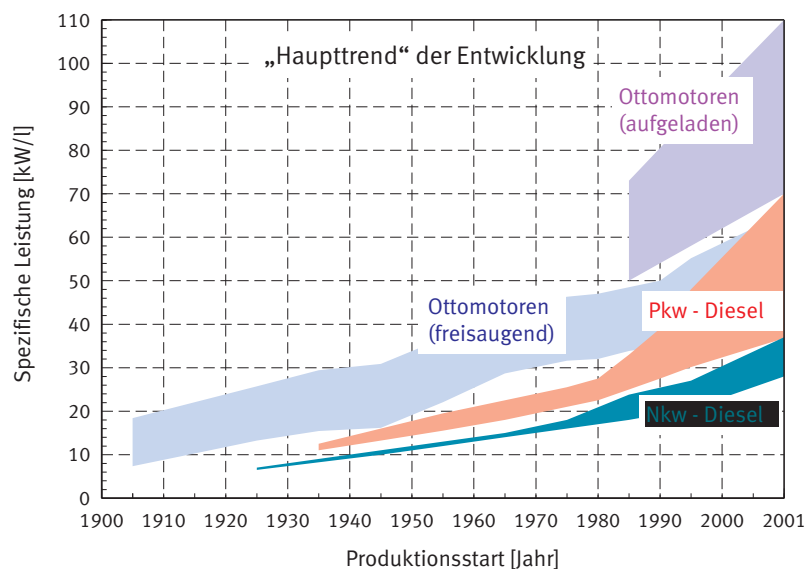
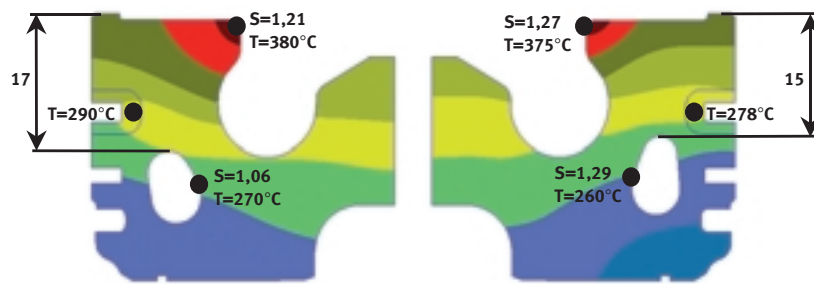


Dem Dieselmotor kommt bei der Reduzierung des Brennstoffverbrauchs im Pkw eine bedeutende Aufgabe zu. In Europa, wo er heute im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten oder Japan eine beachtliche Rolle spielt, ist die gegenwärtige Einschätzung, daß das angestrebte Ziel eines „3-Liter“-Autos nur mit einem Dieselmotor verwirklicht werden kann. Er wird auch bei Erfolg der momentanen Anstrengungen zur Reduzierung des Brennstoffverbrauchs beim Ottomotor (Direkteinspritzung, variable Ventilsteuerung) aufgrund der besseren Eignung des Brennverfahrens für die Abgasturboaufladung das Triebwerk mit der günstigsten Energienutzung bleiben.

Interessanterweise sind es nicht nur die unbestreitbaren Verbrauchsvorteile, die dem Dieselmotor mit Direkteinspritzung den Durchbruch als Pkw-Antrieb ermöglicht haben, sondern auch die Erkenntnis, daß mit hoher Leistung und günstiger Drehmomentenkurve ein solcher Antrieb einen beträchtlichen Fahrspaß ermöglicht. In der Folge dieser Erkenntnis haben die Pkw-Dieselmotoren in wenigen zurückliegenden Jahren eine dramatische Leistungssteigerung erfahren. Zur Verdeutlichung dieser Leistungsentwicklung enthält **Bild 1** einen Vergleich der verschiedenen



**Bild 1:** Leistungsentwicklung Otto- und Dieselmotoren



**Bild 2:** Optimierung von Kühlkanalgröße und -lage

Motorenbauarten für Pkw- und Nkw-Antriebe. Mittlerweile haben die spezifischen Leistungen der Pkw-Dieselmotoren die der Otto-Saugmotoren eingestellt.

Kolbenschmidt-Pierburg entwickelt Kolben, die der Forderung nach höchster Belastbarkeit bei gleichbleibendem oder geringerem Gewicht Rechnung tragen. Die deutlich voneinander abweichenden Trends bei Nkw- und Pkw-Dieselmotoren bei gleichzeitig zunehmender Verwendung höher belastbarer Stahlkolben in Nkw-Motoren weisen darauf hin, daß für die jeweilige Anwendung angepaßte Strategien etwa auch bezüglich der Langlebigkeit der Motoren verfolgt werden müssen.

#### Heutiger Stand

Im Vergleich zu Kolben für Nkw-Motoren sind solche für Pkw-Motoren

leicht und haben eine geringe Bauhöhe. Neue Motoren besitzen heute wegen der hohen thermischen Beanspruchung in der Regel einen Kühlkanal. Wegen der geringen Kompressionshöhe und der bei Zweiventilmotoren asymmetrischen Muldenlage ist dafür meist wenig Platz vorhanden. Eine bezogen auf den Kolbenboden hohe Lage des Kühlkanals ist zur guten Kühlung der Topringnut und des Muldenrands anzustreben. Dabei steigen in der Regel die Spannungen im Querschnitt zwischen Verbrennungsmulde und Kühlkanal an. Die Einhaltung der zulässigen Sicherheiten für die Dauerfestigkeit ist jedoch notwendig. Dies wird durch die sorgfältige Optimierung der Form und Lage des Kühlkanals mittels Temperatur- und Spannungsberechnung (**s. Bild 2**) und durch den Einsatz der hochwarmfesten Legierung KS1295 plus erreicht.

Die Ergänzung „plus“ bezeichnet die Weiterentwicklung der Legierung KS1295 hinsichtlich Steigerung der Warmfestigkeit durch Optimierung der Schmelzenbehandlung und des Gießprozesses. Diese Legierung wird heute sehr erfolgreich zur Erreichung der Dauerhaltbarkeit für höchstbelastete Kolben eingesetzt.

Die hohe Nabenbelastung wird vorzugsweise durch Verwendung einer Trapeznabe ertragen. Falls die Trapeznabe nicht mehr ausreicht, werden eingeschrumpfte Bronzebuchsen verwendet.

Bei den Kolbenringen für die erste Nut gilt es, den optimalen Kompro-

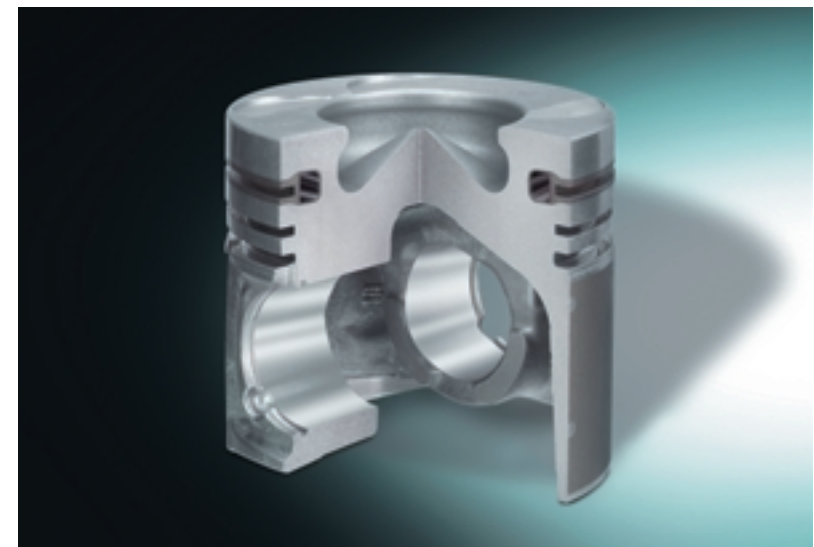
miß zwischen Funktionsaspekten (Ringstecken, Durchblasemenge) und Kosten festzulegen. Zur Reduzierung der Kosten wird trotz der bekannten Vorteile des Trapezringes, falls noch möglich, in der ersten Ringnut ein Rechteckring eingesetzt. Bei den verwendeten Trapezringen ist ein Trend hin zum einseitigen Trapezring zu beobachten, da dieser zur Vermeidung von Ringstecken und Erzielung von niedrigem Blow-by die Vorteile des Trapezrings mit denen des Rechteckrings verbindet.

#### Entwicklungstrends

Die Mehrzahl der um das Jahr 2003 in Serie gehenden direkt einspritzenden Dieselmotoren für Pkw-Motoren wird spezifische Leistungen bis ca. 60 kW/l erreichen. Diese Motoren sind gekennzeichnet durch vier Ventile pro Zylinder, eine zentral im Kolben angeordnete Brennraummulde sowie die 2. Generation von Einspritzsystemen mit hohen Drücken (Common-Rail, Pumpe-Düse) und guter Kontrollierbarkeit des Einspritzverlaufs mit Hilfe elektronischer Steuerungen. Die Leistungssteigerung der Motoren geht einher mit einer Steigerung der Zylinderdrücke bis auf Spitzenwerte von 180 bar.

Der Anstieg der Leistung (Drehmoment) bei niedrigen Drehzahlen erhöht auch die vom Kolbenschaft zu übertragenden Seitenkräfte. Bei Problemen stehen wirksame Schaftbeschichtungen zur Verfügung. Hier kommen die besonders verschleißbeständigen und reibungsvermindernden LofriKS® Kunststoff-Schaftbeschichtungen zum Einsatz.

Die Zunahme der spezifischen Leistung macht bei praktisch allen aktuellen Entwicklungen einen Kühlkanal erforderlich. Ab etwa 60 kW/l bei gleichzeitiger Verwendung eines Rechteckrings in der Topringnut ist der Einsatz eines gekühlten Ringträgers vorzuziehen. Diese bei KS unter der Bezeichnung „GalleriKS®“ entwickelte Technologie bietet ausreichende Funktions-



**Bild 3:** Schwerkraftkollengußkolben mit GalleriKS®

sicherheit gegen Nutverkokung und damit festgehende Ringe in der ersten Nut (**s. Bild 3**).

Durch eine konsequente Weiterentwicklung der Lagerwerkstoffe für die Pleuellager werden die Trapezpleuel schmäler. Konstruktiv läßt sich so eine größere Kontaktfläche zwischen Bolzen und Kolbennabe darstellen. Nur so sind die hohen Zünddrücke bei oft unverändertem Bolzendurchmesser möglich.

#### Die Zukunft

Die Lösung für den im Prinzip ungebrochenen Trend zu höherer Kolbenbelastung liegt in der bei KS seit einigen Jahren in Serienproduktion befindlichen Technologie des Preßgusses mit lokaler Faserverstärkung am Muldenrand (FibreKS®).

Durch die Herstellung von etwa 800.000 faserverstärkten Preßfußkolben – darunter auch solche mit Kühlkanal – in den letzten Jahren liegt bei KS eine sehr große Erfahrung bezüglich dieses Produktes vor. Um die Anwendung im Pkw-Diesel-Bereich in Erwägung ziehen zu können, waren deutliche Schritte zur Reduzierung der Kosten nötig, die jedoch im Rahmen eines Schwerpunkt-Entwicklungsprojektes innerhalb der letzten Jahre erbracht werden konnten.

Für die unterschiedlichen Leistungsanforderungen der verschiedenen Motoren steht bei KS eine breite Palette technischer Möglichkeiten zur Verfügung, die optimal an die Anwendung angepaßt verwendet werden können. Dabei kommt dem Aspekt einer auch unter Kostengesichtspunkten optimalen Lösung große Bedeutung zu.

Welche technische Lösung in Abhängigkeit von der spezifischen Motorleistung nach KS-Auffassung für direkt einspritzende Pkw-Dieselmotoren einzusetzen ist, verdeutlicht Bild 4. Die Lösungen weisen natürlich gewisse Bandbreiten auf, da je nach Motor Unterschiede in der Verbrennung und Kolbengeometrie zu unterschiedlichen thermischen und mechanischen Beanspruchungen des Kolbens führen.

Ausgehend von der Standardlösung des Ringträgerkolbens aus der bewährten eutektischen Legierung KS1275 ergeben sich durch den Einsatz der Hochtemperaturlegierung KS1295 sowohl Möglichkeiten für niedrigere als auch für höhere spezifische Leistungen:

Bei relativ niedrig beanspruchten Saugmotoren kann wegen der günstigeren Verschleißigenschaften der Legierung unter Umständen auf den Ringträger verzichtet und



damit bis zu 25 g Gewicht eingespart werden.

In Verbindung mit Trapeznabe und Trapezring in der ersten Nut reichen die Einsatzgrenzen des Werkstoffs bis zu Leistungen im Bereich von ca. 48 kW/l.

Darüber hinaus ist die Anwendung eines Kühlkanals bzw. der KS-Kombikühlung mit ihrer zusätzlichen Anspritzung des Kolbenbodens zu empfehlen. Um die Gestaltfestigkeit und besonders die Kolbenringfunktion bei spezifischen Leistungen über 55 kW/l zu gewährleisten, wird die Anwendung der GalleriKS®-Kolbentechnologie vorgeschlagen. Der Pressgusskolben mit faserverstärktem Muldenrand erschließt den höchsten Leistungsbereich. Für den Preßgußkolben ist die GalleriKS®-Technologie sowohl technisch als auch wirtschaftlich die günstigste Kühlkanalvariante und bereits erfolgreich erprobt.

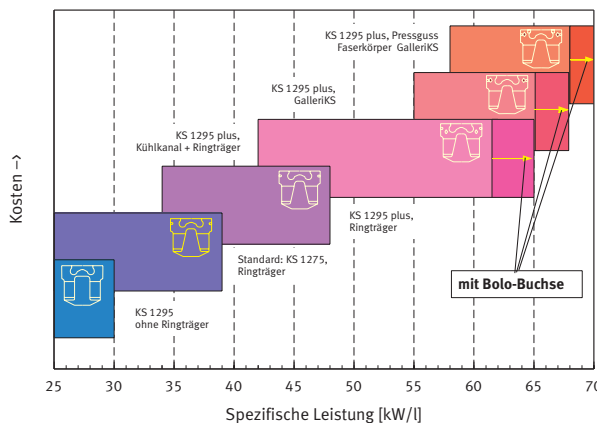
Unabhängig von diesen Maßnahmen steht die Option einer Büchse in der Kolbennabe zur Verfügung, die eine weitere Belastungssteigerung erlaubt.

An Lösungen zur Funktionsverbesserung beim Kolben mit Kühlkanal wird bei KS intensiv gearbeitet. Für noch größere und flachere Mulden wird der Querschnitt zwischen dem Kühlhohlraum und der Mulde immer kleiner. Außerdem werden sich für die zukünftigen Stufen der Emissionsgesetzgebung die Zünddrücke in Richtung 200 bar bewegen. Hier arbeitet KS an Lösungen mit Formkühlkanal an Stelle der rotations-symmetrischen Hohlräume. Das heißt, der Kühlkanal wird individuell an die vorgegebene Geometrie der Brennraummulde angepaßt.

**Zusammenfassung**

Bei den Kolben für direkteinspritzende Pkw-Dieselmotoren ist Kolbenschmidt-Pierburg mit seinen Seriellösungen und laufenden Technologieentwicklungen in einer guten Position, um den Motorenherstellern heute und in Zukunft die für ihre Motorentwicklungen nötigen Technologien anbieten zu können. Neben der Serieneinführung neuer Kolbenlegierungen sind hier besonders die bereits erfolgreichen und weiterhin intensiven Anstrengungen zur Absenkung der Kosten für faserverstärkte Preßgußkolben (FibreKS®) sowie die Integration von Ringträger und Kühlkanal – GalleriKS® – zu nennen. Der individuell an die Mulde angepaßte Formkühlkanal gewinnt zur effektiven Temperaturabsenkung weiter an Bedeutung.

Als einer der führenden internationalen Kolbenhersteller kann Kolbenschmidt die Synergieeffekte zwischen den Bereichen Großkolben, Nkw- und Pkw-Kolben zum Erfolg dieser Produktbereiche nutzen. Dabei stehen die Erfahrungen der lokalen Entwicklungszentren in Europa, den USA und Brasilien den weltweiten Fertigungsstätten zur Verfügung.



**Bild 4:** Kolbentechnologie-Einsatzgrenzen bei Pkw DI-Dieselmotoren



**Bild 5:** Faserverstärkter Pressgußkolben mit "GalleriKS"

**Kolbentechnologie für Pkw-Dieselmotoren**

**HÖCHSTE LEISTUNGSDICHTE MIT KS-KOLBEN**

