

# **Dieselmotoren der TAE für die General Aviation**

Baden-Baden, 20. September 2003

Ralf Czyrnik, Thielert Aircraft Engines GmbH

- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines GmbH**
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses
- IV. Centurion 1.7
- V. Centurion 4.0
- VI. Zusammenfassung



## Thielert AG

Thielert Motoren GmbH  
Hamburg

**Thielert Aircraft Engines GmbH  
Lichtenstein**

High-Performance Engines,  
Components and Engine Management  
Systems, Manufacturing of Prototype-  
and Race Cars

**Manufacturing of components and  
parts with complex geometries**

**Design Organisation  
according to JAR-21 Subpart JA**

**Production Organisation  
according to JAR-21 Subpart G**

**Aircraft Engines according to JAR-E  
Engine installation acc. to JAR-23**

### Aviation:

- ✍ Herstellung von Dieselflugmotoren
- ✍ Fertigung von Präzisionsteilen für die Luftfahrtindustrie (u.a. Motorteile und Strukturelemente)
- ✍ Entwicklung und Herstellung von Flugzeugelektronik (Digitale Motorsteuerungen)

### Automotive (Prototypen, Vorserien, Rennsport):

- ✍ Herstellung von Motorteilen (u.a. Hochleistungs-Nocken- und Kurbelwellen)
- ✍ Entwicklung und Herstellung von Elektronikbausteine (Motorsteuerungen, Steuerungssoftware)
- ✍ Engineering-Dienstleistungen (u.a. Prüfstände, Optimierung von Motorkonzepten)



- ✍ 1999 gegründet, um den Dieselmotor für die Allgemeine Luftfahrt zu adaptieren
- ✍ Zertifizierter Entwicklungs- und Herstellungsbetrieb für Flugmotoren und Komponenten
- ✍ Über 80 Mitarbeiter
- ✍ hochmoderne CNC-Fertigungszentren
- ✍ Serienproduktion CENTURION 1.7
- ✍ CENTURION 4.0 auf AERO 2003 vorgestellt



### 1999-2000

- ✍ Bau des Werkes in Sachsen, Produktionsbeginn

### 2001

- ✍ Musterzulassung für TAE 110
- ✍ Zulassung Entwicklungsbetrieb JAR-21 JA
- ✍ Zulassung Herstellungsbetrieb JAR-21 G, JAR-22 H

### 2002

- ✍ Musterzulassung TAE 125 (Centurion 1.7)
- ✍ Diesel-Flugzeuge: Diamond DA40 und DA42, Cessna 172, Piper PA28, Robin 135CDI
- ✍ Entwicklung Sonderanwendungen

### 2003

- ✍ Serienproduktion CENTURION 1.7, Entwicklung und Zertifizierungsprogramm CENTURION 4.0, Werkserweiterung
- ✍ Entwicklung Sonderanwendungen

- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren**
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses
- IV. CENTURION 1.7
- V. CENTURION 4.0
- VI. Zusammenfassung

## Flotte der GA Flugzeuge

- ✍ Spektrum der GA Flugzeugflotte:
  - ✍ Single-Engine bis 2 t MTOM
  - ✍ Multi-Engine bis 5,7 t MTOM
- ✍ Anteil der Flugzeuge mit Kolbenflugmotor: 78 Prozent
- ✍ Durchschnittsalter der Flotte: ca. 31 Jahre\*

### Typisches Beispiel: Eine Cessna 172

- ✍ Baujahr: 1972
- ✍ Gesamtflugzeit: 5,560h
- ✍ Letzte Motorüberholung vor 1,582h

Source: Internet



\* Source: GAMA Statistical Databook 2002, LBA

- ✂ Hohe Betriebs- und Unterhaltskosten für das Flugzeug
- ✂ Hohe Schulungskosten
- ✂ Hohe Arbeitsbelastung für den Piloten
- ✂ Intensive und langwierige Wartung, Reparatur und Überholung



**Verur-  
sacht  
durch**

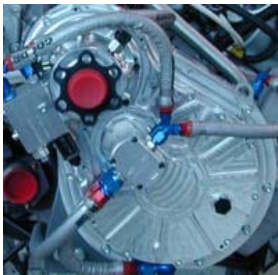
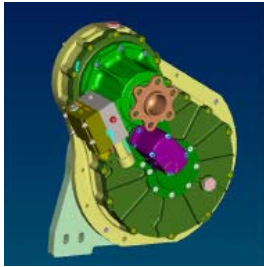
**Veraltete  
Komponenten und Motortechnologie**

- ✂ Luft wird ohne Brennstoff in den Zylindern verdichtet.
- ✂ Lufttemperatur steigt über den Flammpunkt des Brennstoff.
- ✂ Brennstoff wird dann eingespritzt, vermischt sich mit der komprimierten Luft und entzündet sich sofort.
- ✂ Die Leistung wird über die Menge des eingespritzten Brennstoffes geregelt. Es gibt keine Drosselung.

- ✍ Gemischaufbereitung sehr simpel, da der Brennstoff einfach in der gewünschten Menge eingespritzt wird.
- ✍ Keine Gefahr des Klopfens, da Brennstoff erst zugeführt wird, wenn er sich entzünden soll.
- ✍ Dieselmotoren werden mit hoher Kompression betrieben. (Auch) Daraus folgt ein höherer thermodynamischer Wirkungsgrad

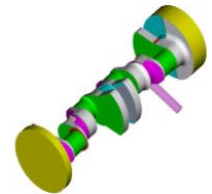
- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses**
- IV. CENTURION 1.7
- V. CENTURION 4.0
- VI. Zusammenfassung

## Entwicklung mechanischer Systeme



Getriebe Centurion 1.7

- ✂ In unserer Konstruktionsabteilung verfügen wir über zehn 3-D CAD/CAM Arbeitsplätze, die mit Pro/Engineer 2001 und Catia V5 ausgestattet sind
- ✂ Sämtliche Bauteile werden als 3-D Modelle konstruiert
- ✂ Aus den Modellen werden
  - ✂ Fertigungszeichnungen abgeleitet
  - ✂ Bearbeitungsprogramme für die CNC Bearbeitungszentren erstellt
  - ✂ Solldaten für die CNC Koordinatenmessmaschinen erstellt
- ✂ Erprobungsfähige Prototypen- und Versuchsteile können innerhalb weniger Tage konstruiert und gefertigt werden – zeitraubende Fremdvergabe von Aufträgen entfällt gänzlich

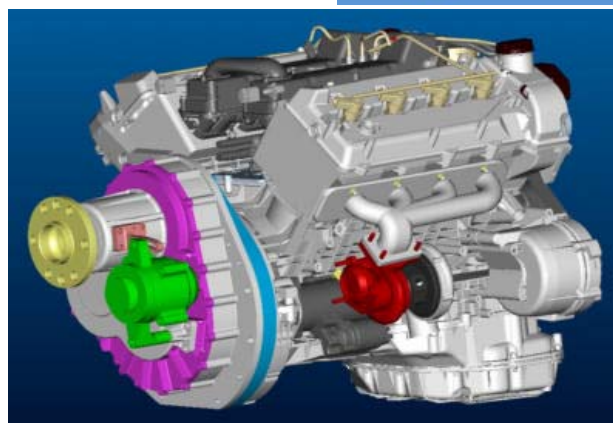
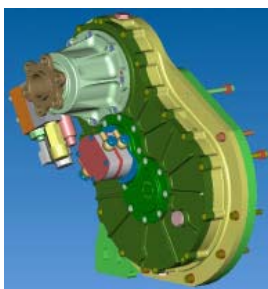


Bearbeitungssimulation einer Kurbelwelle aus dem Vollen im Volumenmodell

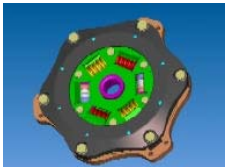


Flächenrückführung eines gescannten Ansaugkanals

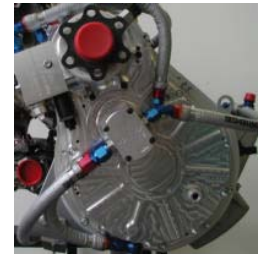
# Computer Aided Design Computer Aided Manufacturing



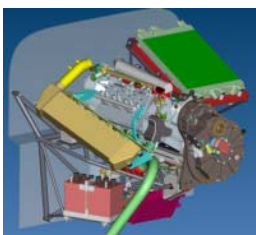
## Entwicklungsleistung



- ✍ Maximallastbegrenzung und Torsionsschwingungsdämpfung durch Kupplung mit Federpaketen
- ✍ einsatzgehärtete Stirnräder aus hochfestem Stahl
- ✍ Elektronisch angesteuertes Constant-Speed-Unit für hydraulische Propellerverstellung
- ✍ Ölumlaufschmierung mit gezielter Versorgung der Lagerstellen
- ✍ Kompakte Bauform, einfache Wartung



## Entwicklungsarbeit nach Luftfahrtstandards



- ✍ Kurbelwelle
- ✍ Elektronisch angesteuerte Constant-Speed-Unit für hydraulische Propellerverstellung
- ✍ Ölsystem inkl. Blow-By-System zur Scheidung des Luftölgemisches aus dem Kurbelgehäuse
- ✍ Kühlsystem: erste vollständige Flüssigkeitskühlung in diesem Marktsegment
- ✍ Abgas- und Ladeluftsystem: Abgaskrümmter, Turboladersystem, Ladeluftkühler

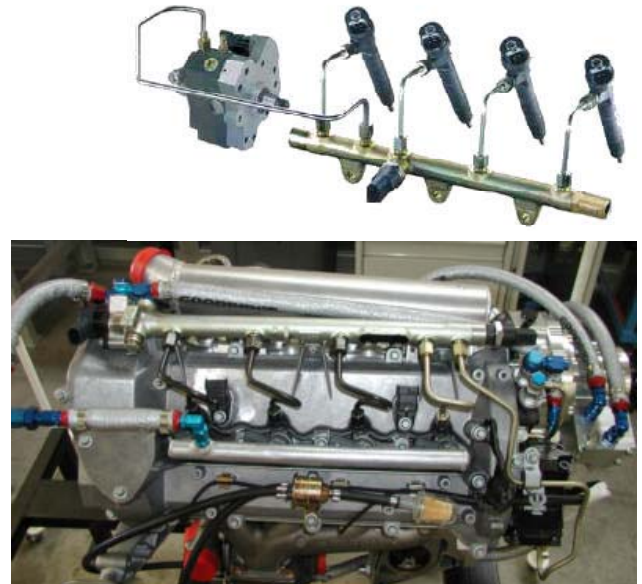


## State-of-the-Art Diesel Injection Technology

- ✍ Hoher Wirkungsgrad, hohe Leistungsausbeute, geringe Lärmentwicklung

## Entwicklungsleistung

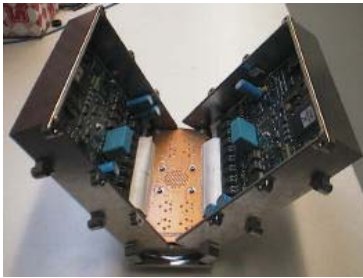
- ✍ Anpassung der Hochdruckpumpe an Jet Fuel
- ✍ Regelung von Einspritzvolumen bzw. -dauer
- ✍ Elektronische, redundante Steuerung und Regelung für Luftfahrt
- ✍ Brennstoffdruck 1.350 bar (19.800 psi) in der Common Rail



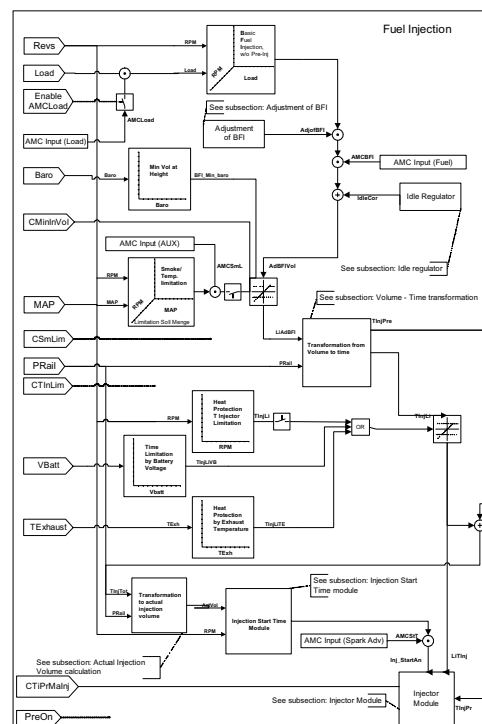
# FADEC – die elektronische Motorsteuerung

- ✍ Full Authority Digital Engine Control
- ✍ Redundant ohne mechanisches Backup System
- ✍ Entwickelt und zertifiziert nach DO160 und DO178
- ✍ Anforderungen an Blitzschutz und EMV (150 V/m) werden erfüllt





- ✘ Health levels: die ECUs prüfen wechselseitig ihren Zustand; Automatische Umschaltung auf die jeweils gesündere ECU
- ✘ Ein-Hebel-Bedienung
- ✘ Variable Datenerfassung von relevanten Parametern (z.B. Temperaturen von Wasser, Öl, Luft; Drehzahl, Ladedruck, Brennstoffdruck etc.)
- ✘ Automatische Run Up Prozeduren
- ✘ Steuerung bei Hot/Cold Start-ups
- ✘ Event-Log – alle motorenrelevanten Daten werden erfasst und gespeichert, daher Erleichterung der Wartung und Instandhaltung
- ✘ Mit Datenerfassung klare Erfassung von Zuständen (Garantie)



- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses
- IV. CENTURION 1.7**
- V. CENTURION 4.0
- VI. Zusammenfassung

## Dieselflugmotor CENTURION 1.7

### Die Idee

- ✍ Flugmotor basierend auf Grundkomponenten bestehender Großserienprodukte
  - ✍ Hochentwickelte Standards
  - ✍ Partizipieren an großen F&E-Budgets
  - ✍ Zuverlässiges Produkt als wesentliche Ausgangsbasis
- ✍ Dieselmotor mit Direkteinspritzung für hohe Wirkungsgrade
- ✍ Elektronische Motorsteuerung

Vorher:



Nachher:



Vorher:

**Ansicht von links**

Nachher:

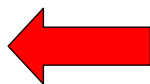
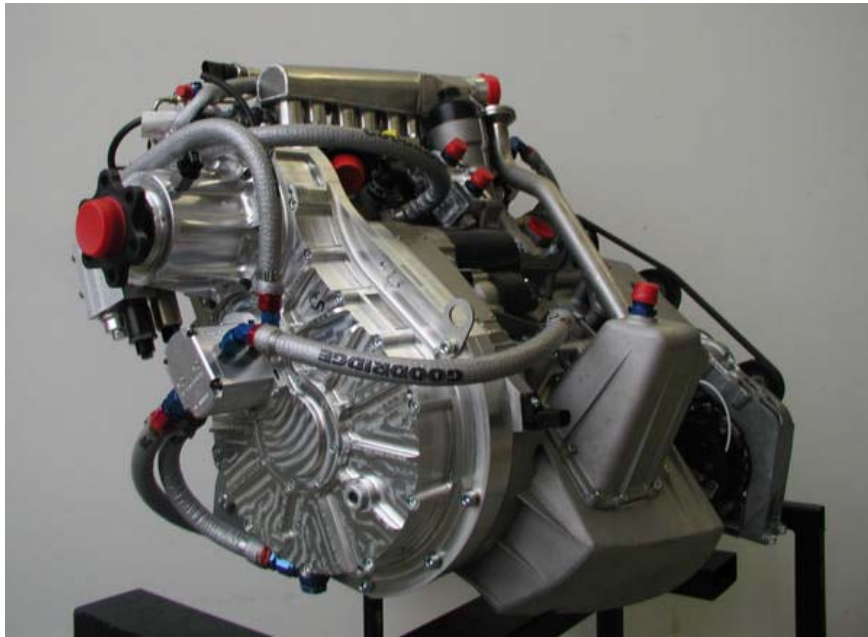


Vorher:

**Ansicht von Rechts**

Nachher:






- ✍ Luftfahrtzertifizierter Dieselmotor für Motorflugzeuge (JAA-Musterzulassung nach JAR-E für Jet Fuel und Diesel)
- ✍ 1,7 l Reihenvierzylinder mit Common Rail Einspritzung, Turboaufladung, Flüssigkeitskühlung und Getriebe
- ✍ 99 kW (135 PS) Startleistung bis 6.000 ft Höhe
- ✍ 93 kW (125 PS) Leistung bis 12.000 ft Höhe
- ✍ 72 kW (97 PS) Reiseleistung Best Economy
- ✍ 17.500 ft Service Ceiling
- ✍ Integrierte redundante elektronische Motor- und Propellersteuerung
- ✍ Ein-Hebel-Bedienung
- ✍ Verbrauch von 15-20 l Diesel im Reiseflug
- ✍ Betriebskostenreduktion um 70 % möglich (mit deutschem Dieselpreis)



- ✍ Leistung über Höhe bei Lycoming O-320 und CENTURION 1.7 in Cessna 172N\*:

	Climb Rate O-320	Climb Rate Centurion 1.7	Power O-320	Power Centurion 1.7
Sealevel	740 ft/min	630 ft/min	160 hp	135 hp
2.000 ft	635 ft/min	630 ft/min	147 hp	135 hp
4.000 ft	530 ft/min	630 ft/min	136 hp	135 hp
6.000 ft	426 ft/min	600 ft/min	128 hp	133 hp
8.000 ft	321 ft/min	510 ft/min	119 hp	129 hp
10.000 ft	175 ft/min	450 ft/min	112 hp	122 hp
12.000 ft	84 ft/min	370 ft/min	100 hp	119 hp
14.000 ft	0 ft/min	290 ft/min	91 hp	112 hp

\* Daten dem POH entnommen, bzw. dem Supplement

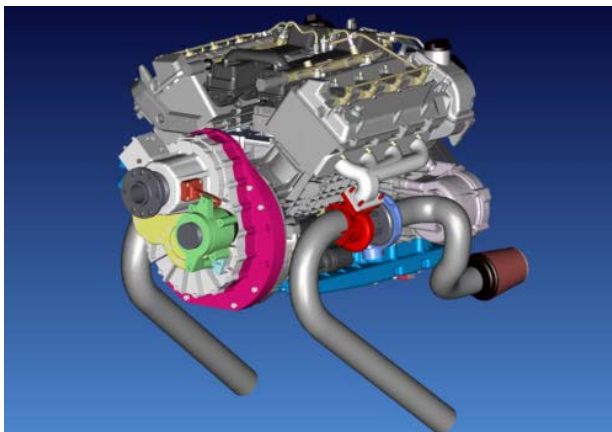
	Cessna (F) 172 N mit Lycoming O-320	Cessna (F) 172 N mit CENTURION 1.7
Weltweiter Anteil an ausgeliefertem Luftfahrt-Treibstoff	<b>Weniger als 0,5 %</b>	<b>Mehr als 98 %</b>
Verbrauch in auf einem üblichen Reiseflug*	<b>26,9 lph AVGAS 100 LL</b>	<b>16,6 lph Diesel</b>
Operative Kosten für diesen Flug in Deutschland	<b>43,58 €</b>	<b>14,94 € (Diesel) 21,41 € (Jet A1)</b>

\* Bei der Cessna liegen die POH zugrunde

- ✍ Moderne Technologie
- ✍ Verfügbarkeit des Treibstoffs (Diesel/Jet Fuel mischbar!)
- ✍ Kostenreduzierung um über 70 Prozent möglich
- ✍ Elektronische Motor- und Propellersteuerung und  
-regelung mit Ein-Hebel-Bedienung
- ✍ Geringere Arbeitsbelastung des Piloten
- ✍ Automatische Triebwerkkontrolle
- ✍ Eindeutige History durch Event-Log
- ✍ Nur geringer Einfluß von Density Altitude
- ✍ Höhere Reichweite

- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses
- IV. CENTURION 1.7
- V. CENTURION 4.0**
- VI. Zusammenfassung

## **CENTURION 4.0** **Der neue Jet Fuel Kolbenmotor**



- ✂ Dieselmotor für ein- und zweimotorige Flugzeuge bis 3,5 t Abfluggewicht
- ✂ V8-Turbomotor mit 4.0 l Hubraum und 310 PS Startleistung
- ✂ Reiseleistung von 250 PS bis 18.000 ft konstant
- ✂ Verbrauch: 29,5 Liter pro Stunde (Vergleichsmotor: 51 Liter verbleites Avgas)
- ✂ Betriebskostenreduktion um mehr als 70% (Diesel)
- ✂ Geplanter Absatz: 120 Stück 2004, dann 600 Stück pro Jahr

## CENTURION 4.0 Technische Daten

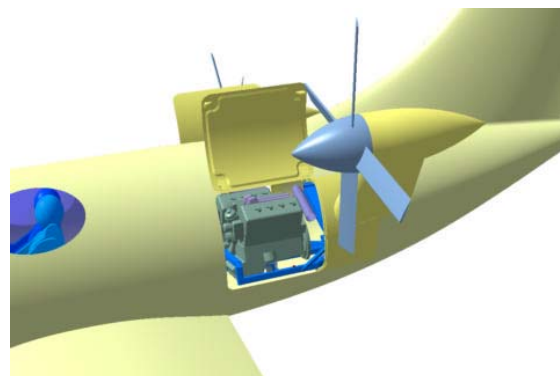
- ✂ Bauweise: 8-Zylinder, V-Anordnung  
DOHC, 4 Ventile pro Zylinder  
75° V-Winkel  
Direkteinspritzung, Common Rail System  
Zwei Turbolader  
Flüssigkeitsgekühlt
- ✂ Hubraum: 3996 cm<sup>3</sup>
- ✂ Take off und max. Power in 8.000 ft: 228 kW
- ✂ Emfohlende Reiseleistung: 186 kW
- ✂ Drehmoment am Propeller: 946 Nm
- ✂ Propellerdrehzahl beim Start: 2.300 rpm
- ✂ Treibstoffverbrauch best economy point: 29,5 lph
- ✂ Specific Fuel Consumption (BEP): 208 g/kWh
- ✂ Maße (w x d x h): 693 x 1037 x 667 mm

- ✍ FADEC (Full Authority Digital Engine Control) mit Schnittstelle zur Propellersteuerung
- ✍ Separate Propellersteuereinheit
- ✍ Einhebelbedienung
- ✍ Vakuumpumpe
- ✍ Klimakompressor oder Kompressor für Druckkabine



Die TT62 von High Performance Aircraft GmbH ist eine fünfsitzige 2-Mot in der 2.5t-Klasse.

Nach der Entwicklung, Test und Zertifizierung wird das Flugzeug in 2005 erhältlich sein.



## HPA TT62

- ✂ Cabin: pressurized cabin with 5 seats
- ✂ Engine: 2 CENTURION 4.0
- ✂ Propeller: 5-blade, full feathering  
1.700 mm diameter, constant speed, 2,300 rpm
- ✂ Max. Take off mass: 2.550 kg

## Expected Performance

- ✂ Climb rate with MTOW at SL: 1.800 ft/min
- ✂ Cruise speed at 20,000 ft: 240 KTAS
- ✂ Consumption at cruise speed: 70 liter/hr Jet Fuel/Diesel
- ✂ Range standard tanks: 1,700 nm

## Eine Geschäftsreise von Falkenfels (Bayern) nach Rostock\*

	Auto (Alfa Romeo 156 1.9l)	Auto und Linienflug München- Rostock	Herkömmliches Reiseflugzeug (Aerostar 601P)	<b>Zukünftiges Reiseflugzeug (HPA TT 62)</b>
Entfernung	751 km	175 km Auto und Flug	595 km	<b>595 km</b>
Reisedauer	5:46 Std.	ca. 4 Std.	2:28 Std.	<b>ca. 2 Std.</b>
Verbrauch	79 l Super	17 l Super und Flug	237 l AVGAS	<b>158 l Diesel</b>
Kosten	89,27 EUR	469 EUR	331,20 EUR	<b>142,20 EUR</b>

\* Deutsche Preise zugrunde gelegt.

- I. Unternehmensprofil Thielert Aircraft Engines
- II. Eigenschaften und Nutzen von Jet Fuel Kolbenmotoren
- III. Beschreibung des Entwicklungsprozesses
- IV. CENTURION 1.7
- V. CENTURION 4.0
- VI. Zusammenfassung**

- ≪ Moderne Technologie
- ≪ Verfügbarkeit des Treibstoffs
- ≪ Geringerer Verbrauch, günstigere Treibstoffpreise
- ≪ Elektronische Motor- und Propellersteuerung und -kontrolle mit Ein-Hebel-Bedienung
- ≪ Geringere Arbeitsbelastung des Piloten
- ≪ Automatische Run-Up-Checks
- ≪ Sicherheit durch Event-Log
- ≪ Starke Startleistung, besseres Steigen
- ≪ Höhere Reichweite

 **Wirtschaftlichkeit**

 **Komfort**

 **Sicherheit**

 **Leistung**

Thank You For Your Interest In  
Our Products And Our Company!

[www.centurion-engines.com](http://www.centurion-engines.com)

Ralf Czarnik, Thielert Aircraft Engines GmbH