

# MTZ

MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

09 September 2018 | 79. Jahrgang

**Sonderdruck / Offprint**

aus / from MTZ 09|2018

Springer Vieweg

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH



**LiteKS-4-Kolbensystem zur Reibungsreduzierung**

**LiteKS-4 Piston System for Friction Reduction**



© KS Kolbenschmidt

## Kolbensystem zur Reibungsreduzierung bei modernen Pkw-Ottomotoren

Dank einer verbesserten Form, geringeren Wandstärken und einer speziellen Aluminiumlegierung bietet das LiteKS-4-Kolbensystem von KS Kolbenschmidt deutliche Vorteile in Bezug auf Reibung und Gewicht. Sowohl in der Fahrzyklus-Simulation als auch in Tests mit einem Einzylinder- und einem Dreizylinder-Ottomotor ergeben sich Kraftstoffeinsparungen von bis zu 6 % im Vergleich zur Serienvariante.

### MOTIVATION

Eine der Hauptaufgaben in der heutigen Motorenentwicklung besteht darin, den Kraftstoffverbrauch und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter zu senken. Hierzu gilt es vor allem, den mechanischen Wirkungsgrad zu verbessern. Potenzial zu dessen Steigerung bietet eine Reduktion der Reibung am Kolbensystem, bestehend aus Kolben, Kolbenringen und Zylinderlaufbahn. Um diesen Anforderungen gerecht

zu werden, hat KS Kolbenschmidt Designvarianten von Kolben zur Reibungs- und Gewichtsreduzierung erstellt, die mittels der Finite-Elemente-Methode unter statischen und dynamischen Gesichtspunkten optimiert wurden. Das daraus entstandene Konzept LiteKS-4 wurde anschließend in einem Floating-Liner-Versuchsmotor hinsichtlich der Effektivität zur Reibungsreduzierung untersucht. In einem zweiten Schritt folgten Reibungs- und Kraftstoffverbrauchsmessungen an einem auf-

### AUTOREN



**Klaus Lormes**  
ist Projektleiter Vorentwicklung Kolben bei KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm.



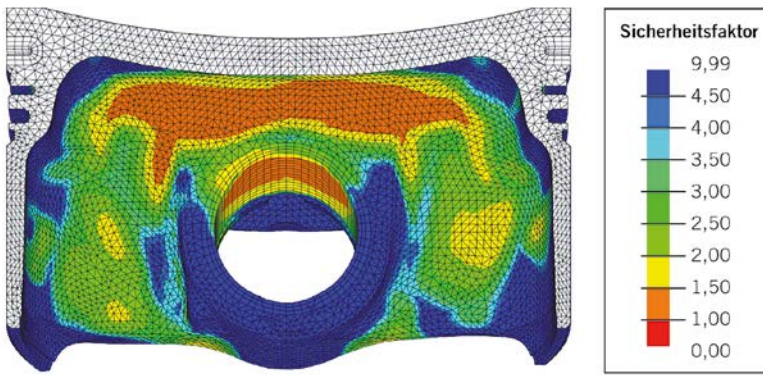
**Jochen Schumacher**  
ist Projektleiter Vorentwicklung Kolben bei KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm.



**Matthias Fahr**  
Leiter Abteilung Kolbenentwicklung Pkw (EU) bei KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm.



**Jochen Müller**  
Leiter Bereich Entwicklung und Technologie bei KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm.



**BILD 1** LiteKS-4-Kolben mit homogener Sicherheitsverteilung im Biegebereich (schematisch)  
(© KS Kolbenschmidt)

geladenen 1-l-Dreizylinder-Ottomotor. Hierbei konnten eindeutige Reibungsvorteile des LiteKS-4-Konzepts gegenüber dem Serienkolbensystem nachgewiesen werden.

### DAS LITEKS-4-KOLBENKONZEPT

Die konsequente Weiterentwicklung der etablierten LiteKS-Kolben für Ottomotoren jeglicher Leistungsklassen wurde in dem neuesten Kolbendesign LiteKS-4 umgesetzt. Die enger stehenden und steiler aufgestellten Kastenwände in Verbindung mit der gewölbten inneren Nabenform, die am oberen Scheitel fließend in die geschwungene Kastenform übergeht, ermöglichen deutlich größere Ausnehmungen im Ringfeldbereich zur Gewichtsreduzierung. Die dadurch erzielte direktere Abstützung des Kolbenbodens führt zusätzlich zu einer homogeneren Spannungsverteilung, in **BILD 1** dargestellt durch eine gleichmäßige Sicherheitsverteilung im Biegebereich. Des Weiteren kommt die rei-

bungsarme und hochverschleißfeste Schaftbeschichtung NanofriKS für die neueste LiteKS-Generation zum Einsatz.

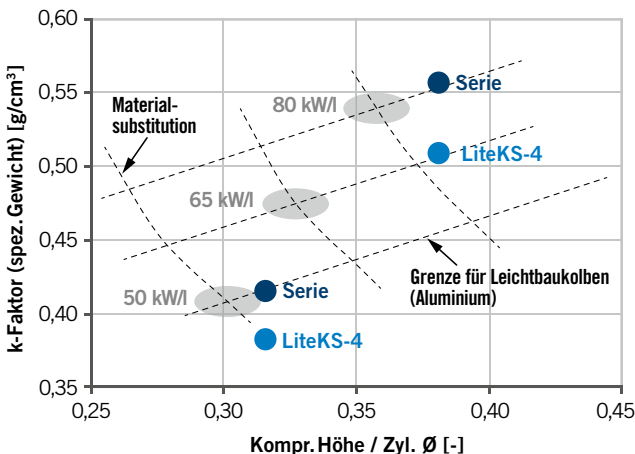
Eine weitere Komponente des Konzepts ist die Aluminiumlegierung KS 309, die einen deutlichen Vorteil bezüglich des Ermüdungsverhaltens im Hochtemperaturbereich aufweist. Ein zusätzlicher positiver Aspekt dieser Legierung ist der reduzierte Wärmeausdehnungskoeffizient. Messungen belegen im Temperaturbereich von 160 bis 200 °C eine um mehr als 3 % geringere Wärmeausdehnung des Materials gegenüber der Vorgängerlegierung. Dies ermöglicht es zum einen, das Einbauspiel kleiner zu wählen, um – zum Beispiel beim Kaltstart – ein niedrigeres Geräuschniveau zu erzielen. Zum anderen wird die thermische Überdeckung im Vollastbetrieb minimiert, was einen entscheidenden Beitrag zur Reibungsreduzierung leistet und damit Potenzial zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung bietet.

Somit führen mehrere Faktoren zu dem reibungsoptimierten LiteKS-4-Gesamtkonzept. Maßgeblich hieran beteiligt sind

die Leichtbaukolbenstruktur mit der neu gestalteten Kasten geometrie in Verbindung mit um circa 16 % reduzierten Schaftflächen und der darauf abgestimmten Laufspielformgebung. Für Druck- und Gegendruckseite wurden jeweils unterschiedliche, über die Schafthöhe variable Ovalitäten verwendet. Diese Variabilität ermöglicht – unter Berücksichtigung der thermischen Deformation des Kolbens und der Zylinderlaufbahn – eine reibungs- und geräuschoptimale Definition der Kolbenaußenkontur. Die hochverschleißfeste und reibungsarme NanofriKS-Schaftbeschichtung sowie die Aluminiumlegierung KS 309 mit einem reduzierten Wärmeausdehnungskoeffizienten haben ebenfalls zur erfolgreichen Umsetzung beigetragen.

Um weiteres Potenzial zur Erzielung eines hohen Leichtbaugrads zu heben, wurde die Kastenwandstärke auf 2,7 mm reduziert. Die neue Kolbenstruktur des LiteKS-4-Designs erlaubt die geringeren Wandstärken sowohl für den unteren Leistungsbereich als auch für Hochleistungsanwendungen mit Kühlkanal und Ringträger für sehr hohe spezifische Leistungen. Zur Realisierung der auf 2,7 mm gegossenen Kastenwandstärke wurde ein neues Gießwerkzeugkonzept entwickelt. Hierbei lag der Fokus auf einer Optimierung der Entlüftung und einer homogeneren Temperaturverteilung im Gießwerkzeugkern.

In umfangreichen Studien wurden zusätzliche LiteKS-4-Designs für Kolben im Durchmesserbereich von 70 bis 103 mm und spezifische Leistungen von 60 bis 120 kW/l erstellt. Im Vergleich zum heutigen Seriendesign ließ sich eine durchschnittliche Gewichtsreduzierung von circa 10 % erzielen, **BILD 2**.



**BILD 2** Gewichtsverteilung des LiteKS-4-Kolbendesigns  
(© KS Kolbenschmidt)

### UNTERSUCHUNGEN AM EINZYLINDER-FLOATING-LINER-MOTOR

Um die Kolbengruppenreibung exakt, kurbelwinkelaufgelöst und im befeuerten Betrieb zu bestimmen, nutzte KS Kolbenschmidt das Floating-Liner-Messprinzip. Hierbei wird mithilfe einer auf Sensoren gelagerten Zylinderlaufbuche die Reibkraft zwischen Kolbengruppe und Zylinderlaufbahn ermittelt und daraus der Reibmitteldruck berechnet. Bei der durchgeführten Testreihe wurde die neuentwickelte LiteKS-4-Kolbenvariante im Vergleich zur aktuellen Serienvariante untersucht. Auf Änderungen an Kolben-

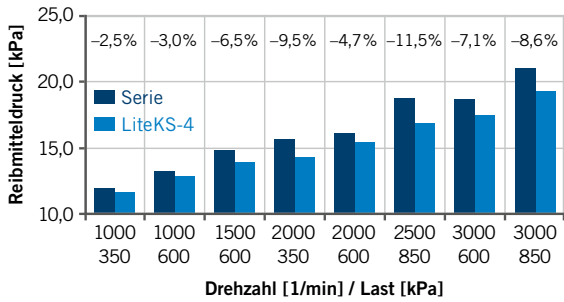


BILD 3 Vergleich des Reibmitteldrucks der LiteKS-Serienvariante und LiteKS-4 (© KS Kolbensmidt)

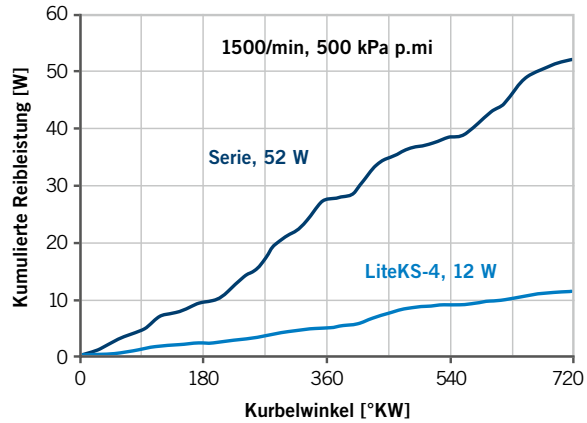
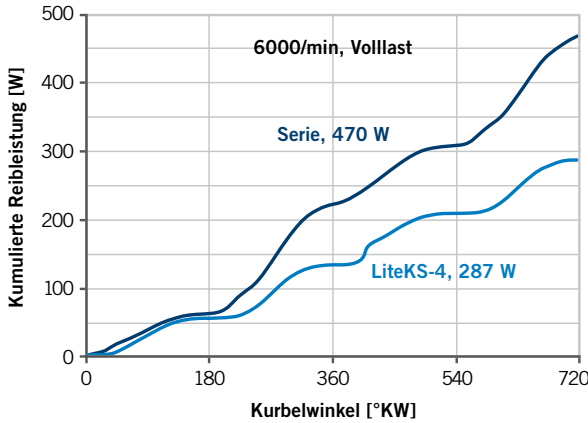


BILD 4 Vergleich der simulierten, kumulierten Reibleistung im Voll- und Teillastbereich (© KS Kolbensmidt)

einbauspiel, Zylinderlaufbahn und Kolbenringpaket wurde bei den Floating-Liner-Untersuchungen bewusst verzichtet. Deshalb ergeben sich die gemessenen Unterschiede im Reibmitteldruck ausschließlich aus den am Kolbendesign vorgenommenen Änderungen. Der in BILD 3 dargestellte Reibmitteldruck zeigt, dass die Reibung der LiteKS-4-Kolbenvariante in allen betrachteten Betriebspunkten geringer ist als bei der aktuellen LiteKS-Version. Der Reibmitteldruck liegt bei der neu entwickelten Variante im Schnitt um knapp 7 % niedriger.

**LITEKS-4-KONZEPT ZUR REIBUNGSOPTIMIERUNG AM VOLLMOTOR**

Die Erkenntnisse aus der Floating-Liner-Untersuchung bezüglich des optimierten Kolbenkonzepts und der Laufspieldefinition wurden in ein Konzept für einen bereits am Markt platzierten Motor übertragen. Hierbei handelt es sich um einen 1-l-Dreizylinder-Ottomotor mit einer Leistung von 90 kW, ausgerüstet mit einem bereits gewichts- und reibungsoptimierten Kolbensystem eines Wettbewerbers. Das Kolbengewicht konnte gegenüber der Serienausführung von 207 auf 189 g

reduziert werden. Die in der Optimierungsphase durchgeführte Simulation der Sekundärbewegung zeigte bezüglich des Reibungsverhaltens sowohl im Volllastbereich als auch im Teillastbereich einen deutlichen Vorteil der LiteKS-4-Kolbenvariante, BILD 4. Um die Reibung beim verwendeten Demonstrator-Motor weiter zu minimieren, kam ein reibungsoptimiertes Ringpaket mit reduzierten

Ringhöhen und Tangentialspannungen zum Einsatz.

**UNTERSUCHUNG AM VOLLMOTOR**

Um reproduzierbare Reibungs- und Kraftstoffverbrauchs-Messungen an den Motorvarianten – Serie und LiteKS-4 – durchführen zu können, war es notwendig, die Betriebspunkte genau zu definie-

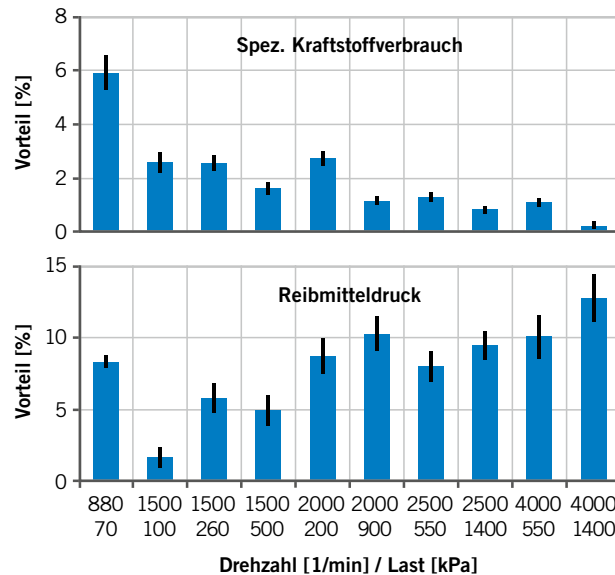


BILD 5 Am Vollmotor gemessener Reibmitteldruck und Kraftstoffverbrauch (© KS Kolbensmidt)

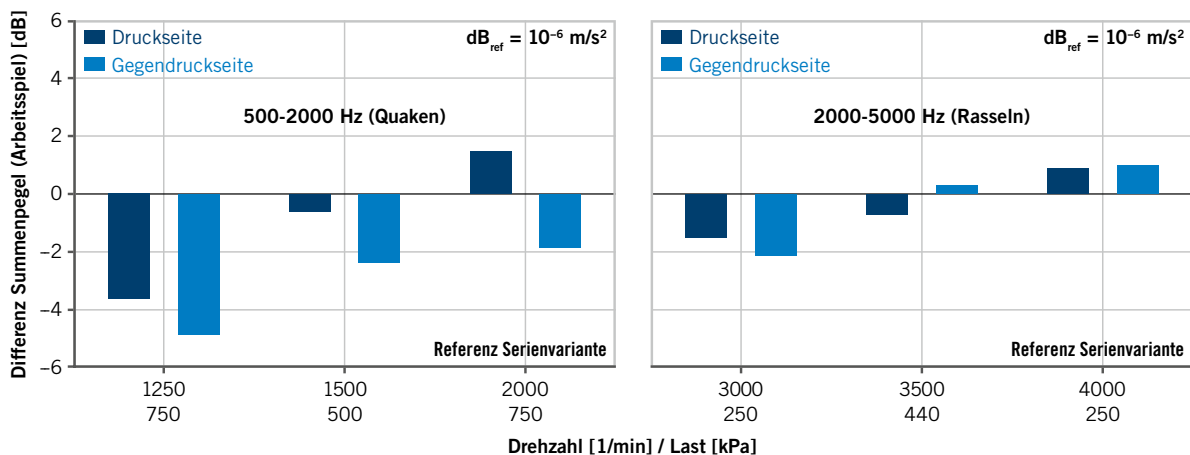


BILD 6 Differenz der NVH-Summenpegel – LiteKS-4 im Vergleich zur Serienvariante (© KS Kolbensmidt)

ren und diese bei allen Versuchsdurchläufen möglichst exakt anzufahren. Die Verwendung der Messdaten für eine anschließende Fahrzyklus-Simulation war zur Definition der Betriebspunkte ausschlaggebend. Bei einem Prüflauf aus zehn Teillast-Betriebspunkten wurde die Drehzahl schrittweise von 860/min bis auf 4000/min erhöht. Für jede Drehzahl wurden verschiedene Lasten angefahren. In allen gemessenen Betriebspunkten ist eine Senkung des Reibmitteldrucks bei der LiteKS-4-Motorvariante zu beobachten, im Bestfall um bis zu 13 %. Die Einsparungen beim Kraftstoffverbrauch, resultierend aus der geringeren Reibung am Kolbensystem, betragen bis zu 6 % im Vergleich zur Serienvariante, BILD 5.

### SIMULATION IM FAHRZYKLUS

Zur Verifizierung des CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials flossen die am Prüfstand gemessenen Verbrauchsvorteile der einzelnen Betriebspunkte in eine Fahrzyklus-Simulation ein. Hierbei wurden die beiden Motorvarianten in einem C-Segment-Fahrzeug in den drei gängigen Zyklen NEFZ, WLTP und FTP(Federal Test Procedure)-75 simuliert. Die Ergebnisse der Fahrzyklus-Simulation zeigen, dass der Kraftstoffverbrauch und die davon abhängigen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den drei simulierten Fahrzyklen deutlich zurückgehen. Im NEFZ sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 2 g/km, eine Reduktion von knapp 1,7 %. Im WLTP beträgt die Ersparnis 1,4 %, im FTP-75-Zyklus 1,6 %. Die Ergebnisse der Kraftstoffverbrauchs- und Fahrzyklus-Simulation hat der OEM in weiterführenden Untersuchungen detailliert nachgemessen und bestätigt.

### KOLBENGERÄUSCH- UND ÖLVERBRAUCHSMESSUNGEN

Die im LiteKS-4-Konzept angewandten Maßnahmen zur Reibungsreduzierung stehen in engem Zusammenhang mit dem Kolbengeräusch und dem Ölverbrauch des Motors. Das Kolbengeräusch kann unter anderem durch eine Änderung des Einbauspiels, der Schaftform, der Schaftsteifigkeit und der Kolbenbolzen-Desachsigung beeinflusst werden. Aufgrund der speziellen Schaftform und -steifigkeit der reibungsoptimierten LiteKS-4-Kolbenvariante traten bei den sehr umfangreichen Kolbengeräuschmessungen keine signifikanten Unterschiede zur Serienvariante auf, obwohl auch das Einbauspiel im Konzept deutlich größer war. Die reibungsoptimierte Kolbenvariante zeigt sich in den jeweils relevanten Betriebspunkten für „Quaken“, BILD 6 (links) und „Rasseln“, BILD 6 (rechts) sogar vorteilhafter als die Serienvariante.

Blowby und Ölverbrauch hat der OEM am Prüfstand gemessen. Mithilfe der Radionuklid-Technik war es möglich, den Ölverbrauch schnell bei definierten Betriebspunkten zu messen. Alle Ergebnisse des LiteKS-4-Konzepts lagen sicher innerhalb der vom OEM festgelegten Grenzen.

### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die in einem Vorentwicklungsprojekt erarbeiteten Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und somit zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten sowohl in der Simulation als auch in der

motorischen Erprobung verifiziert werden. Mit dem LiteKS-4-Kolbenkonzept wurde nochmals eine deutliche Verbesserung bezüglich Leichtbaugrad und Reibungsreduzierung erzielt, ohne nachteilige Kompromisse bezüglich Blowby, Ölverbrauch und Geräuschverhalten eingehen zu müssen. Während der Industrialisierungsphase wurden die Designregeln und Vorgehensweisen zur Auslegung des Konzepts entwickelt, sie werden zurzeit weltweit ausgerollt. Somit ist ein einheitliches Know-how für die Auslegung und Umsetzung des Kolbenkonzepts an den globalen Entwicklungsstandorten und für deren Kunden gewährleistet. Aktuell befindet sich das erste Serienprojekt mit der neuesten LiteKS-Generation bereits in der Validierungsphase. Dabei handelt es sich um einen aufgeladenen Vierzylinder-Ottomotor mit einer spezifischen Leistung von 99 kW/l.

### LITERATURHINWEISE

- [1] Hanke, W.; Buschbeck, R.; Letourneau, S.; Sinclair, D. et al.: Power Cylinder System Friction and Weight Optimization in High Performance Gasoline Engines. SAE Technical Paper 2009-01-1958, 2009
- [2] Hanke, W.; Fahr, M.; Rehl, A.; Voigt, M.; Ando, H.: Friction Reduction in Power Cylinder Systems for Downsize Gasoline Engines with Modern Surface Technologies of Aluminum Crankcases. SAE Technical Paper 2012-01-1332, 2012
- [3] Schumacher, J.; Werninghaus, E.; Morawitz, U.: Untersuchung tribologischer Maßnahmen zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs eines Ottomotors. In: VDI-Berichte 2282, 8. VDI Fachtagung Zylinderlaufbahn, Kolben, Pleuel 2016, Baden-Baden, S. 175-185



### READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
www.mtz-worldwide.com





© KS Kolbenschmidt

# Piston System for Friction Reduction in Modern Gasoline Passenger Car Engines

The LiteKS 4 piston system from KS Kolbenschmidt offers significant advantages in terms of friction and weight thanks to its improved shape, thinner walls and a special aluminum alloy. Both in driving cycle simulation and in tests with a single-cylinder and a three-cylinder gasoline engine, fuel savings of up to 6 % were achieved compared to the standard version.

## MOTIVATION

One of the prime tasks in modern engine development is to achieve a further reduction in fuel consumption and the associated CO<sub>2</sub> emissions. First and foremost, this means having to improve mechanical efficiency. Reducing friction in the piston system, which consists of pistons, piston rings and cylinder surface, offers potential of improving mechanical performance. In order to meet these require-

ments, KS Kolbenschmidt prepared design variants for pistons featuring reduced friction and weight, which were optimized using the finite element method while taking static and dynamic aspects into account. The effectiveness of reduced friction in the resulting LiteKS-4 concept was subsequently tested in a floating liner test engine. In a second step, friction and fuel consumption measurements were conducted on a supercharged 1.0-l three-cylinder gasoline

## AUTHORS



**Klaus Lormes**

is Project Manager Predevelopment Pistons at KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm (Germany).



**Jochen Schumacher**

is Project Manager Predevelopment Pistons at KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm (Germany).



**Matthias Fahr**

is Senior Manager Piston Development Passenger Cars (EU) at KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm (Germany).



**Jochen Müller**

is Vice President Development and Technology at KS Kolbenschmidt GmbH in Neckarsulm (Germany).

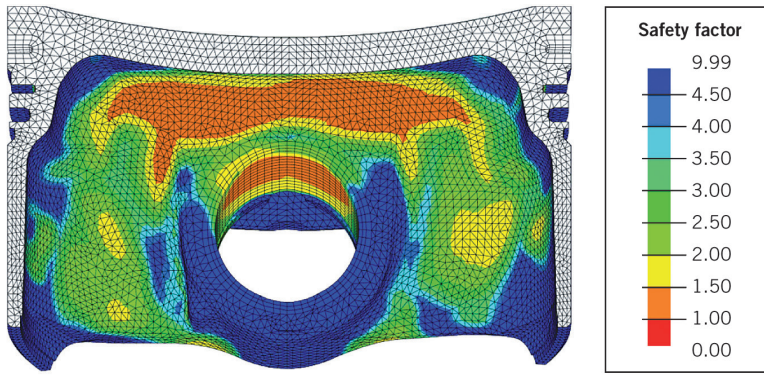


FIGURE 1 LiteKS-4 pistons with homogeneous safety distribution in the bending region (schematic) © KS Kolbenschmidt)

engine. Here, the LiteKS-4 concept displayed a clear reduction in friction compared to the standard piston system.

**THE LITEKS-4 PISTON CONCEPT**

Systematic ongoing development work to optimize the established LiteKS pistons for gasoline engines of all performance classes results in the latest LiteKS-4 design. The more compactly designed, steeper sidewalls, coupled with the convex pin boss inside that segues smoothly at the upper vertex into the curved sidewall form, enables considerably larger recesses in the ring zone region, resulting in reduced weight. This leads to direct support of the piston crown, in turn resulting in a more homogenous distribution of tension, depicted in FIGURE 1 through an even safety distribution in the bending area. Furthermore, the low-friction, highly wear-resistant NanofriKS skirt coating was used for the latest LiteKS generation.

Another component of the LiteKS-4 is the aluminum alloy KS 309, which features substantial advantages with regard to fatigue behavior at high temperatures. An additional positive aspect of the alloy is a reduced coefficient of thermal expansion. In the temperature zone of 160 to 200 °C, measurements show a decrease in thermal expansion of the material of over 3 % compared to its predecessor. On the one hand, this enables selection of a smaller assembly clearance aimed at achieving a lower noise level, for example, during cold starts. On the other hand, thermal overlap in full-load conditions is minimized, which once again makes a decisive contribution to lowering friction and thus offers potential to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

A number of factors therefore contributed to the friction-optimized LiteKS-4 general concept. Particularly crucial here are the lightweight piston structure and the newly designed sidewall geometry in connection with an approximately 16% reduction in skirt surface and the piston

profile to which it is harmonized. Variable degrees of ovality along the length of the skirt were used for both the thrust and anti-thrust side. Taking into account the thermal deformation of the piston as well as the cylinder surface, this variability enables friction- and noise-optimized definition of the external piston contour. Highly resistant to wear and tear, the low-friction NanofriKS skirt coating contributed to the successful implementation, as did the aluminum alloy KS 309 with a reduced coefficient of thermal expansion.

To increase the potential for achieving a high degree of lightweight design, the thickness of the side wall was reduced to 2.7 mm. The new piston structure of the LiteKS-4 design enables thinner wall thicknesses in the lower power range as well as in high-performance applications with cooling galleries and ring carriers for very high specific outputs. In order to achieve the 2.7-mm cast wall thickness, a new casting tool concept was developed. Here, the focus was on optimizing the ventilation as well as attaining a homogenous distribution of temperature in the casting tool core.

In comprehensive studies, additional designs were drawn up for pistons with diameters in the 70- to 103-mm range and specific outputs of 60 to 120 kW/l. Compared to the current LiteKS series, it proved possible to achieve an average weight reduction of approximately 10 %, FIGURE 2.

**INVESTIGATIONS ON A SINGLE-CYLINDER FLOATING LINER ENGINE**

So as to determine exactly the crank angle-resolved piston group friction with an ignited engine, KS Kolbenschmidt applied the floating liner measurement principle. Here, friction between the piston group and cylinder surface is investigated with the aid of a sensor-mounted cylinder liner, based on which the resulting friction mean effective pressure is calculated. During the test series, the newly developed LiteKS-4 piston variant was compared with the current series LiteKS family. Within the floating liner investigations, the piston assembly clearance, cylinder surface and piston ring package were intentionally left unchanged. For this reason, the differences measured in the friction mean

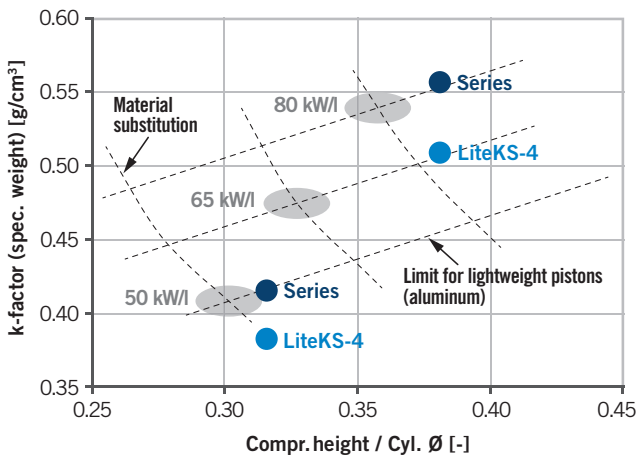


FIGURE 2 Weight advantages of the LiteKS-4 piston design © KS Kolbenschmidt)



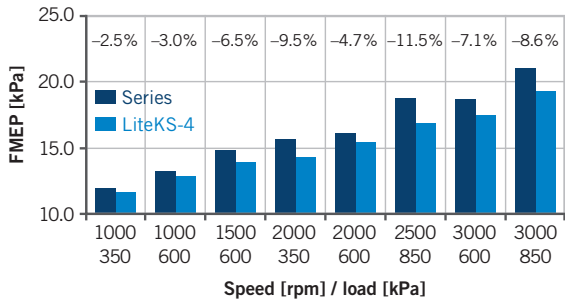


FIGURE 3 Comparison of friction mean effective pressure (FMEP) in the series LiteKS and the new LiteKS-4 (© KS Kolbens Schmidt)

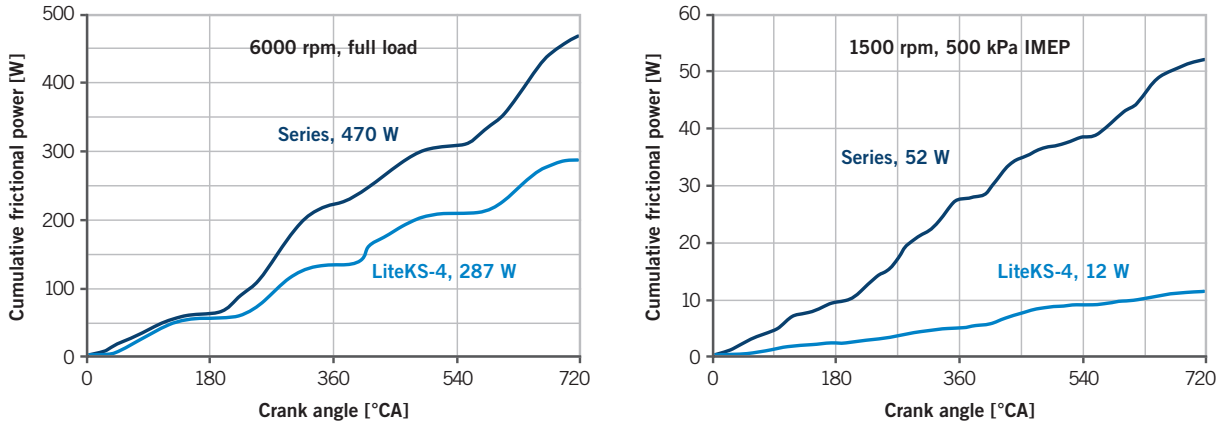


FIGURE 4 Comparison of the simulated cumulative frictional power in the full- and partial load range (© KS Kolbens Schmidt)

effective pressure derive exclusively from alterations in the piston design. An examination of the friction mean effective pressure depicted in **FIGURE 3** reveals that friction in the LiteKS-4 piston variant at every operating point is lower than in the current LiteKS version. On average, friction mean effective pressure in the newly developed variant is nearly 7 % lower.

further minimize friction in the demonstrator engine, a friction-optimized ring package with reduced ring heights and tangential load was used.

#### INVESTIGATION ON FULL-LOAD ENGINE

In order to conduct reproducible friction and fuel consumption measure-

ments of the engine variants – series and LiteKS-4 – it was necessary to exactly define the operating points, and to approach these as exactly as possible in all of the test runs. Using the measurement data for a subsequent driving cycle simulation was decisive in defining the operating points. During a test run consisting of ten partial load operating points, the engine speed was gradually

#### LITEKS-4 CONCEPT FOR FRICTION OPTIMIZATION IN FULL-LOAD ENGINES

Findings from the floating liner investigation regarding the optimized piston concept and the defined piston profile have been incorporated into an engine already launched on the market. This is a 1.0-l three-cylinder gasoline engine with an output of 90 kW, equipped with an already weight- and friction-optimized piston system from a competitor. It proved possible to reduce the weight of the LiteKS-4 from 207 to 189 g in the series variant. Simulation of the secondary motion conducted during the optimization phase showed a clear advantage with regard to friction behavior on the part of the LiteKS-4 variant, **FIGURE 4**, in both the full- and partial-load range. In order to

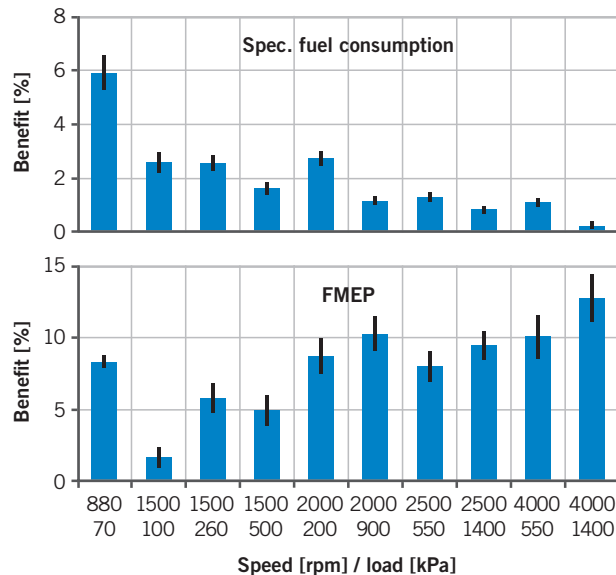


FIGURE 5 Friction mean effective pressure (FMEP) and fuel consumption in a full load engine (© KS Kolbens Schmidt)

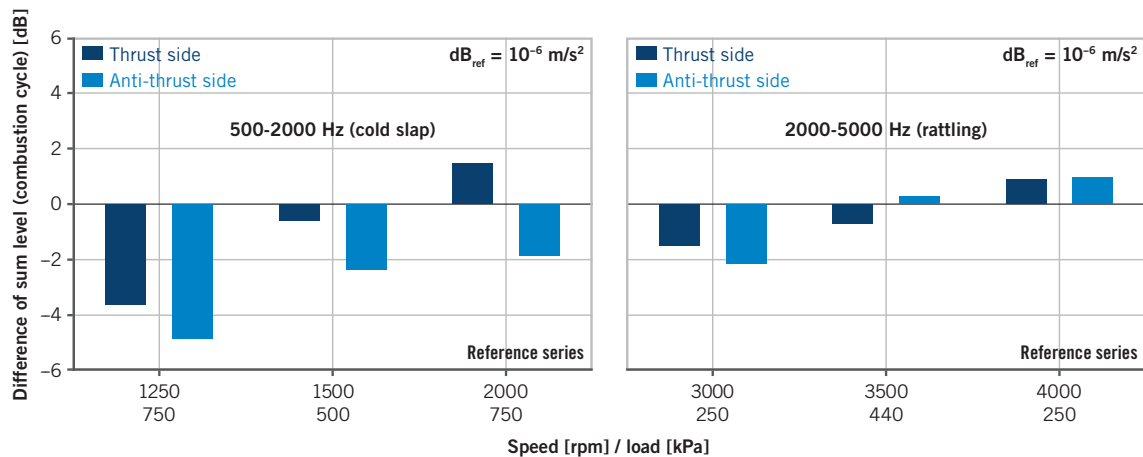


FIGURE 6 Difference in NVH sum levels – LiteKS-4 compared to the standard variant (© KS Kolbenschmidt)

increased from 860 to 4000 rpm. Various load conditions were approached for each engine speed. In all of the measured operating points, a reduction of the friction mean effective pressure was achieved with the LiteKS-4 piston variants, up to 13 % in the best case. The savings in fuel consumption resulting from reduced friction in the piston system were as high as 6 % compared to the standard variant, **FIGURE 5**.

### DRIVING CYCLE SIMULATION

As a means of verifying potential CO<sub>2</sub> savings, the consumption advantages for the individual operating points measured on the test bed were fed into a driving cycle simulation. Here, both engine variants were simulated in a C-segment vehicle in the three standard cycles: NEDC, WLTP and FTP (Federal Test Procedure)-75. The results of the driving cycle simulation showed that fuel consumption and the associated CO<sub>2</sub> emissions could be significantly reduced in all three cycles. In the NEDC, a CO<sub>2</sub>-reduction of 2 g/km was attained – a decline of nearly 1.7 %. In the WLTP, the savings amount to 1.4 %, while savings in the FTP-75 cycle came to 1.6 %. The fuel consumption and driving cycle results were measured again in detail and confirmed in subsequent investigations conducted by the OEM.

### PISTON NOISE AND OIL CONSUMPTION MEASUREMENTS

The measures applied in the LiteKS-4 to reduce friction are closely associated with piston noise and oil consumption of the engine. Among other things, piston noise can be influenced by alteration of the assembly clearance, skirt geometry, skirt rigidity, and the pin bore offset. Due to the special shape and rigidity of the friction-optimized LiteKS-4 piston variant, no significant differences from the series variant were detected during numerous piston noise measurements, even though the assembly clearance in the concept was significantly larger. The friction-optimized piston variant actually proved to be superior to the series variant with regard to the relevant operating points for “cold slap,” **FIGURE 6** (left) and “rattling,” **FIGURE 6** (right).

The OEM measured blowby and oil consumption on a test bed. With the help of radionuclide technology, it was possible to measure oil consumption at defined operating points. All results for the LiteKS-4 were safely within the limits established by the OEM.

### SUMMARY AND OUTLOOK

Elaborated in a predevelopment project, the measures for reducing fuel consumption and therefore CO<sub>2</sub> emissions were

successfully verified using simulation technology and engine tests. The LiteKS-4 piston concept revealed a significant further improvement with regard to weight-saving and friction reduction, without having to make disadvantageous compromises in terms of blowby, oil consumption and piston noise behavior. The design rules and layout procedures for the LiteKS-4 concept were developed during the industrialization phase and are currently being rolled out worldwide. This will assure uniform know-how for layout and implementation of the piston concept at development locations and for their customers around the globe.

At present, the first series project with the latest LiteKS generation is already in the validation phase. It involves a supercharged four-cylinder gasoline engine with a specific output of 99 kW/l.

### REFERENCES

- [1] Hanke, W.; Buschbeck, R.; Letourneau, S.; Sinclair, D. et al.: Power Cylinder System Friction and Weight Optimization in High Performance Gasoline Engines. SAE Technical Paper 2009-01-1958, 2009
- [2] Hanke, W.; Fahr, M.; Rehl, A.; Voigt, M.; Ando, H.: Friction Reduction in Power Cylinder Systems for Downsize Gasoline Engines with Modern Surface Technologies of Aluminum Crankcases. SAE Technical Paper 2012-01-1332, 2012
- [3] Schumacher, J.; Werninghaus, E.; Morawitz, U.: Untersuchung tribologischer Maßnahmen zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs eines Ottomotors. In: VDI-Berichte 2282, 8. VDI Fachtagung Zylinderlaufbahn, Kolben, Pleuel 2016, Baden-Baden, pp. 175–185



# CHANGE DRIVEN

Unsere zukunftsweisenden Technologien werden die Mobilität von morgen nachhaltig verändern. Erfahren Sie mehr über unsere innovativen Lösungen für Verbrennungsmotoren, Hybrid- und Elektroantriebe unter [www.rheinmetall-automotive.com](http://www.rheinmetall-automotive.com)

UNSER **HERZ** SCHLÄGT FÜR IHREN ANTRIEB.

 **RHEINMETALL**  
AUTOMOTIVE