

A dandelion seed head on a tall stem is the central focus, set against a clear blue sky. A faint silhouette of an airplane is visible in the background, flying from the bottom right towards the top left. The overall scene is bright and airy, with a strong blue color palette.

FLUGSICHERHEITSVORTRAG

“Motoren die Fliegen”

AGENDA

- ☞ Vorstellung
- ☞ Motorenkonzepte
- ☞ Entwicklung von Dieselmotoren in der General Aviation
- ☞ Geschichte der Dieselmotoren in der Luftfahrt
- ☞ Moderne Entwicklungen
- ☞ Flugmotoren als Derivate von Automotoren
- ☞ Zulassung

VORSTELLUNG – SABINE KUNSTMÜLLER



6 Jahre
7 Monate

08/2007 - heute

Projektleiterin (int. Projektteams, Projektcontrolling, Riskmanagement)

Austro Engine GmbH

www.austroengine.at

10 Jahre
1 Monat

10/1998 - 10/2008

Callcenter Agent (Organisation von Nothilfe, Durchführung techn. Präsentationen)

ÖAMTC Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club

www.oeamtc.at

2 Jahre
1 Monat

07/2005 - 07/2007

Consultant für Detailkonstruktion und Produktoptimierung von Drohnen

Schiebel Elektronische Geräte GmbH

www.schiebel.net/

3 Jahre
1 Monat

08/2004 - 08/2007

Werksführerin (Werkspräsentation, techn. Präsentation)

GM Powertrain Austria

1 Jahr
7 Monate

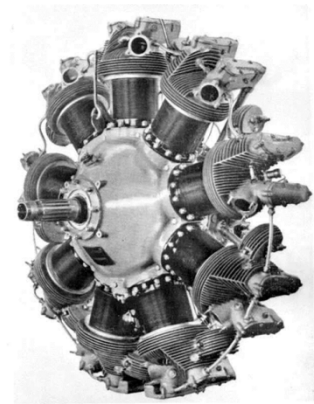
06/2000 - 12/2001

Sachbearbeiterin

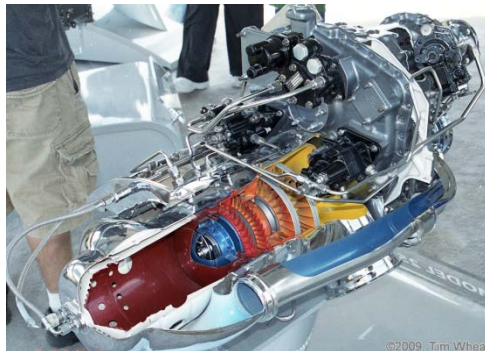
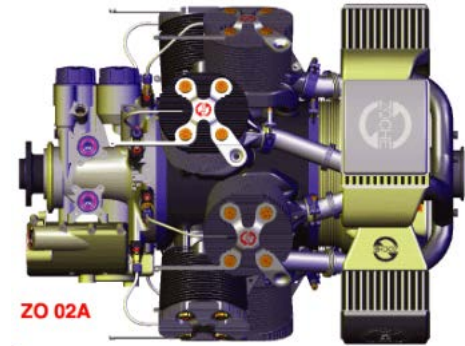
SCANIA Österreich Ges.m.b.H.

TRAUMBERUF – SABINE KUNSTMÜLLER





Motorenkonzepte



MOTORENKONZEPTE

Turbinen

- Strahltriebwerke
- Mantelstromtriebwerke
- Turboprop

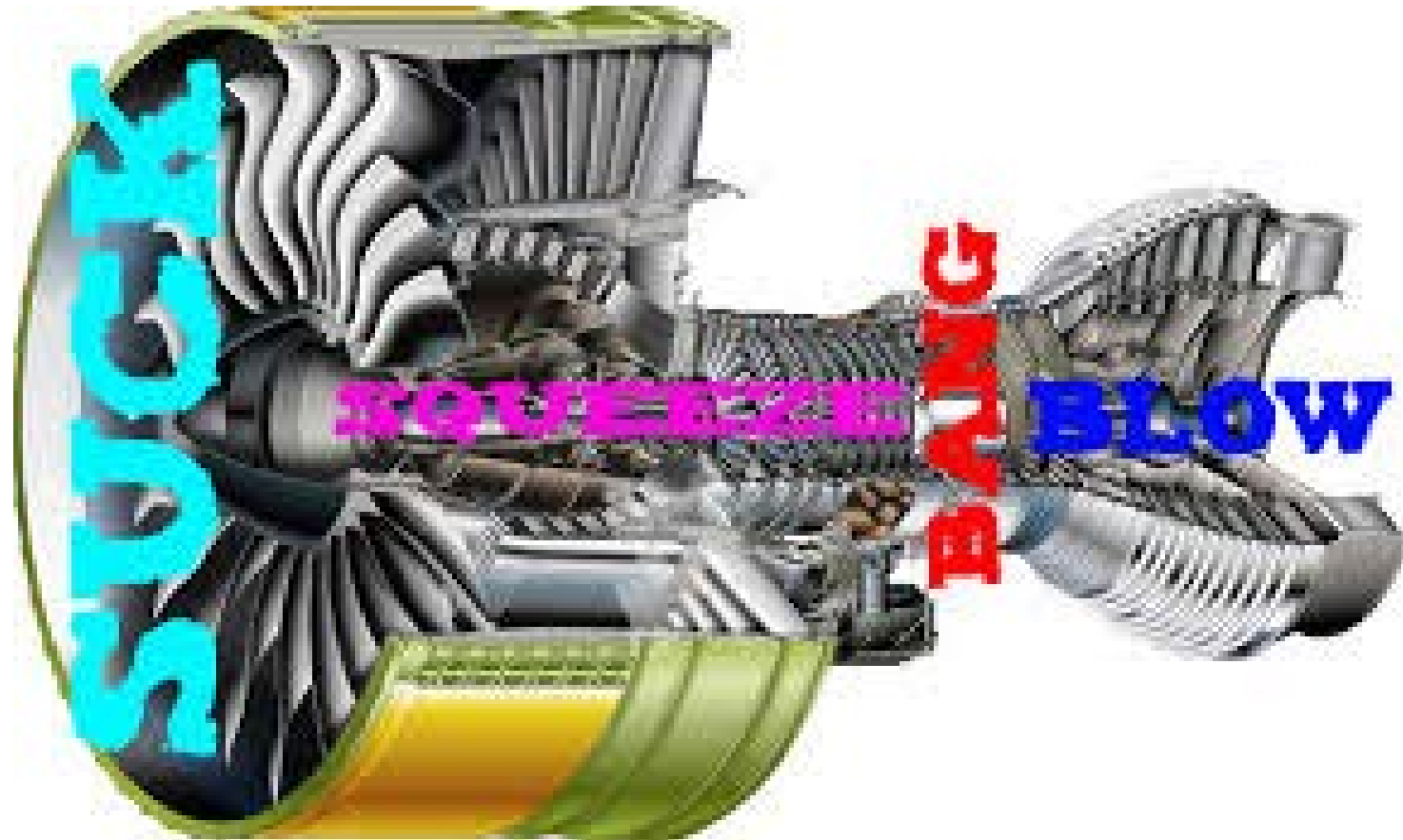
Kolbenmotoren

- Hubkolbenmotore
- Drehkolbenmotore

Hybridantriebe

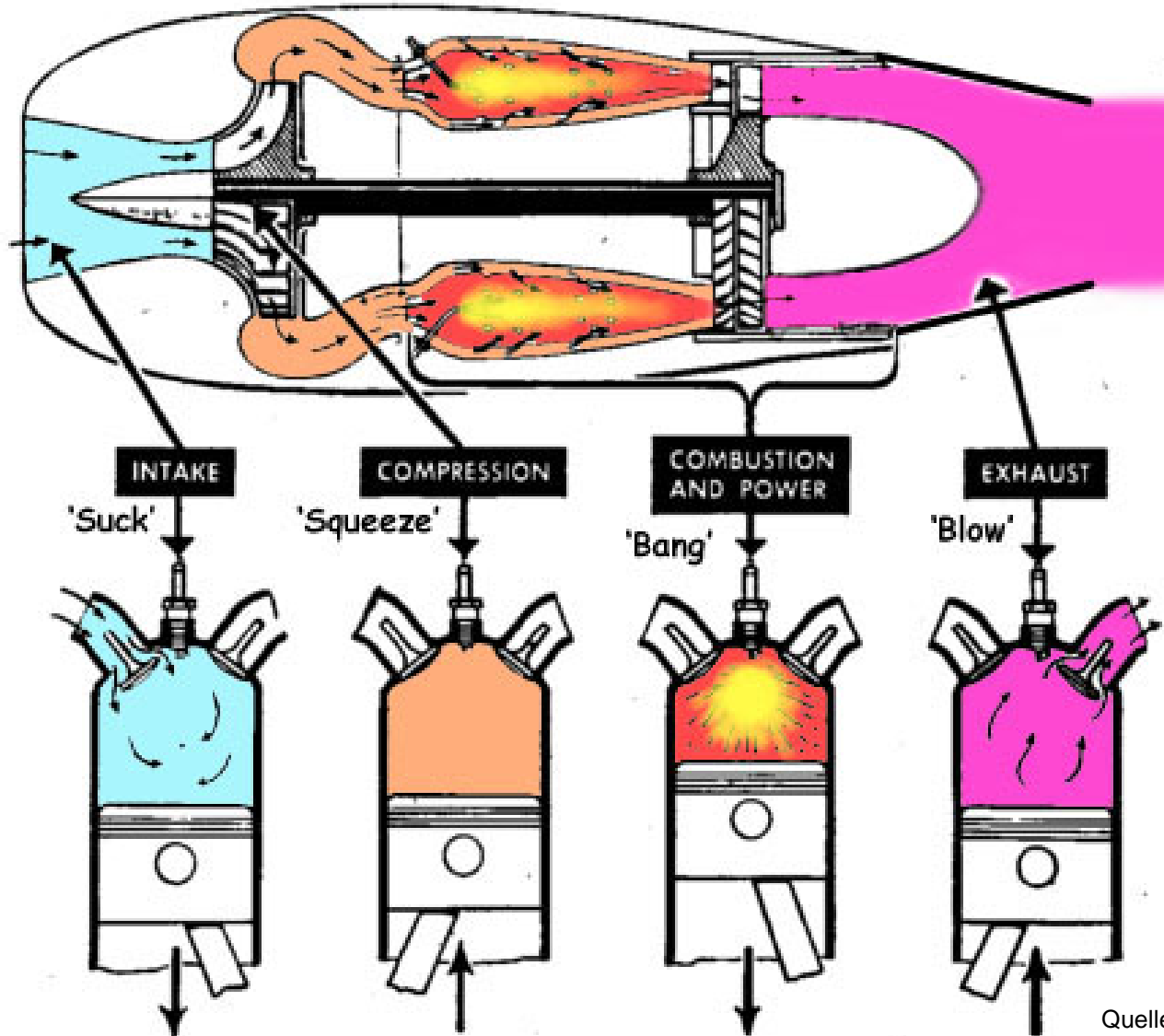
Elektromotore

TURBINEN



Quelle: paleocave.sciencesortof.com

KOLBENMOTORE – 4 TAKT MOTOR



Quelle: www.salvatoreaiello.com

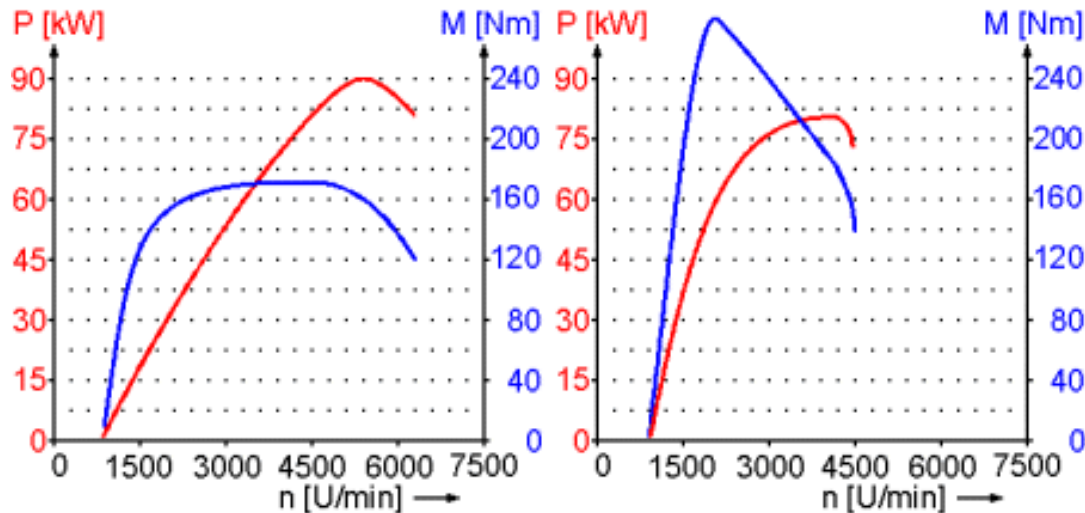
KOLBENMOTORE - HUBKOLBENMOTORE

🛞 Otto-Motor

- + Laufruhe
- + gute Kaltstarteigenschaften
- Hoher Kraftstoffverbrauch
- Weniger Drehmoment als Diesel

🛞 Dieselmotor

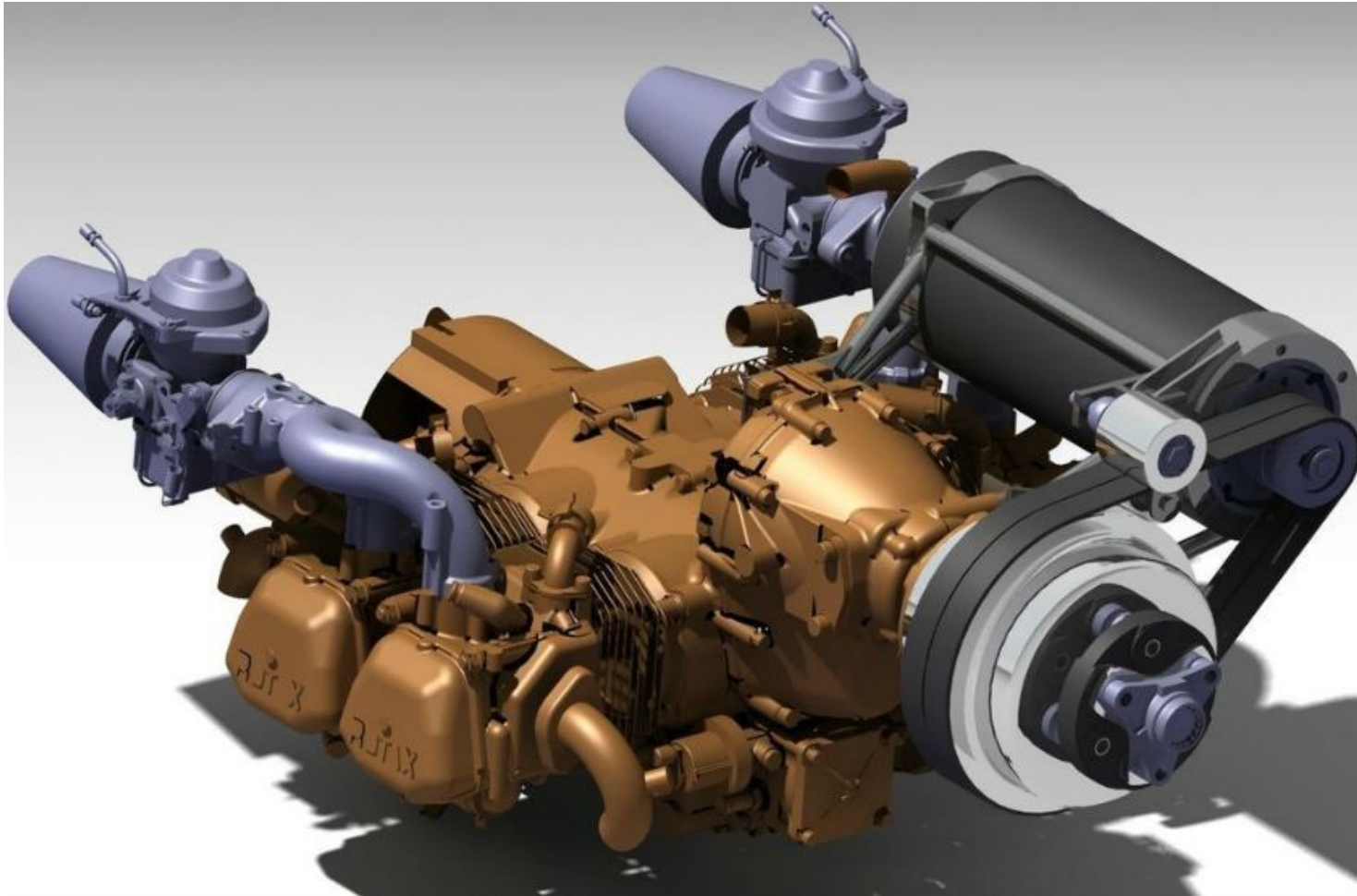
- + geringer Verbrauch
- + Laufruhe (moderne Konzepte)
- + hohes Drehmoment
- Kaltstarteigenschaften



Quelle: <http://www.kfz-tech.de/VerglBenzDies.htm>

HYBRIDMOTOR - ROTAX

☞ Rotax Motor mit Elektrobooster



Quelle: www.technologicvehicles.com

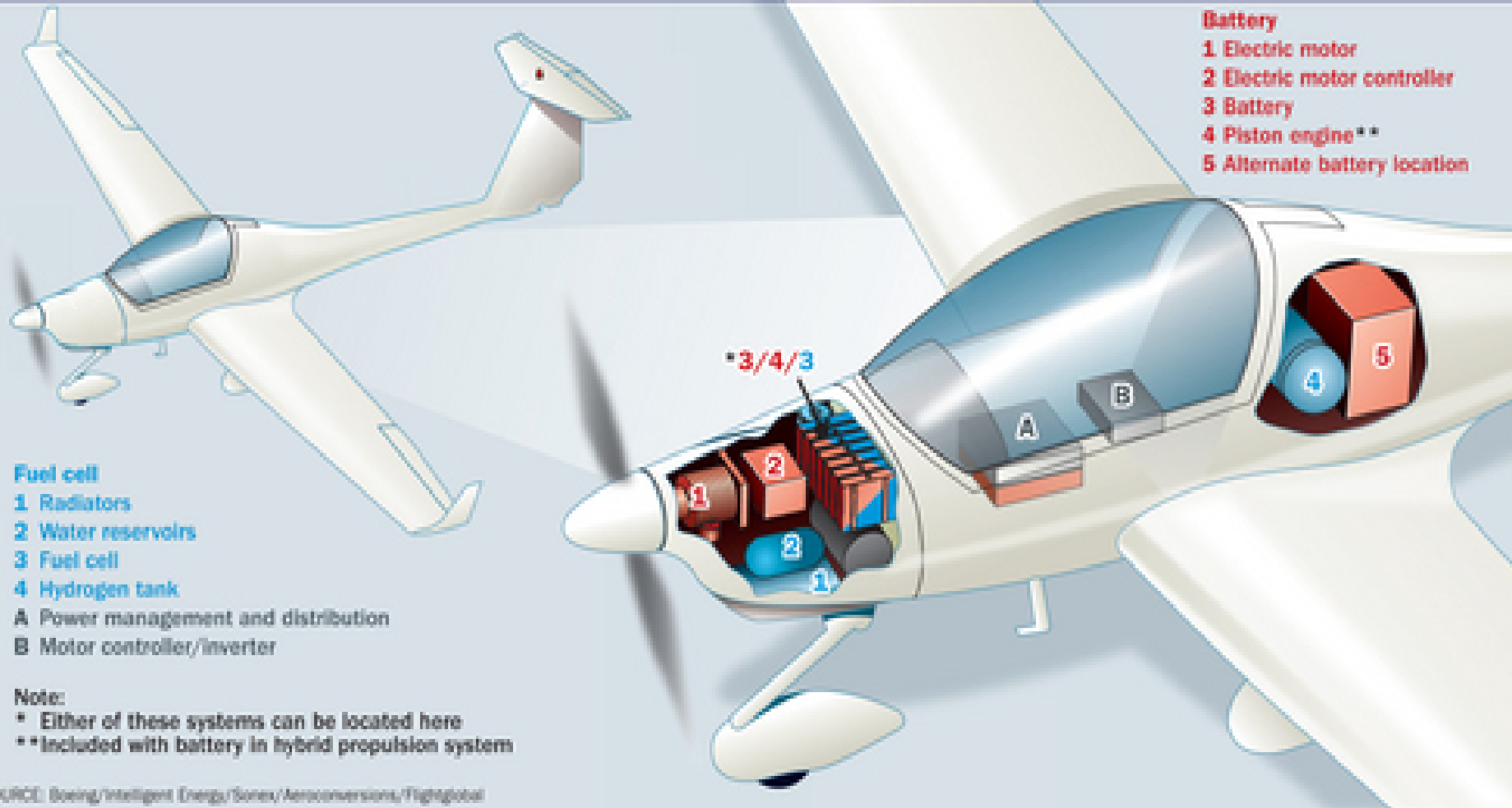
HYBRIDMOTOR - ROTAX



Quelle: www.aviationbull.com

ELEKTROMOTOR

GENERIC ELECTRIC GENERAL AVIATION AIRCRAFT CONFIGURATION

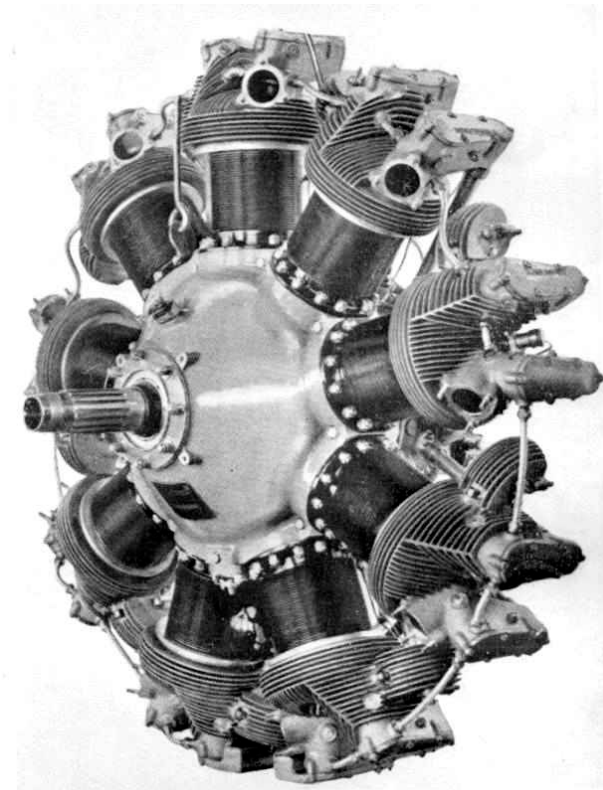




Entwicklung von Dieselmotoren in der General Aviation

1920 bis 1945

- 🇩🇪 Deutschland
 - Junkers
- 🇺🇸 Amerika
 - Packard
 - Guiberson
- 🇬🇧 England
 - Bristol Diesel
- 🇫🇷 Frankreich
 - Clerget Diesel



Guiberson T1020

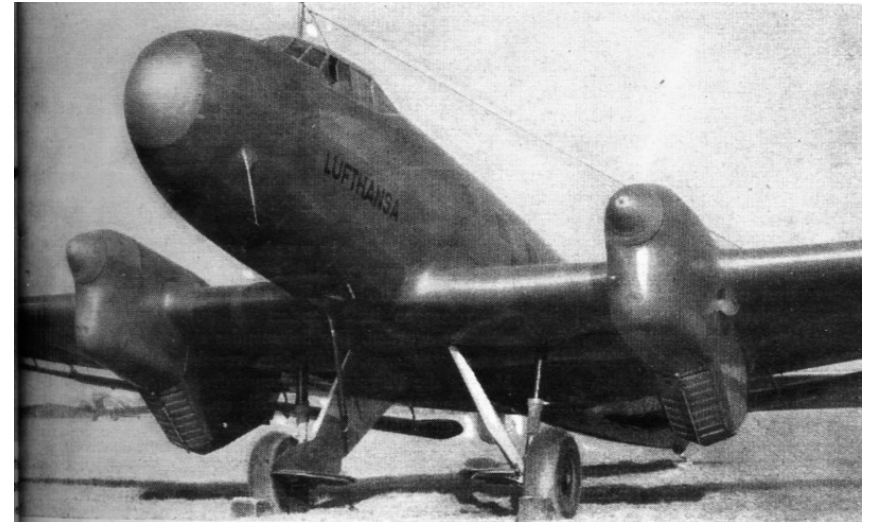
Junkers Engines

- 🛩 Jumo 4
28,6 l; 750 PS; 1800 U/min
- 🛩 Jumo 205
16,6 l; 880 PS; 2800 U/min
- 🛩 Jumo 207
25,5 l; 1000 PS



Junkers Motoren

- 🛩️ Ungefähr 5000 Motore
- 🛩️ Gewicht zu Leistung
1,2...0,9 kg/kW
- Gegenüberliegende Kolben
- 🛩️ Geringer Kraftstoffverbrauch
211...231 g/kWh
- 🛩️ TBO 200...250 h



ab 2000

Turbogeladene Kolbentriebwerke

- 🛩 Thielert Aircraft Engines
- 🛩 SMA (Société de Motorisations Aéronautiques)
- 🛩 Delta Hawk
- 🛩 Austro Engine
- 🛩 Zoche Engine

Thielert Aircraft Engines

Centurion 1.7 und 2.0,

- ✈ 4 Zylinder Reihenmotor
- ✈ 1,7l/ 2,0l Hubraum
- ✈ 135 PS
- ✈ Verdichtung 19:1 bzw. 18:1
- ✈ 2300 U/min
- ✈ Getriebe (1:1,69)
- ✈ 145 kg
- ✈ Elektronische Motorsteuerung
- ✈ Flüssigkeitsgekühlt
- ✈ Früher Kupplung heute Drehschwingungsdämpfer



1. Serienmäßiger Einbau mit DAI

Thielert Aircraft Engines

- ☞ Modifizierter Automobilmotor
- ☞ CS-E zertifiziert
- ☞ Ca. 3.500 Stk.
- ☞ Einbau in Diamond
 - DA40 D,
 - DA42,
 - Cessna 172,
 - Robin 135,
 - Piper PA28



Thielert Aircraft Engines

Centurion 4.0

☞ V8 Zylinder

☞ 4 l Hubraum

☞ 310 PS

☞ Getriebe 1 : 1,69

☞ 2300 U/min

☞ Flüssigkeitsgekühlt

☞ 320 kg

☞ CS-E zertifiziert



SMA

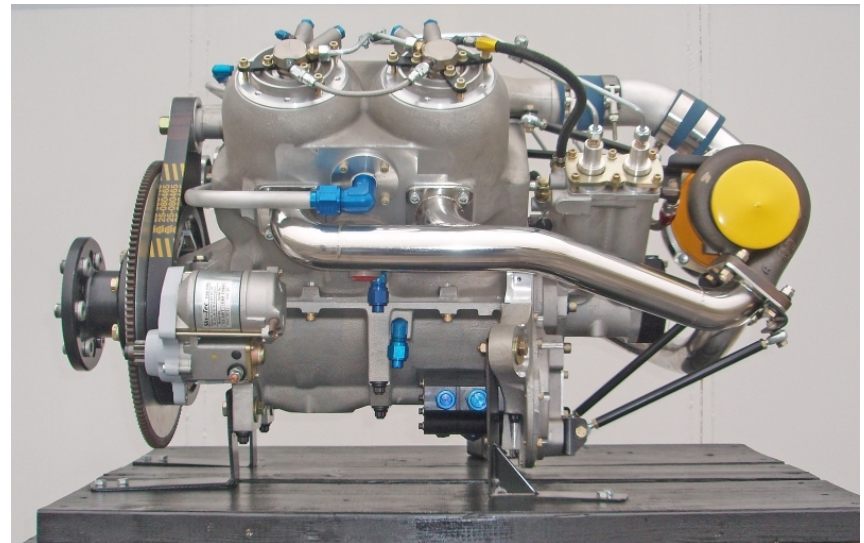
Anlehnung an Lycoming oder
Continental Design

- ☞ 4 Zylinder Boxer Motor
- ☞ 5 l Hubraum
- ☞ 230 PS
- ☞ 2200 RPM
- ☞ CS-E zertifiziert
- ☞ 210 kg



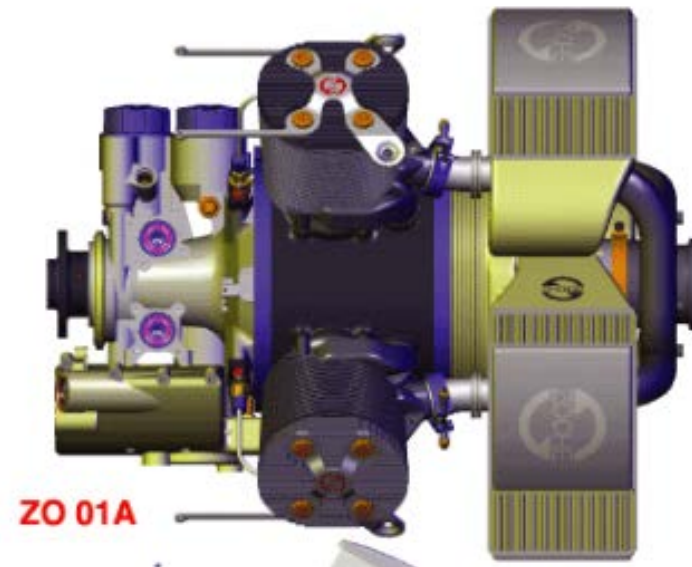
Delta Hawk

- ☞ 90° V4 Motor
- ☞ 200 PS
- ☞ 2700 U/min
- ☞ Flüssigkeitsgekühlt
- ☞ Nicht zertifiziert



Zoche Engine

- ☞ 4 Zylinder Motor
- ☞ 2,66 l Hubraum
- ☞ 110 kW
- ☞ 2500 U/min
- ☞ 84 kg
- ☞ Luftgekühlt
- ☞ Fremdzündung
- ☞ Nicht zertifiziert





Kolbenmotoren

Neue Konzepte und Zulassung

MOTIVATION ZU NEUEN KOLBENMOTORENKONZEPTEN

- 🛡️ Geschichte des AE 300 Motors
 - Singlesource Lieferant Thielert
 - Leistungssteigerung
- 🛡️ JET Fuel Fähigkeit (Dieselprinzip)
- 🛡️ Höhere Zuverlässigkeit
- 🛡️ Höhere Motorleistung
- 🛡️ Geringer Spritverbrauch

MÖGLICHKEITEN

🛩️ Komplettes neues Motorenkonzept

- teuer
- hohe zeitliche Komponente
- hohes Risiko der Zuverlässigkeit
- Expertenwissen gering bzw. Wenige Experten am freien Markt
- Anforderungen

🛩️ Änderung/Adaptierung von bestehenden Diesel Motoren

- Schiffsmotor
- Automotiv Derivat

MÖGLICHKEITEN

- ☒ Änderung/Adaptierung von bestehenden Diesel Motoren
 - Schiffsmotor
 - maßgefertigt
 - schwer
 - hohe Zuverlässigkeit

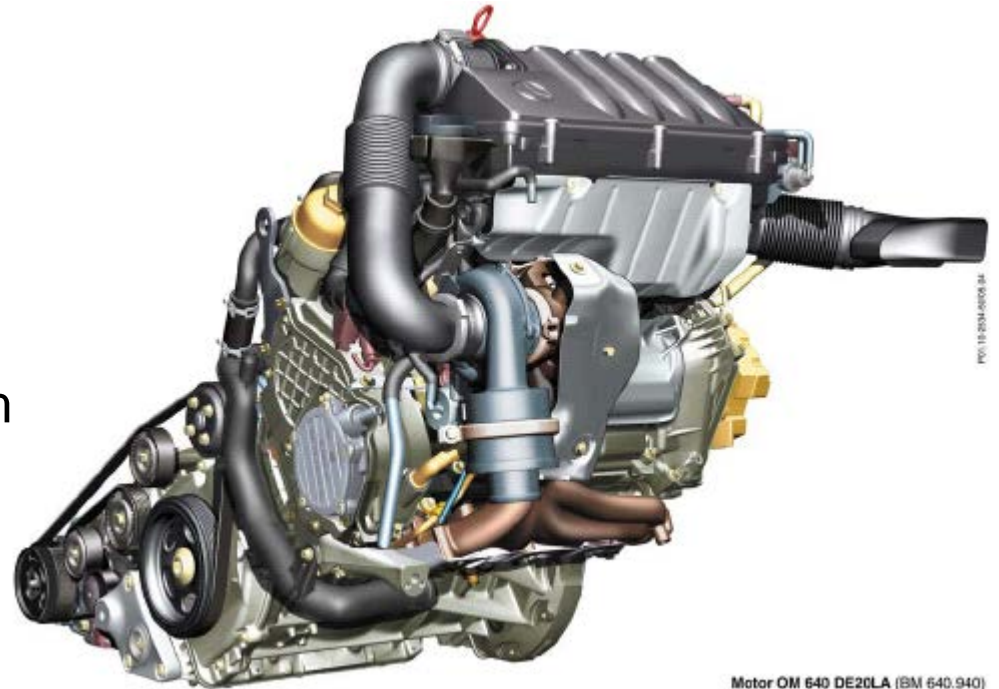
 - Automotive Motor
 - geringe Herstellkosten (Skaleneffekte)
 - hoher Qualitätsstandard in der Produktion
 - moderne Technologien
 - leicht

Entscheidung:

Verwendung eines Automotive Motors – Daimler OM 640
Kooperation mit Daimler (MB Tech) und Bosch (BGAT)

Daimler OM640 (B - Klasse Motor)

- ☞ 4 Zylinder Reihenmotor
- ☞ 2 l Hubraum
- ☞ 146 PS (107 kW)
- ☞ 16 Ventile (DOHC)
- ☞ Verdichtungsverhältnis 17,5:1
- ☞ Common Rail Einspritzsystem
- ☞ Turbolader
- ☞ Ölsumpf Schmiersystem
- ☞ 14 V elektr. System

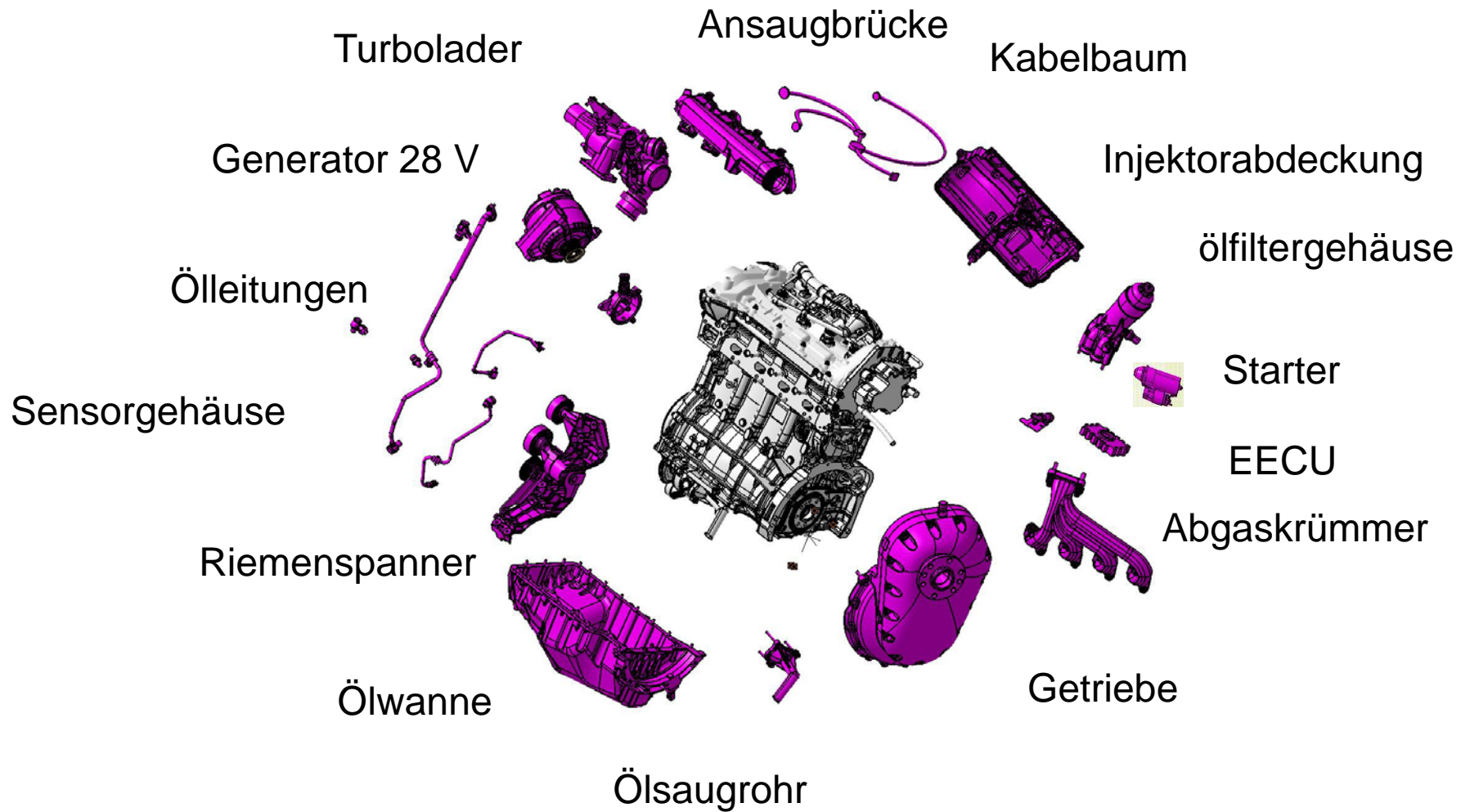


Motor OM 640 DE20LA (BM 640.940)

Was wird abgebaut vom Basismotor?

- ☞ Abgassystem inkl. Abgasoptimierung (AGR, etc.)
- ☞ Ansaugsystem System
- ☞ Turbolader
- ☞ Ölwanne
- ☞ Ölfiltergehäuse
- ☞ Öl Separator
- ☞ 14 V Starter
- ☞ 14 V Generator
- ☞ Elektronische Standard Steuereinheit

ANPASSUNG FÜR AE 300



Turbolader

- 🛡️ Entwicklungskriterien
 - Höhenleistung
 - Erreichbare Leistung
 - Motoren Grenzlast

- 🛡️ Waste Gate gesteuert

- 🛡️ Type K16 - LKW Applikation

- 🛡️ Turbolader versorgt Motor mit 1,8 -2,7 bar Ansaugdruck

- 🛡️ Drehzahl 178.000 Umdrehungen

- 🛡️ 100% Motorleistung bis ca. 10.000ft

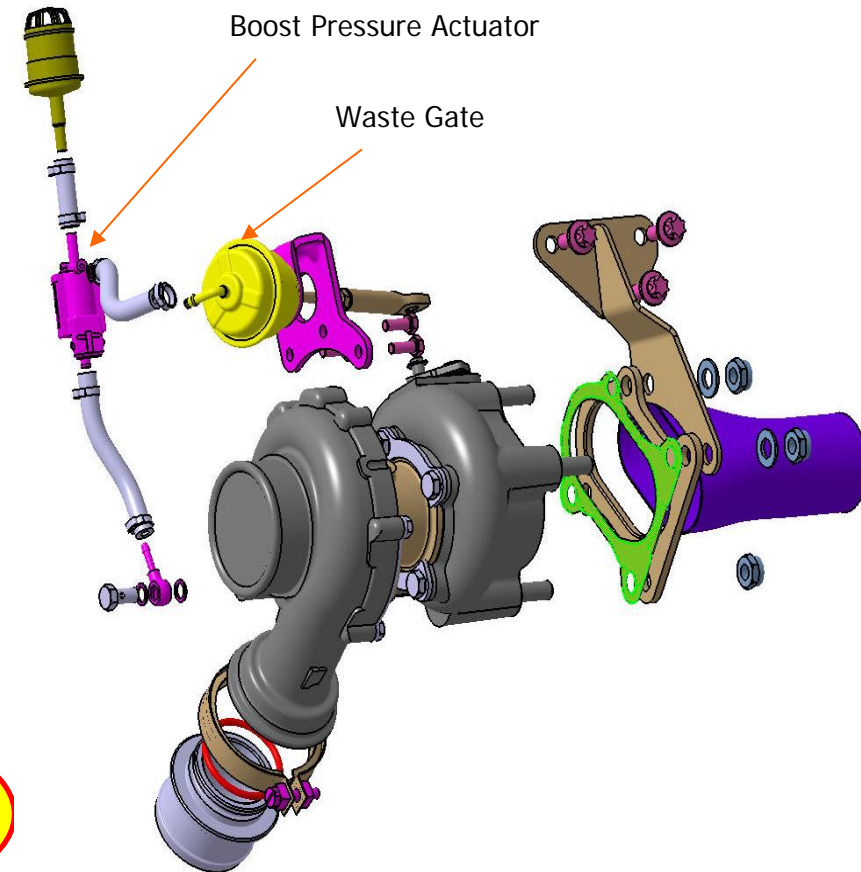


Turbolader

- ☹ Überdruck steht am Waste Gate an, zu hoher Überdruck wird abgelassen
- ☹ Genaue Dosierung über Aktuator!

Achtung: Ausfall des Turboladers

- **!! Leistungsverlust !!**
- ca. 30% Leistung bleiben



Herausforderung = Schmierung!

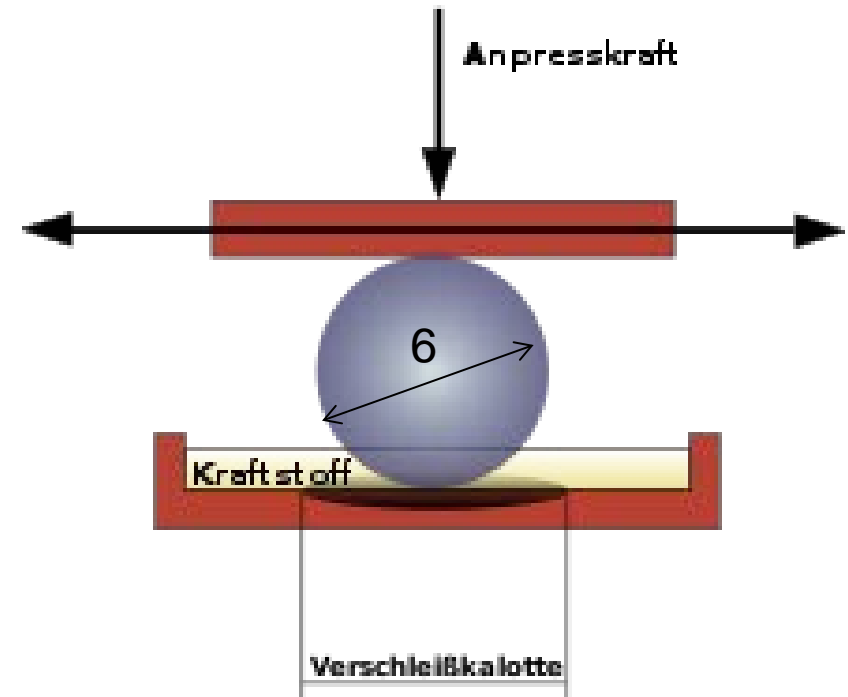
- ☞ Common Rail Einspritz System
- ☞ Hochdruckpumpe für 1600 bar Einspritzdruck
- ☞ JET A1 statt Diesel
- ☞ Charakteristik
 - HFRR Wert für Schmierung
 - Cetan Nummer



KRAFTSTOFF SYSTEM – EXKURS HFRR WERT

HFRR - Wert

- ⊞ Kraftstoffschmierung der Einspritzanlage
- ⊞ Messmethode
 - 6mm Stahlkugel
 - Stahlplatte definierter Härte
 - Fixe Anpresskraft
 - Definierte Bedingungen (T, m, s, v, t)
 - Kraftstoffbad
- ⊞ Ergebnis
 - Verschleißkalotte (Durchmesser in μm)
 - Diesel $\sim 460\mu\text{m}$
 - JET A $\sim 850\mu\text{m}$



Zugelassene Kraftstoffe

Achtung: Wahl des Kraftstoffes!
!! ausschließlich zugelassenen Kraftstoff !!
verwenden.

Worst case: AVGAS statt Diesel!

KRAFTSTOFF SYSTEM

- ☞ Elektronische Vorförderpumpen
- ☞ Hoher Rücklauf um Versorgung zu gewährleisten
- ☞ Temperatur im Rücklauf geringer aufgrund der Zumesseinheit
- ☞ Wichtig für den A/C Hersteller: Wärmemanagement!



Bild

KRAFTSTOFF SYSTEM - AE

- ☞ AE verwendet die nächste Generation von Pumpen
 - Geringer Teil der Vorfördermenge wird hoch verdichtet
 - ➔ weniger Menge und dadurch weniger Wärme im Rücklauf
- ☞ JET A1 Betrieb
 - Treibstoff wird weniger heiß
 - Kleinerer Kühler nötig ➔ dadurch leichter
 - Kühlerer Sprit schmiert besser
- ☞ Diesel Betrieb
 - Bei geringen Temperaturen (Umgebungstemp.)
 - ➔ höhere Temp. nötig
- ☞ DAI Produkte
 - ZME zuschaltbar um beide Spritsorten bedienen zu können

GETRIEBE

- ☞ Motordrehzahl ca. 3900 U/Min
- ☞ Bester Propellerwirkungsgrad zwischen 2000 und 2300 U/Min.
- ☞ Untersetzungsgetriebe mit konstantem Untersetzungsverhältnis
- ☞ Drehzahländerung durch Änderung der Propellerverstellung
- ☞ Vorbereitung um einen Governor zu installieren
 - TAE → Magnetventil
 - AE → hydraulischer Governor



Anforderungen

- 🛡 leicht
- 🛡 robust
- 🛡 zuverlässig

Achtung: Wahl des Schmierstoffes!
!! ausschließlich zugelassenen Öle !!
verwenden.

SCHWINGUNGSDÄMPFUNG

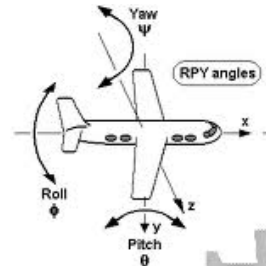
- ☞ Entkoppelung von Propeller und Motorschwingungen
- ☞ Designs mit und ohne Rutschkupplung
- ☞ Schwungmasse
- ☞ Zweimassenschwungrad
nie Drehmomentkoppelung
auch im Fehlerfall Verbindung
- ☞ Starterkranzaufnahme
- ☞ 120° Verdrehwinkel



SCHMIERSYSTEM

- ☞ Anpassung an Nick- und Gierwinkel
- ☞ Neg-g Tauglichkeit (Operation Manual)
- ☞ Entwicklung von eigener Ölwanne und Ölsaugrohr (Ölzufuhr)
- ☞ Öl/Wasserwärmetauscher
- ☞ Entwicklung eines eigenen Ölfiltergehäuses

- ☞ Mit einem abgestimmten System sind bedingt neg-g Lasten fliegbar



Worauf ist das System ausgelegt ?

☞ Neg-g Belastung im Flug laut Bauvorschrift

☞ Böhenlasten

- -0.2 g für 5 Sek
- -0.3 g für 4 Sek
- -0.4 g für 3 Sek
- - 0.5 g für 2 Sek
- Alternativ -0,5 g für 5 Sek

☞ Manöverlasten

- **!! keine neg-g Manöver erlaubt !!**

Was passiert bei neg-g?

- ☹ Öl verschwindet aus Ölsumpf
- ☹ Schmierung Ölpumpe fällt weg – Trockenlauf
- ☹ Schmierung Turbolader bleibt aus
- ☹ Lagerstellen laufen trocken
- ☹ Kolbenbodenkühlung fällt aus

Achtung: Kunstflug = verboten!

!! Keine absichtlichen neg-g Manöver !!

Schmierung des Motors bleibt aus.

Anpassung

- ☞ 28 V System
- ☞ Starter
- ☞ Höhentauglicher 28V Generator
- ☞ Spannungsregelung
- ☞ Glühsteuerung
- ☞ Motorkabelbaum



Was passiert ohne Strom ?

- ☹ Stromversorgung für Motorbetrieb notwendig
- ☹ Generatorausfall – Steuerung und Kraftstoffpumpen laufen auf Batterie
- ☹ Batterie leer → Motorausfall
- ☹ Bei Verfahren lt. Handbuch sind 30min. Motorlauf garantiert

Achtung: Generatorwarnleuchte
!! Strom ist für den Betrieb notwendig!!
Strom für 30min. vorhanden

EECS

- ☞ Redundante Sensorik
- ☞ Redundant ausgeführtes Steuergerät
- ☞ Eigene Software für Luftfahrtapplikation
- ☞ AE: Software nach DO 178 B, DAL C
- ☞ AE: Hardware nach DO 160 zertifiziert
- ☞ Integrierte Propeller Regelung
 - EECU steuert el. hydr. Governor an
 - Vorbereitung für Einhebelbedienung
- ☞ Data Logger



EECS – Electric Engine Control System

EECU – Engine Control Unit

Exkurs: EECU Error Handling (Operation Manual)

Was wird angezeigt?

- ☞ Fehleranzeigen die bis zur Löschung durch einen autorisierten Flugzeugwart leuchten
- ☞ Fehleranzeigen die wieder ausgehen wenn die Fehlersituation nicht mehr gegeben ist
- ☞ Fehlereinträge die im internen Speicher für die nächste Wartung verbleiben

Anzeigephilosophie

- 🛡️ Safety first!
 - Neuentwicklung vs. Langzeiterfahrung
- 🛡️ Softwareupdates

Achtung: Warnlampen ernst nehmen!

!! Niemals mit leuchtender Warnlampe abheben !!

Handbücher und Verfahren beachten

Maßnahmen für Leistungserhöhung gegenüber Automotiv

☞ Ansaugdruckerhöhung → Aufladung (größerer Turbo)

- Automotive: 2,3 bar
- AE 300: 2,66 bar

☞ Spitzendruckerhöhung

- Automotive: 165 bar
- AE 300: 170 bar

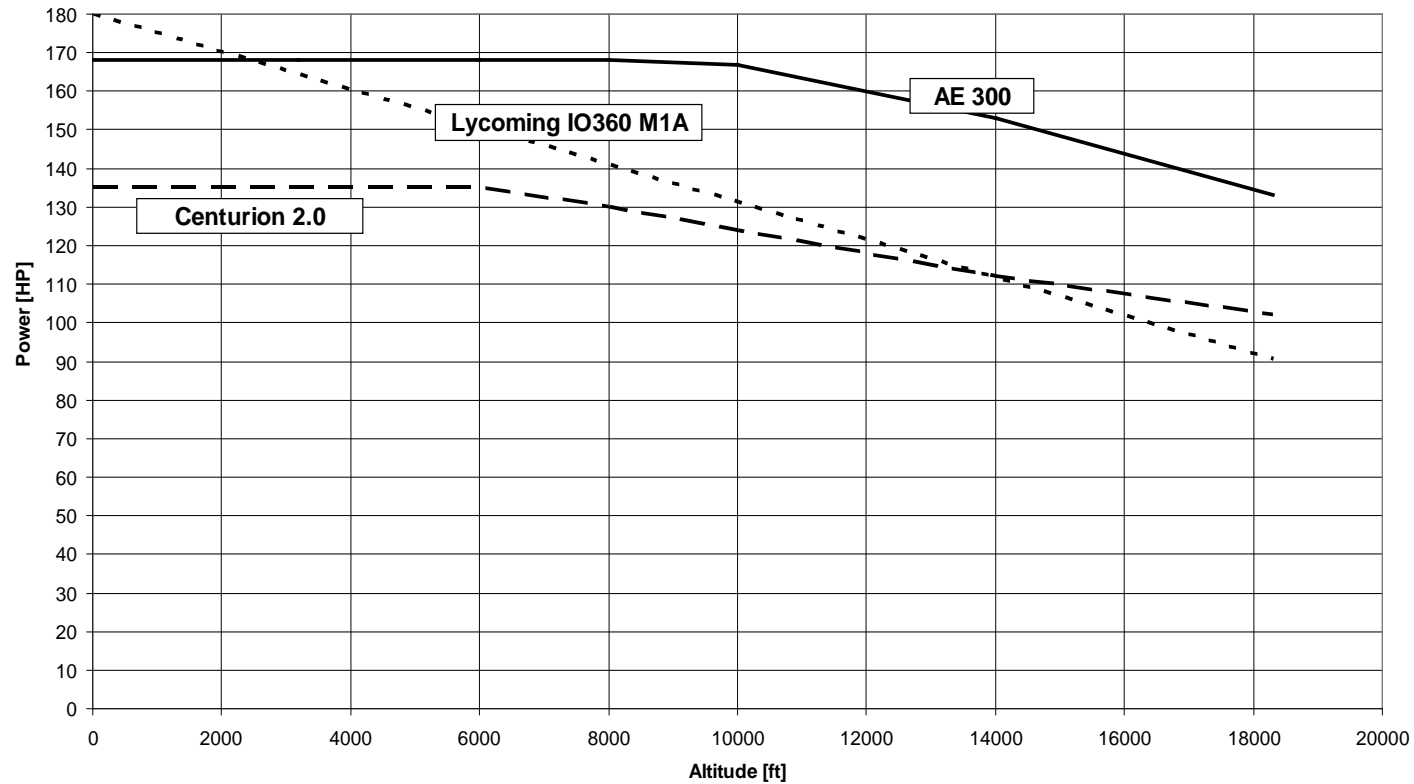
Aufladung ↑ → mehr Sprit hinzu → Druck ↑ → Bauteilauslegung widerstandsfähiger

Austro Engine AE300

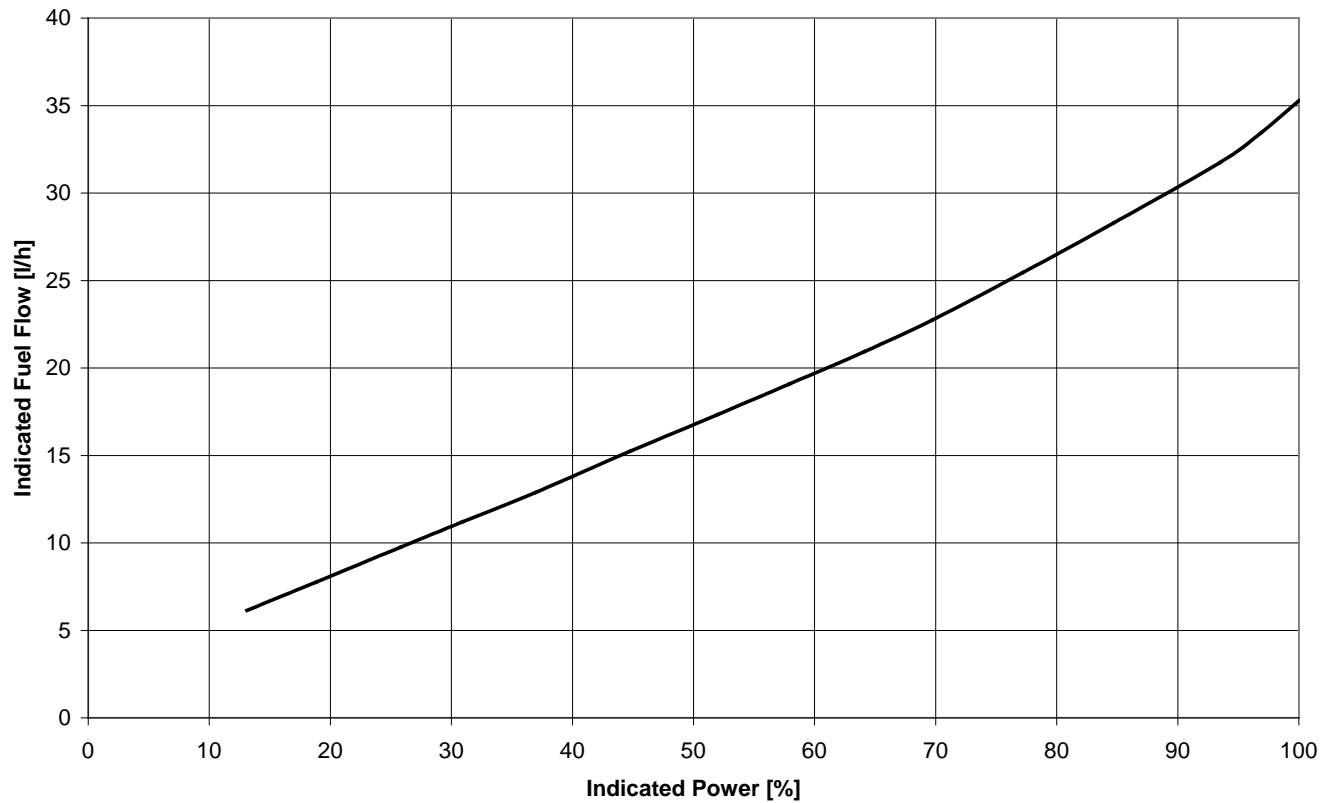
- ☞ 4 Zylinder Reihenmotor
- ☞ Wassergekühlt
- ☞ 2 l Hubraum
- ☞ Kompression 17,5:1
- ☞ 170 PS (125 kW)
- ☞ Getriebeuntersetzung 1:1,69
- ☞ 2300 Umdrehungen (Propeller)
- ☞ Electronic Engine Control System
- ☞ 185 kg



Höhenleistung



Kraftsstoffverbrauch

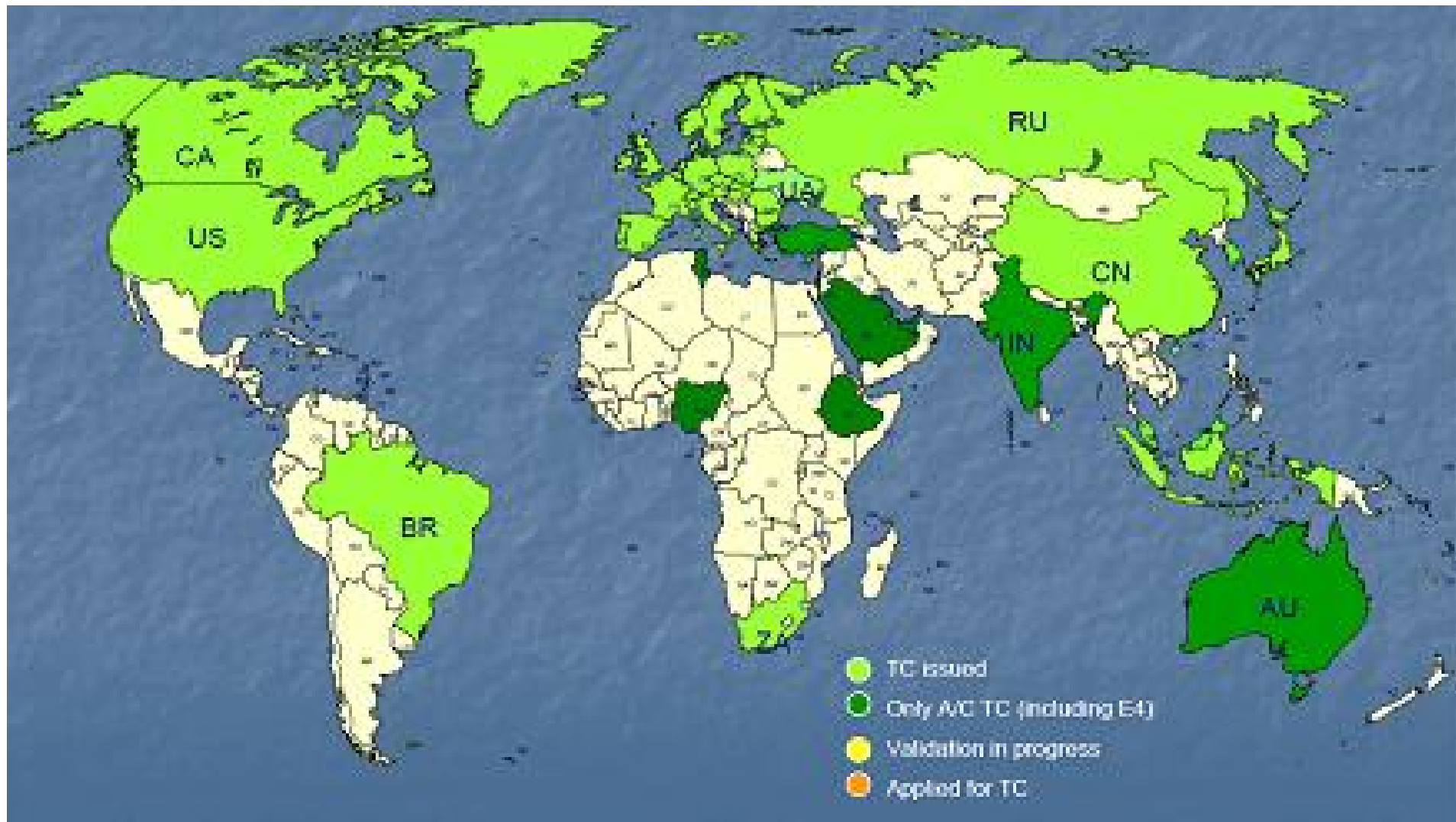




Zulassung

AE 300

AUSTRO ENGINE AE 300 ZERTIFIZIERUNG

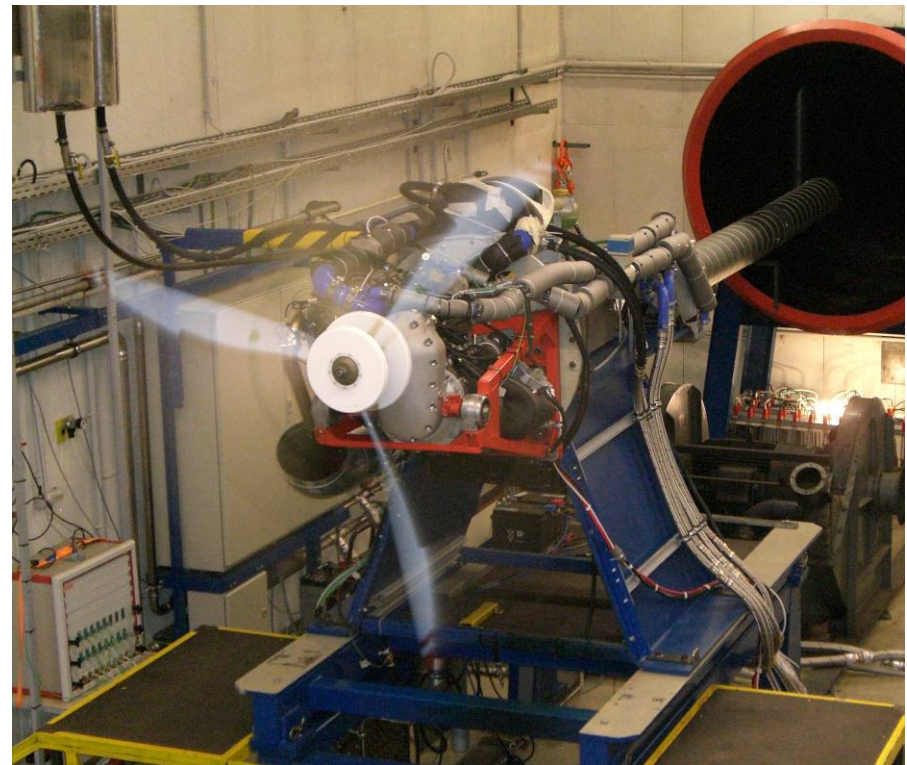


ZERTIFIZIERUNG

- 🛩️ EASA Zertifizierung
- 🛩️ Zertifizierungsbasis CS-E
- 🛩️ Spezielle Vorschriften im Bezug auf Software und Hardware (DO 178, DO 254 und DO 160)
- 🛩️ Analysen
- 🛩️ Berechnungen
- 🛩️ Testläufe

Dauerversuche

- 🛡️ 150 Stunden mit Propeller
- 🛡️ 30 Stunden abwechselnd
5 min MTOP- 5 min MCP
- 🛡️ 120 Stunden abwechselnd
1,5 h MCP – 1,5 h
geringer Leistung
- 🛡️ Prüfstand FH Aachen
- 🛡️ 1000h Dauerlauf
- 🛡️ Felderfahrung



Exkurs: Betriebsstunden

ZERTIFIZIERUNG – EXKURS BETRIEBSSTUNDEN

STAND JÄNNER 2014

Flottenzeiten

- ☞ Kumulierte Flottenzeit 300.000 Std.
- ☞ Flottenzeit gesehen über Flugzeugtype:
 - DA42NG mit 235.000 h (davon 25.000 h MPP)
 - DA40NG mit 65.000 h.

Flugzeuge im Feld

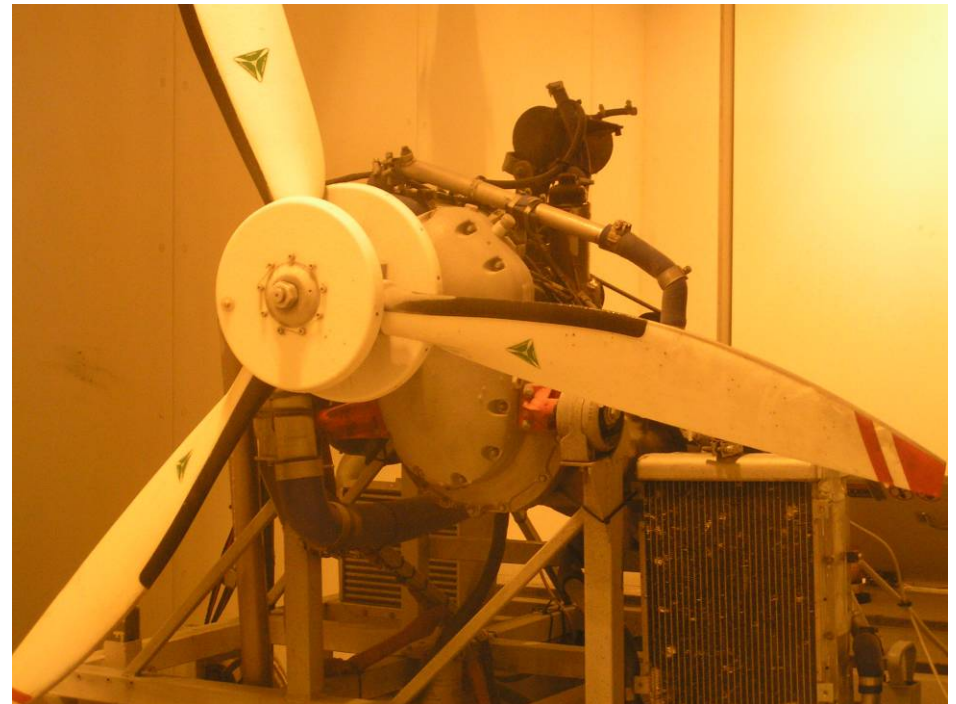
- ☞ DA 42 NG - 191 Stück (davon 31 x MPP) und
- ☞ DA40NG - 115 Stück

Fleetleader

- ☞ Fleetleader DA42NG mit ca. 3.000 h (Motortausch bei 1.000h und 2.500h)
- ☞ Fleetleader DA40NG mit ca. 2.900 h (Motortausch bei 1.000h und 2.200h)

Kaltstart Tests

- ☞ Start Charakteristik bei geringen Temperaturen
- ☞ Automobil ca. -25°C
- ☞ Start in Kältekammer ca. -30°C
- ☞ Klimakammer FH Graz



Wasserspray Test

- ☞ Fähigkeit mit Feuchtigkeit umzugehen
- ☞ Mobiler Prüfstand AE (am Ende des Flugfeldes)

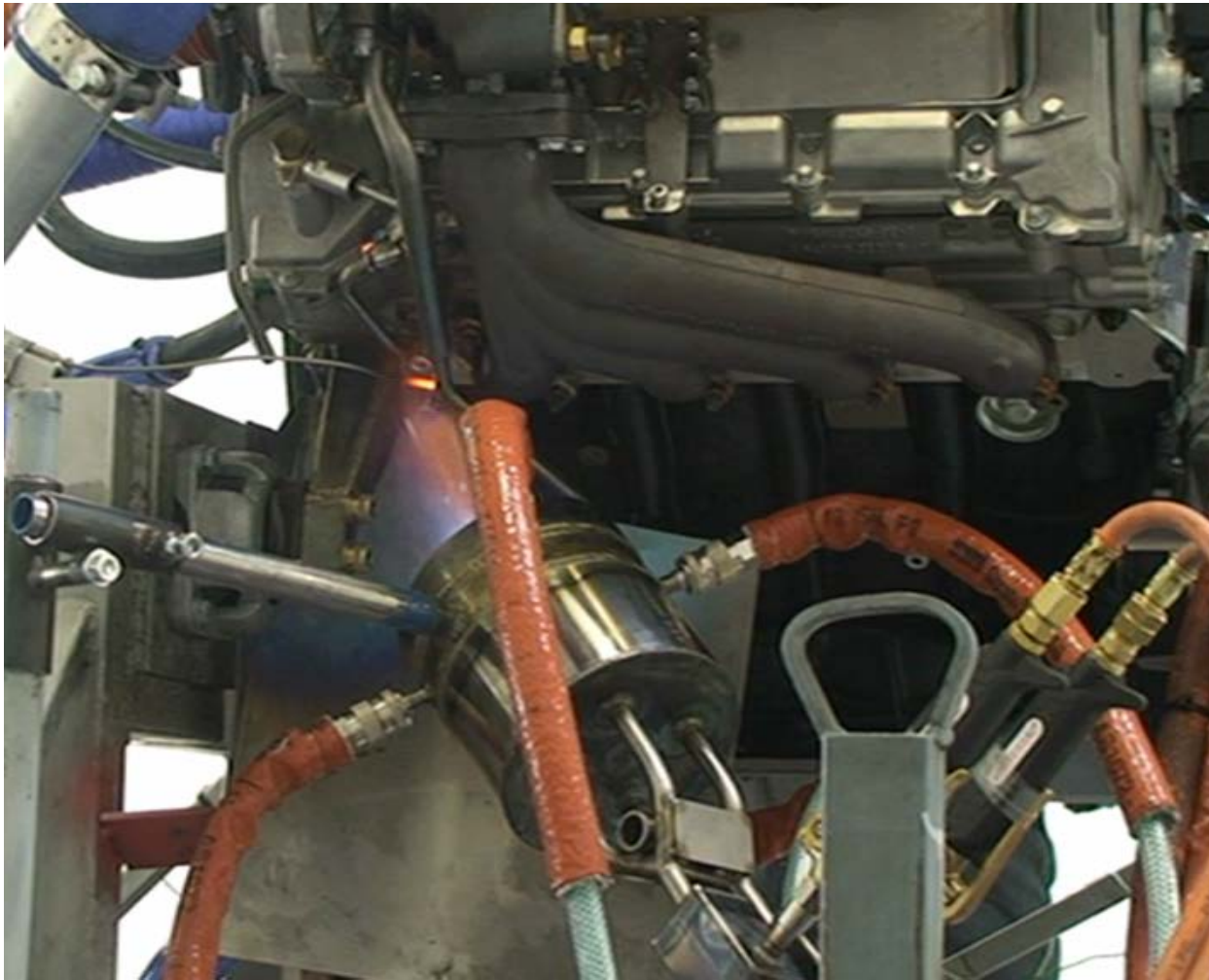


Brandtests

- 🛡 Fireproof für 15 Min. mit 1100 °C Flamme
- 🛡 Fireresitant über 5 Min. mit 1100°C Flamme
- 🛡 Spezifische min. Wärmestromdichte von 116 kW/m²
- 🛡 Mortoraufhängung widersteht mindestens 15 Min.
- 🛡 Externe Leitungen und Fittings die entflammbare Flüssigkeiten enthalten widerstanden mindestens 5 min. den Flammen

ZERTIFIZIERUNG - BRANDTEST

Motoraufhängung widersteht für min. 15 Min (Fire proof)



ZERTIFIZIERUNG - BRANDTEST

Injektorabdeckung widersteht für min. 5 Min (Fire Resistant)



ZERTIFIZIERUNG - BRANDTEST

Ölfiltergehäuse widersteht für min. 5 Min (Fire Resistant)



ZULASSUNG

- 🛩️ Type Certificate seit Jänner 2009
- 🛩️ Weltweite Validierungen seither
- 🛩️ Zulassung in DA42 seit März 2009
- 🛩️ Zulassung in DA40 seit April 2010

???

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT

