem Marktsegment sind dünn gesät. Es gibt hier bisher lediglich eine elektrohydraulische Lösung. Im Vergleich sehen wir die Vorteile unserer Systeme hauptsächlich im mechanischen Wirkungsgrad. Nach unserer Erfahrung eine Grundvoraussetzung, um die bessere Thermodynamik auch tatsächlich in eine Verbrauchsreduktion umzusetzen", so Breuer. Andere mechanische, hydraulische oder elektrische Ansätze wurden zwar verschiedentlich erprobt, aber für die Serienanwendung immer wieder verworfen.

Kundenpotenzial für UniValve sieht er zum einen bei Motoren, die bisher noch keine oder nur eingeschränkte Variabilitäten im Luftpfad haben. Zum anderen wird es vielleicht OEMs geben, die ihr bisheriges Inhouse-System – vielleicht nur teilvariabel oder nur mit Zylinderabschaltung – zu relativ geringen Mehrkosten gegen ein vollvariables Ventiltriebssystem tauschen wollen, das deutlich mehr Möglichkeiten und Sparpotenziale bietet.

Beim Dieselmotor geht es darum, die Schadstoffgrenzwerte zu erfüllen, ohne den Verbrauch negativ zu beeinflussen. Hier können die Interessenten sich die Flexibilität von FlexValve zunutze machen und zwischen drei Ausbaustufen wählen, ohne dass grundsätzliche Eingriffe in den Motor nötig wären.

Die elektromechanischen Lösungen UniValve und FlexValve haben einen weiteren Vorteil: Sie basieren auf erprobten Komponenten und Fertigungsprozessen, die ihre Serientauglichkeit bereits bewiesen haben. Hinzu kommen die Robustheit und Stabilität sowohl der mechanischen Komponenten als auch der Prozesse und Lieferantenbeziehungen.

„UniValve und FlexValve sind quasi die logische Fortführung der Schaltsysteme. Und sie haben weiteres Entwicklungspotenzial. Auch für die aus CO_2-Sicht interessanten Erdgasmotoren ist UniValve eine spannende Option", so Breuer abschließend.

INTELLIGENTER BRÜCKENBAUER

Reichweitenangst? Große, teure und schwere Batterien? Nicht mit einem Range Extender. Das kompakte Modul aus Verbrennungsmotor plus Stromgenerator ist die ideale Brückentechnologie hin zum vollelektrischen Fahren.

Dr. Martin Hopp: „Kompaktes Package und ein optimales Geräusch- und Vibrationsverhalten zeichnen unseren Range Extender aus."

Einer der größten Vorbehalte der Autofahrer gegenüber Elektromobilen ist die Angst, mit leerer Batterie liegenzubleiben. Hinzu kommen die immer noch sehr hohen Kosten und Massen der Energiespeicher und ihre begrenzte Reichweite. KSPG kompensiert mit seinem Range Extender genau diese Faktoren. Ein 30 Kilowatt starker Zweizylinder-V-Motor (auf der Seite rechts) springt bei Bedarf an und liefert die Energie, mit der zwei ebenfalls integrierte Generatoren Strom erzeugen, der in die Traktionsbatterien eingespeist wird. So werden Gewicht und Kosten der Batterien begrenzt und die Reichweite des Fahrzeugs (abhängig von der Größe des Kraftstofftanks) ebenso deutlich vergrößert – ohne langes Nachladen an der Stromzapfsäule.

PASST IN DIE RESERVERADMULDE

„Bei dieser Entwicklung haben wir zusammen mit unserem Kooperationspartner FEV an zwei zentralen Erfolgsfaktoren angesetzt: kompaktes Package und ein optimales Geräusch- und Vibrationsverhalten", erklärt Dr.-Ing. Martin Hopp, Leiter Neue Antriebstechnologien bei der KSPG AG. „Zum einen soll der Range Extender in die Reserveradmulde passen, dem derzeit logischen Platz für diesen Reichweitenverlängerer. Zum anderen strebten wir möglichst wenig Vibrationen und Geräusche an, damit der Autofahrer das Anspringen und Laufen des Motors möglichst gar nicht bemerkt und der Eindruck der Elektromobilität erhalten bleibt."

Beide Punkte erfüllt nach Angaben von Martin Hopp der Zweizylinder-V-Motor mit 90 Grad Bankwinkel. Bei ihm tilgt ein Gegengewicht an der Kurbelwelle die Massenkräfte erster Ordnung und die verblei-

benden Momente kompensiert ein Schwingungsausgleich in Form von gegenläufig rotierenden Massen. Dafür werden die beiden Generatoren herangezogen, die ebenfalls platzsparend im Modul untergebracht sind.

Der erste Versuchsträger auf Basis eines Fiat 500 hat bereits umfangreiche Tests durchlaufen und überzeugt – neben seinem Geräusch- und Vibrationsverhalten – durch einen äußerst geringen Kraftstoffverbrauch von etwa 1,4 Liter Ottokraftstoff nach ECE-Norm (etwa 33 Gramm CO_2-Emissionen pro Kilometer). In einem Feldversuch in Bonn testet die Streetscooter GmbH den KSPG Rex im Alltagseinsatz in kleinen Nutzfahrzeugen für den Verteiler- und Zustelldienst.

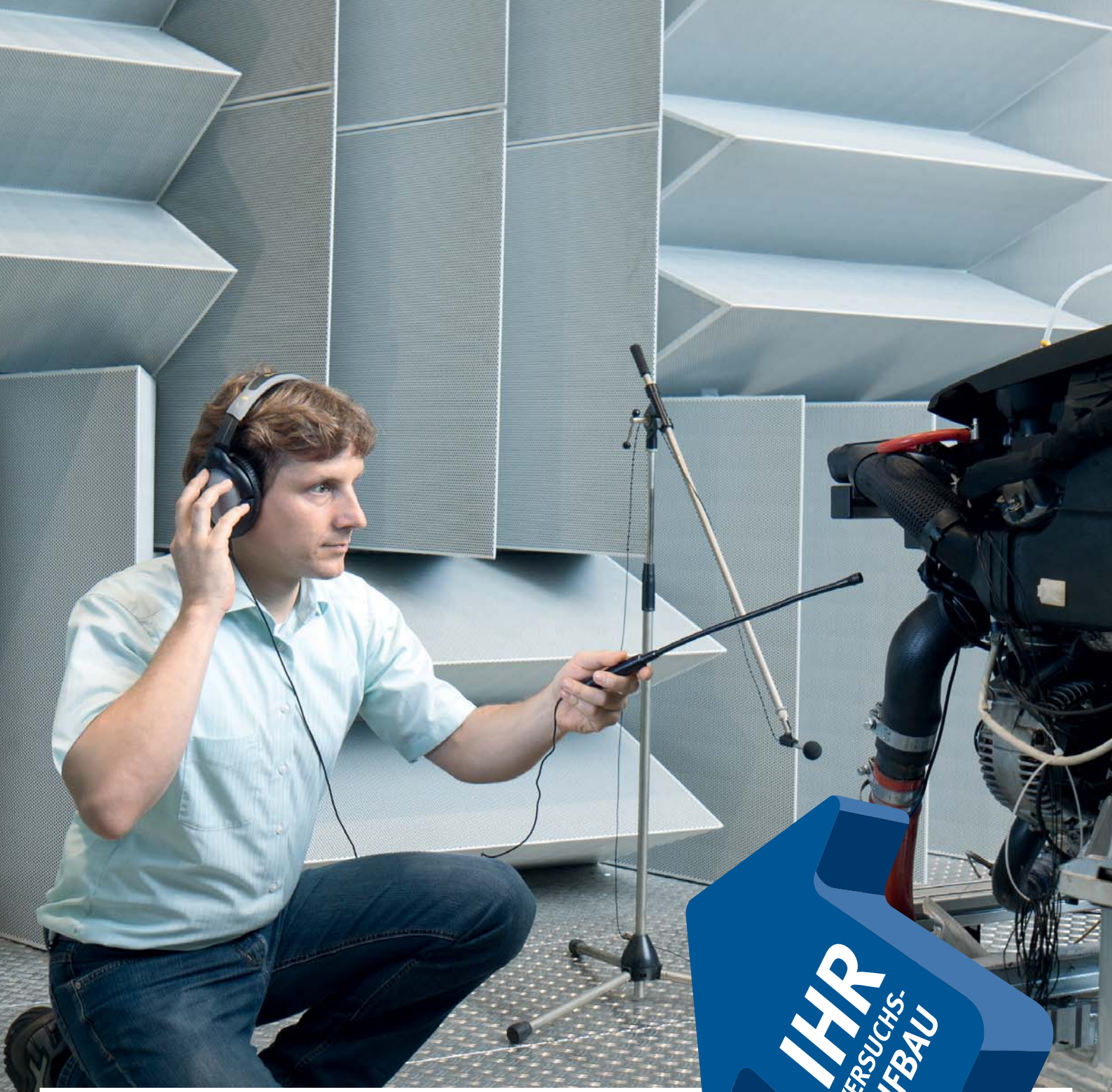
Das Motorenkonzept ist so flexibel ausgelegt, dass eine Anhebung der Leistung auf 40 oder 50 Kilowatt ebenso möglich ist wie ein anderer Bankwinkel der Zylinder. Auch die Betriebsstrategie des Range Extenders lässt sich je nach den vorgesehenen Einsatzbedingungen sehr flexibel festlegen. „Außerdem untersuchen wir die Koppelung des Verbrennungsmotors mit einer Wärmepumpe. Damit verbessern wir zusammen mit einem intelligenten Heiz-Kühl-Modul das Thermomanagement für den Innenraum und Fahrzeugkomponenten wie etwa die Batterie oder Leistungselektronik erheblich", so Hopp. Die Folge sind angenehme Temperaturen im Innenraum und weniger Verlust an Reichweite.

Die Serienreife des Range Extenders ist für 2017 angepeilt. Produzieren könnte man den Motor in Eigenregie oder man liefert maßgebliche Komponenten an den produzierenden OEM. Aber auch eine Lizenzfertigung wäre möglich – je nach Kundenwunsch. Das Aggregat ist so konzipiert, dass die Fahrzeugschnittstellen auf ein Minimum reduziert sind und die Fahrzeugintegration sich vergleichsweise unproblematisch gestaltet. Der Range Extender lässt sich auf diese Weise auf eine Ausstattungsoption reduzieren.

→ TECHNISCHE DATEN DES RANGE EXTENDERS

Verbrennungsmotor	
Motorarchitektur	Zweizylinder 4-Takt Ottomotor mit 90° V-Anordnung
Hubvolumen	799 cm^3
Bohrung x Hub	80 mm x 79,5 mm
Nennleistung	30 kW bei 4.500 1/min
Effektiver Mitteldruck	10,3 bar bei 3.500 1/min
Maximales Drehmoment	66 Nm bei 3.500 1/min
Ventiltrieb	OHV, 2 Ventile pro Zylinder
Kraftstoffeinspritzsystem	Saugrohreinspritzung
Generator	
Maschinentyp	Permanentmagneterregte Synchronmaschine, 3 Polpaare in Serie geschaltet
Nennleistung (elektr.)	2 x 15 kW
Antrieb	Getriebestufe, Übersetzungsverhältnis 1:2
Modul	
Emissionsstand	EURO 6
Zielgewicht (wie abgebildet)	62 kg
Länge x Breite x Höhe	665 x 550 x 355 mm

Ein Gegengewicht an der Kurbelwelle tilgt die Massenkräfte erster Ordnung.



IHR VERSUCHS-AUFBAU

Warten nur auf Sie:
spannende Aufgaben und die Erfolgsgefühle danach.

Bei uns ist noch ein Platz frei. Und wir haben ihn für Sie reserviert. Alles ist vorbereitet: Spannende Projekte liegen parat und das Team freut sich auf Sie. Doch eine gute Arbeitsatmosphäre ist nicht alles, was Sie bei der zum Rheinmetall Konzern gehörenden KSPG AG erwarten dürfen. Als einer der 100 größten Automobilzulieferer weltweit bieten wir Ihnen die Sicherheit eines Konzerns und zugleich den Spielraum eines Mittelständlers. Für Sie heißt das: ein Arbeitsplatz mit Gestaltungsmöglichkeiten, Perspektive und der Aussicht, international zu arbeiten. Hört sich gut an? Dann sollten Sie bei uns Platz nehmen. **www.kspg.com**

KOLBENSCHMIDT PIERBURG MOTOR SERVICE

KSPG Automotive