

Mahle König KG

power | innovation

Entwicklung von Hochleistungskolben

FH Joanneum, Graz
16.11.2011



INHALT

- Kurzvorstellung Mahle-König
- Entwicklungsaufgaben
- Entwicklungsablauf
- FE-Berechnung
- Zusammenfassung



KÖNIG[®]
power | innovation

Mahle König - Geschäftssegmente

- **Recreational Vehicles / Motorcycles:**
 - **POLARIS, KTM, BRP**, PIAGGIO, MERCURY MARINE, MERCURY RACING, BMW, WEBER, DUCATI CORSE, **DUCATI**, KYMCO, RUSSKAJA MEKHANIKA, ARCTIC CAT
- **Automotive:**
 - BMW, PORSCHE, FERRARI, TOYOTA, **FEDERAL MOGUL**, MAHLE
- **Heavy Duty und Natural/Bio-Gas:**
 - **GE JENBACHER AG**, GAZ RUSSIA, WEICHAJ (CHINA), SCANIA, STEYR
- **Industrie:**
 - KAESER, STIHL, HUSQVARNA, **EMAK**



KÖNIG
power | innovation

Mahle König - Produktportfolio



KÖNIG
power | innovation

Produktportfolio



Ø 145,0
Gasmotor



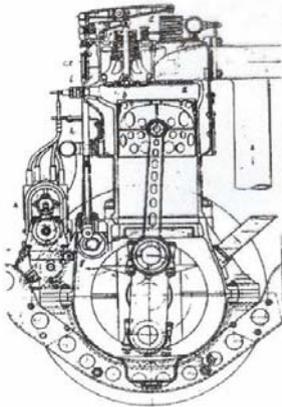
GP1

Ø 50,0
4Takt-Kolben
Druckguss



Leichtbau im Rennsport 1909

Das Thema Leichtbau von Kolben ist nichts grundsätzlich neues, nur die Art der Umsetzung war damals etwas anders als heute.



„Blitzen-Benz“, Rennsport 1909. Vh 21,5l, ø 185mm, 200PS/1600min⁻¹



KÖNIG
power | innovation

Stahlkolben 4-Takt 2009



Entwicklungsaufgaben

- **Hohe Bauteilfestigkeit bei min. Gewicht**
- **Optimierung Ölverbrauch**
- **Optimierung Durchblasemenge**
- Reduzierung von Kolben und Ringverschleiß
- Zylinderverschleiß, Zylinderpolierer
- **Ringnutbewehrung**
- **Kolbenkühlung**
- Temperaturmessung am Kolben und am Motor
- **Kaltfresstests**
- **Kolbenauslegung für 2-Takt-Einspritzmotoren**
- **Reibleistungsminimierung**
- **Klopfuntersuchungen**
- Geräuschuntersuchungen
- Minimierung Schadstoffvolumen
- Kolbenbewegungsuntersuchung
- Kolbensmierung
- Optimierung Blaurauchverhalten
- **Niedrige Kosten**
- **Verkürzung der Entwicklungszeiten**



Entwicklungsablauf

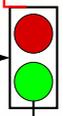
Mahle König KG

Kunde

Betriebsfestigkeitssimulation

- CAD-Modelle 1 ... n
- FE-Modelle 1 ... n
- Auslegungsrandbedingungen

Kundenspezifischer Sicherheitsfaktor



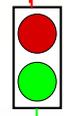
Prototypenfertigung

Außermotorische Prüfung

- Nabenabreißuntersuchung
- Nabepulsen
- Schaftpulsen
- DMS

Innermotorische Prüfung

- Prüfstandsdauerlauf
- Fresstest
- Heißfresstest
- Kaltstart
- Klappertest
- Nardo-Dauerlauf-Simulation
- kundenspezifische Dauerläufe



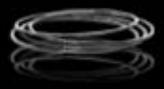
SOP

Entwurfsphase

Prototypenphase

Allgemeine Motordaten: Pflichtenheft

- Bohrungsdurchmesser
- Hub
- maximaler Zünddruck
- Ventilwinkel



Hochfrequenzpulser - Schaftpulsen

Prüfbedingungen:

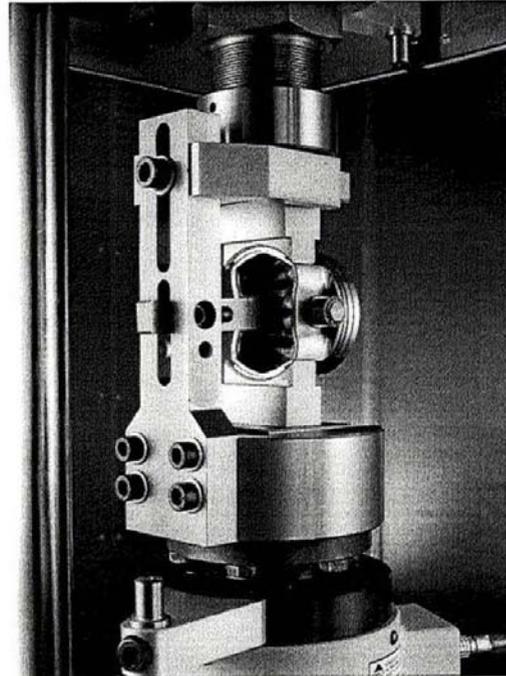
Frequenz: 60- 120 Hz

Oberlast: max. 150 kN

Unterlast: 1kN konst.

Temperatur: Raumtemperatur

Grenzlastspielzahl: 3 Millionen.



KÖNIG
power | innovation

Abreißversuch



Kolbenentwicklung für einen Motorradmotor – technische Daten:

Pflichtenheft

- 2 Zylinder
- **Bohrung 112 mm**
- Hub 60,8 mm
- Einzelhubraum 598,7 ccm
- Gesamthubraum 1197,4 ccm
- Leistung 145 KW bei 11 000 1/min (max. 13 000 1/min)
- **Spez. Leistung 119 KW/l**
- Kolbenflächenleistung 0,74 KW/ccm
- Zünddruck 9,0 MPa
- **Verdichtung 12,5**
- Einfachzündung
- 2 Ölspritzdüsen pro Kolben
- Pleuellänge 110,1 mm
- **Gewicht MIN**
- **Al-Nikasilzylinder**
- **Einsatz: Straße**



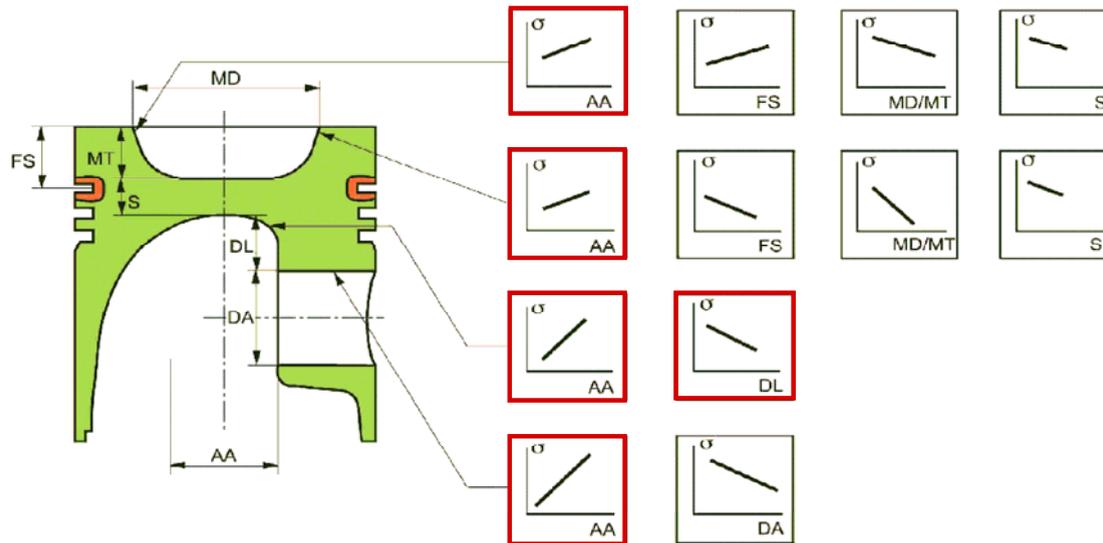
Charakteristische Kolbenabmessungen

- KH 29,65 mm 26,5 % von Dzyl.
- Bolzendurchm. 22,0 = 19,6 % /Dzyl.
- Augenabstand 23,0 = 20,5 % /Dzyl.
- Pleuel obengeführt



Einflussgrößen der Spannungsamplituden

Einfluss der Hauptabmessungen auf die mechanischen Spannungsamplituden am Kolben



Bauteilfestigkeit

Geometrische Randbedingungen zur Erhöhung der Bauteilfestigkeit von Aluminiumkolben

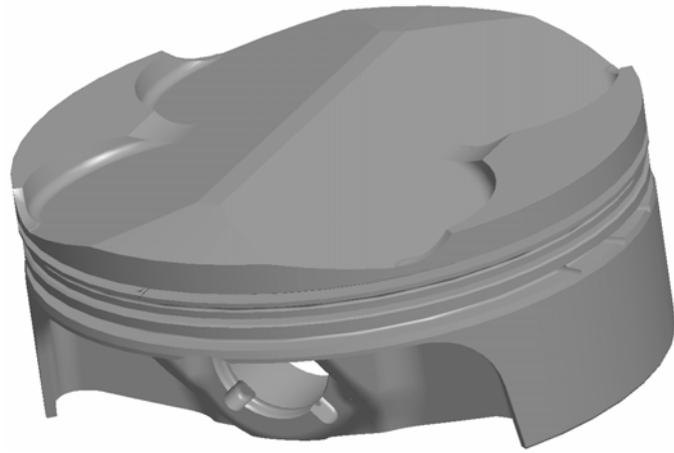
Hauptabmessungen

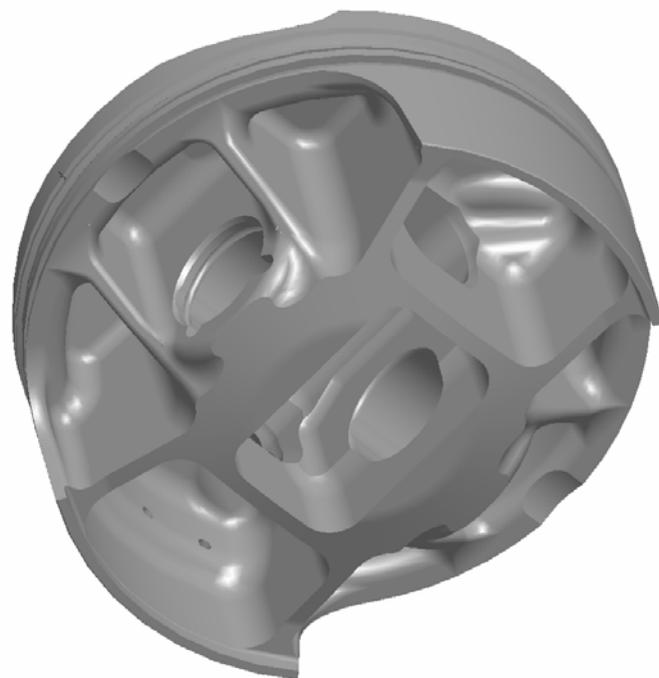
- Kompressionshöhe vergrößern
- Bolzendurchmesser vergrößern
- Ringsteghöhen vergrößern
- Augenabstand / obere Pleuelbreite reduzieren

Bodengeometrie

- ohne Ventiltaschen
- Muldentiefe reduzieren
- Muldendurchmesser vergrößern
- Muldenlage möglichst zentrisch







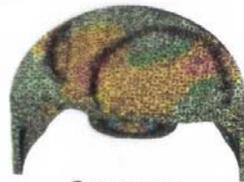
KONIG[®]
power | innovation

Berechnungen

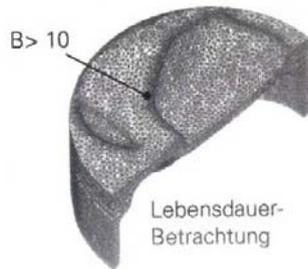
3D- FE Berechnung



Temperaturfeld
Berechnung

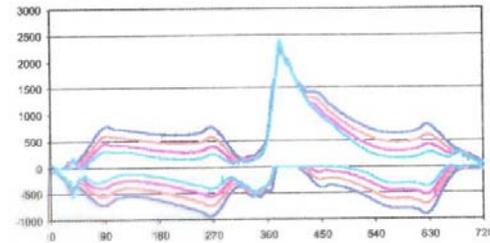


Spannungs-
Ermittlung

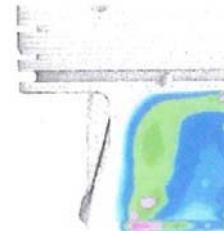


Lebensdauer-
Betrachtung

Seitenkraftverlauf

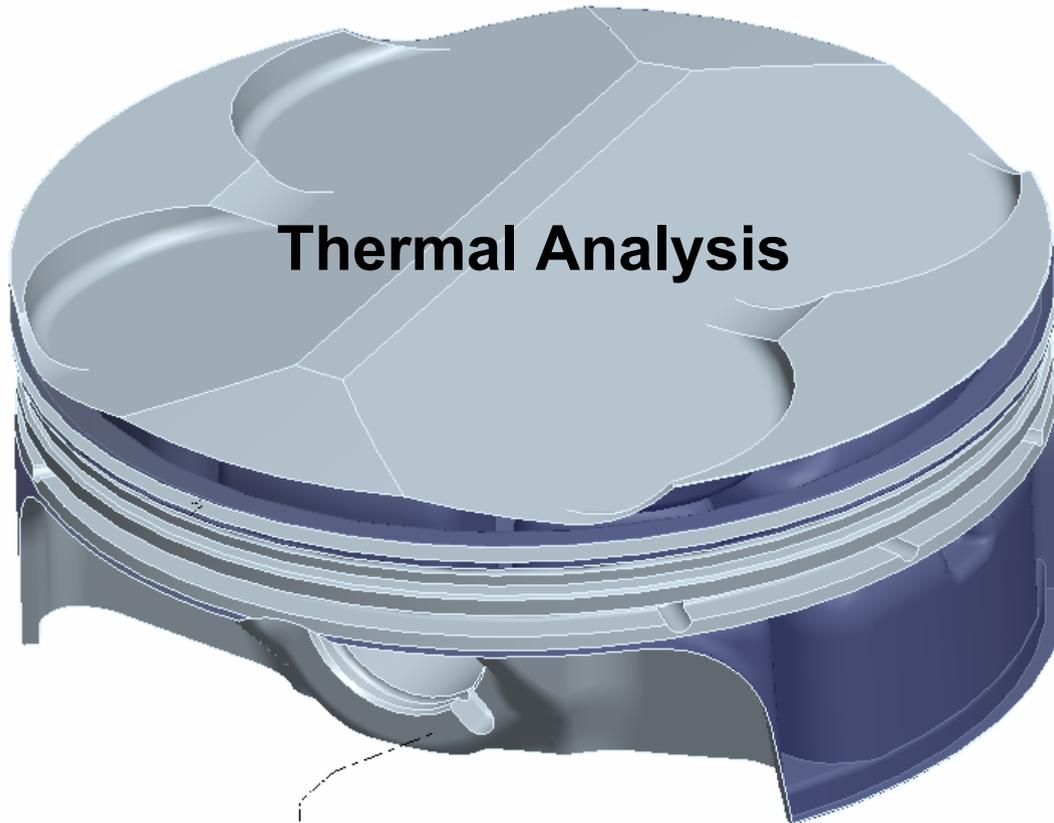


Druckverteilung
am Kolben



KÖNIG
power | innovation

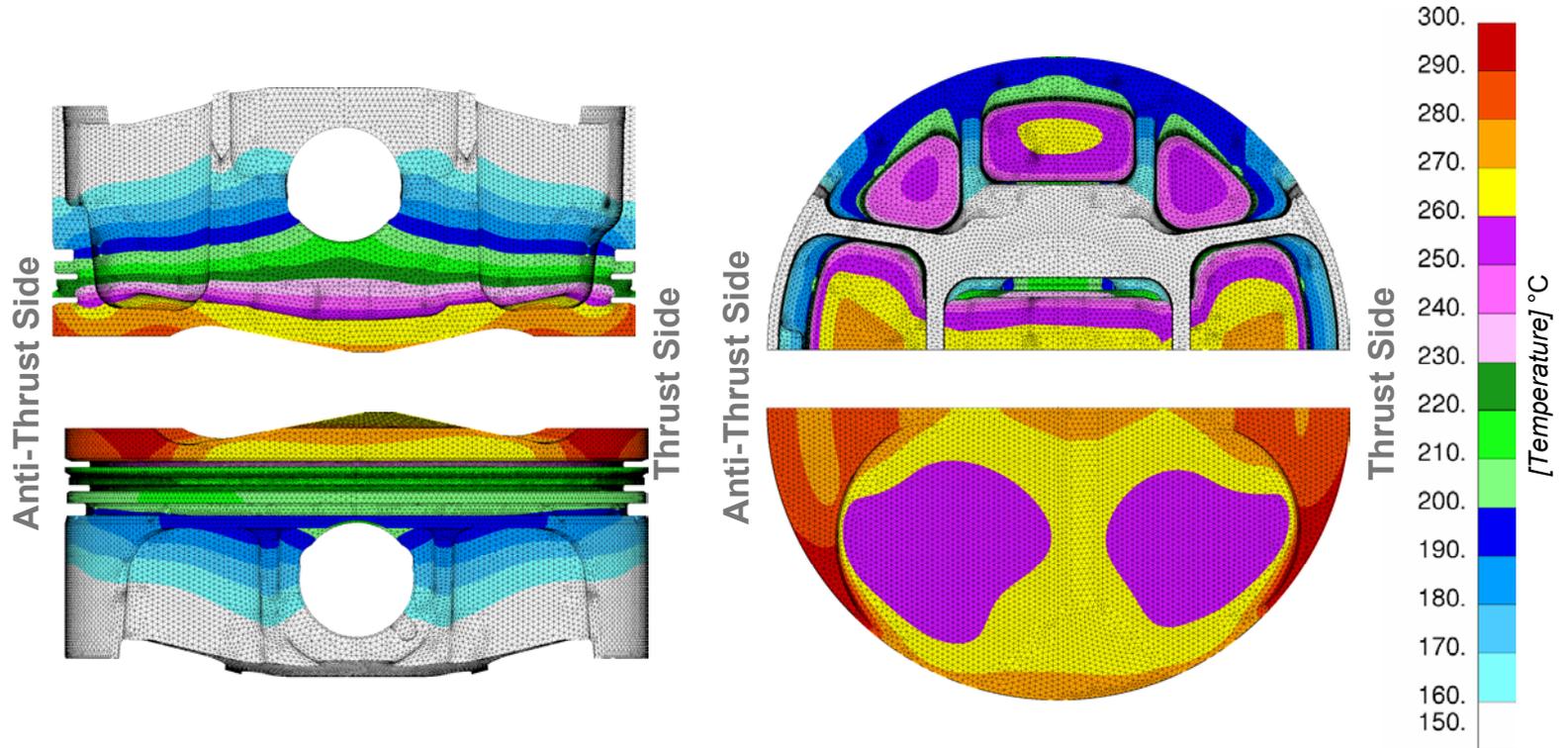
Thermal Analysis



KONIG
power | innovation

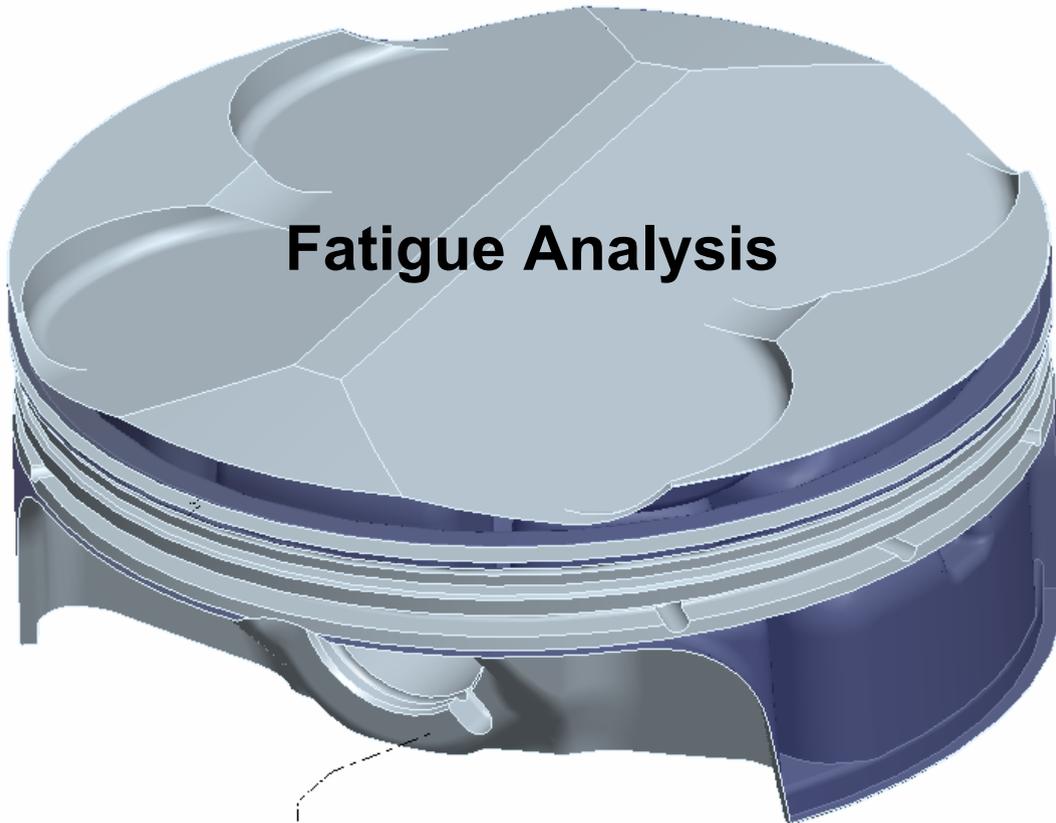
Thermal Analysis – thermal load case 270°C ... 280°C

Max Temperature @ node 3471 = 312°C



KÖNIG
power | innovation

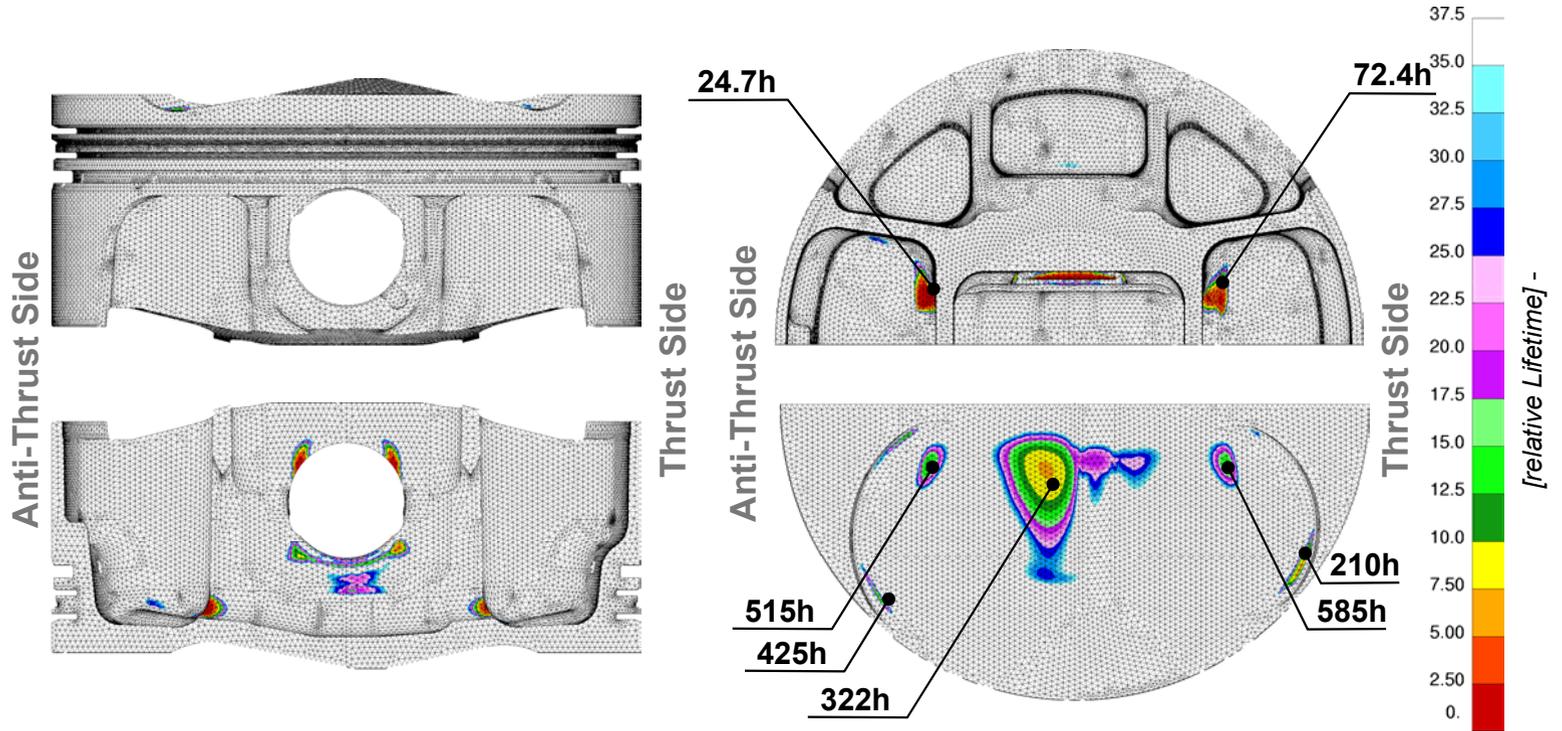
Fatigue Analysis



KONIG
power | innovation

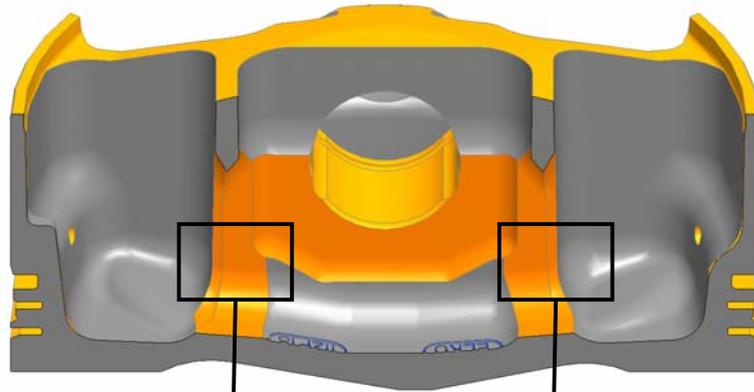
Relative Lifetime EK2560-01

Requested Lifetime: 45h-WOT; max. pressure $p_{max} = 90.0\text{bar}$; Speed $n = 11000\text{rpm}$; Material: MSP25RS; Max Temperature (crown center) 273°C

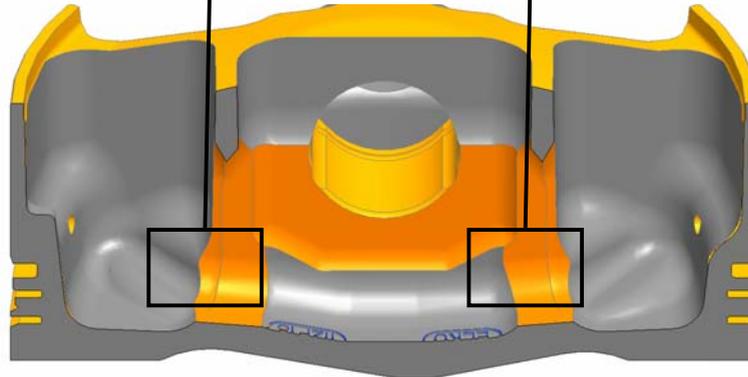


Modification of EK2560-02 to EK2560-07

EK2560-02
piston mass: 457g



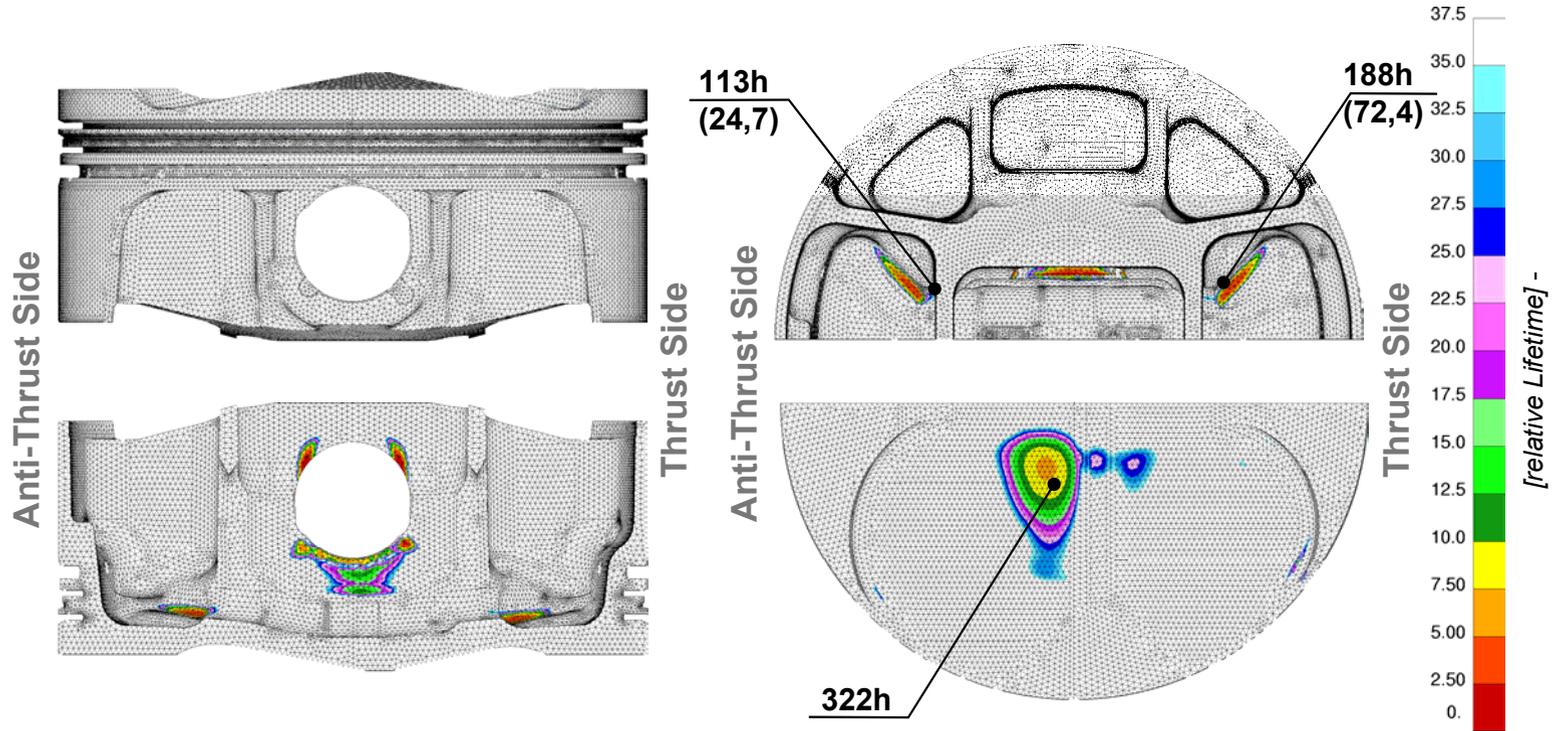
EK2560-07
piston mass: 465g



KONIG
power | innovation

Relative Lifetime of EK2560-07

Requested Lifetime: 45h-WOT; max. pressure $p_{max} = 90.0\text{bar}$; Speed $n = 11000\text{rpm}$; Material: MSP25RS; Max Temperature (crown center) 273°C



KÖNIG
power | innovation

HA-Beschichtung 1. Ringnut

Materialzerrüttungen
durch Mikroverschweißungen

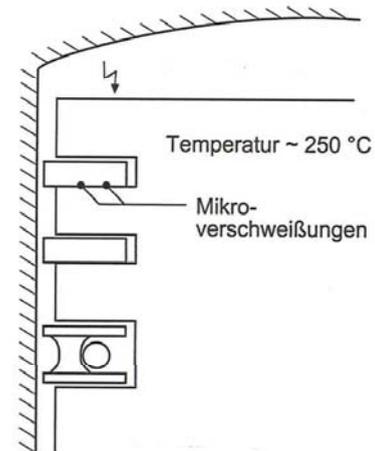
(Microwelding)



Draufsicht auf Nutflanke

1 mm

Umgebungsbedingungen an der
Nutflanke



Abhilfe: HA-Beschichtung der 1. Nut

Schichtoberfläche wird im Motor rasch eingeebnet, Abdichtfunktion des Kolbenrings wird nicht beeinträchtigt.



KÖNIG
power | innovation

Zusammenfassung

- Der Verbrennungsmotor bleibt in den nächsten Jahrzehnten – vielfach in unterschiedlichen Hybridisierungsgraden – die wichtigste Antriebsquelle.
- Der Erfolg des Leichtbaus wird mit konventionellen Mitteln immer geringer.
- Der geschmiedete Kolben stellt bei höchsten Belastungen auch in Zukunft die technisch beste Lösung für unsere Produktpalette dar, in Verbindung mit einem buxsenlosen kleinen Pleuelauge in Kombination mit einem Stufenpleuel.
- Trotz aller außermotorischer Entwicklungswerkzeuge erfolgt die Optimierung von Blowby und Ölverbrauch durch intensive Prüfstandsarbeit durch Ring- und Kolbenform-Varianten.
- Zukünftige 2-Takt Motoren mit Direkteinspritzung erfordern aus thermischen Gründen Stahl-Kolben.



**Der Kolben ist ein Stück Metall, unbedingt
notwendig für den Betrieb eines
Verbrennungsmotors und scheinbar zu dem
ausdrücklichen Zweck geschaffen, zu verhindern,
dass Ingenieure ausgebildet werden.**

(Gebr. Mahle)

