

Sind modifizierte PKW-Dieselmotoren Luftfahrt-tauglich?

Referat: Langen, 13. September 2008
Helmut Wolfseher, BWCE Memmingen
Helmut.Wolfseher@bwce.de

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

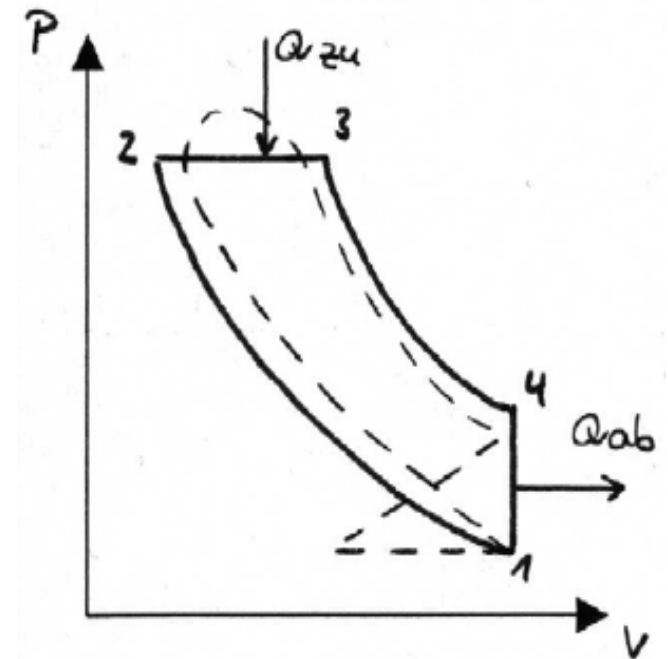
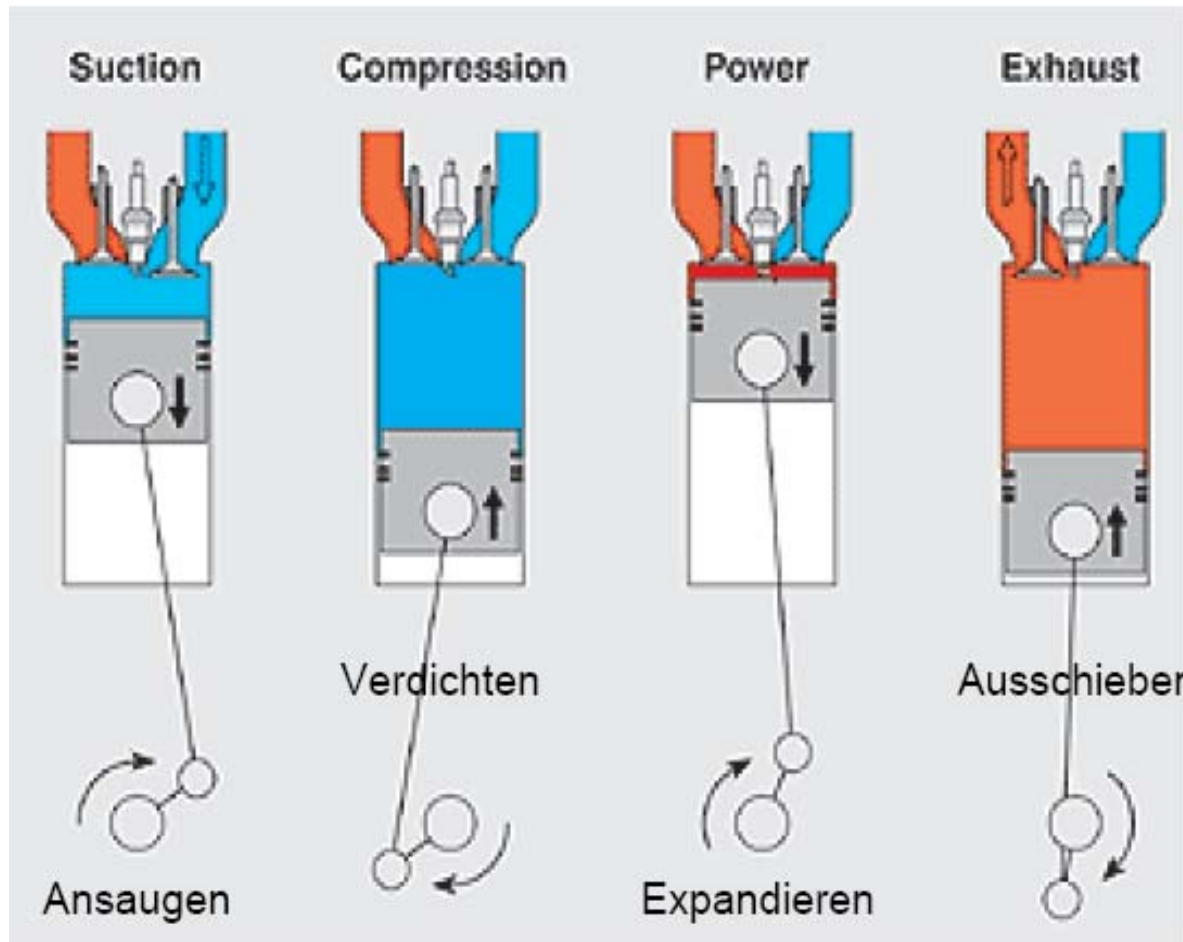
- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- **Grundlagen Dieselmotortechnik**

- Dieselprozess
- Einspritzung
- Aufladung
- Verbrennung und Gemischbildung

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren



Quelle: Gheorghui „Kolbenmaschinen“

Luftfahrtauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

Kennzeichen des Dieselprozesses:

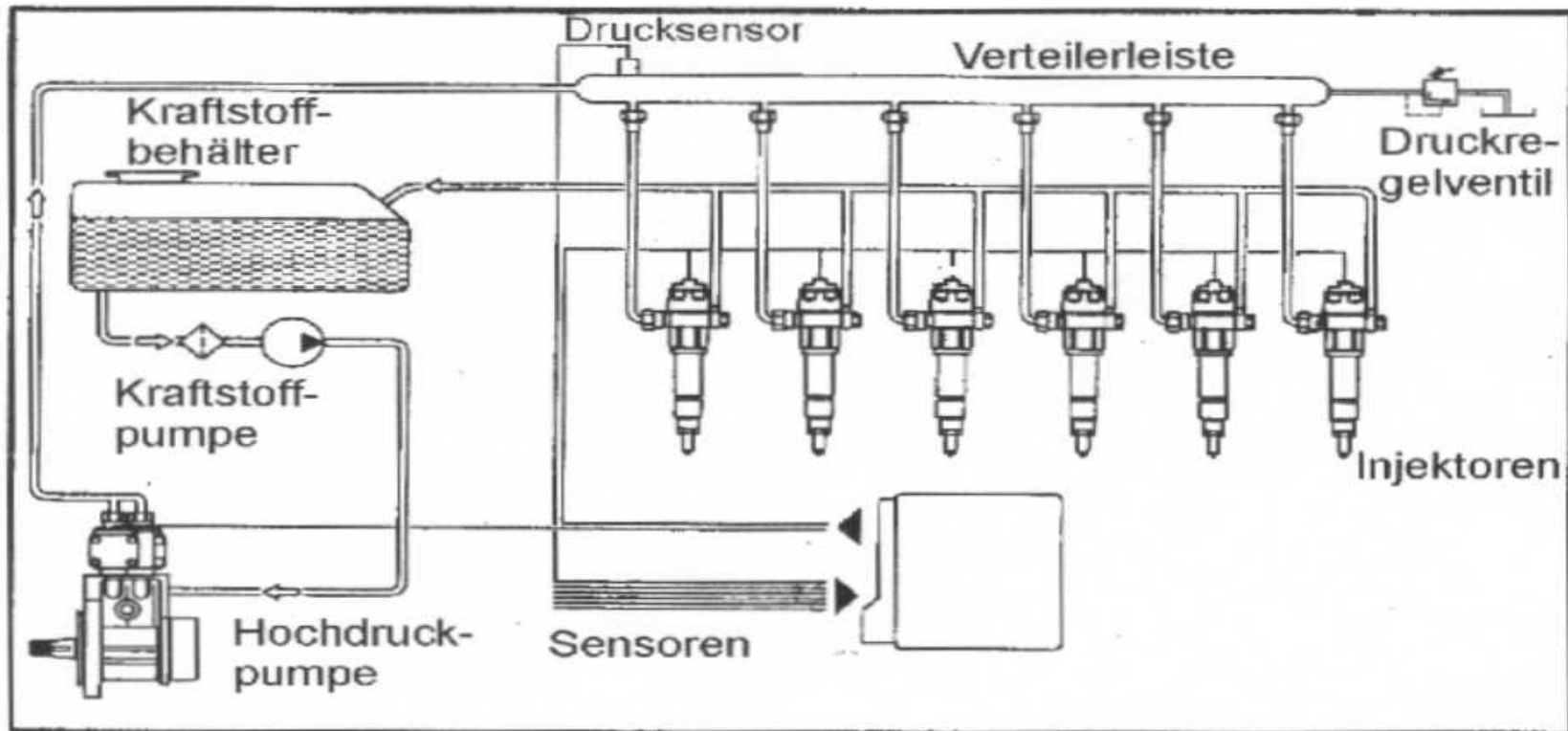
- **Selbstzündung:** Die angesaugte Luft heizt sich durch die adiabatische Kompression stark auf, und der in die heiße Luft eingespritzte Kraftstoff entzündet sich ohne externe Zündung.
- **Innere Gemischbildung:** Kraftstoff und Luft werden erst im Brennraum gemischt.
- **Qualitätsregelung:** Die Leistung wird über die Menge des eingespritzten Kraftstoffs geregelt.

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- **Grundlagen Dieselmotortechnik**

- Dieselprozess
- Einspritzung
- Aufladung
- Verbrennung und Gemischbildung

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren



CommonRail Einspritzsystem

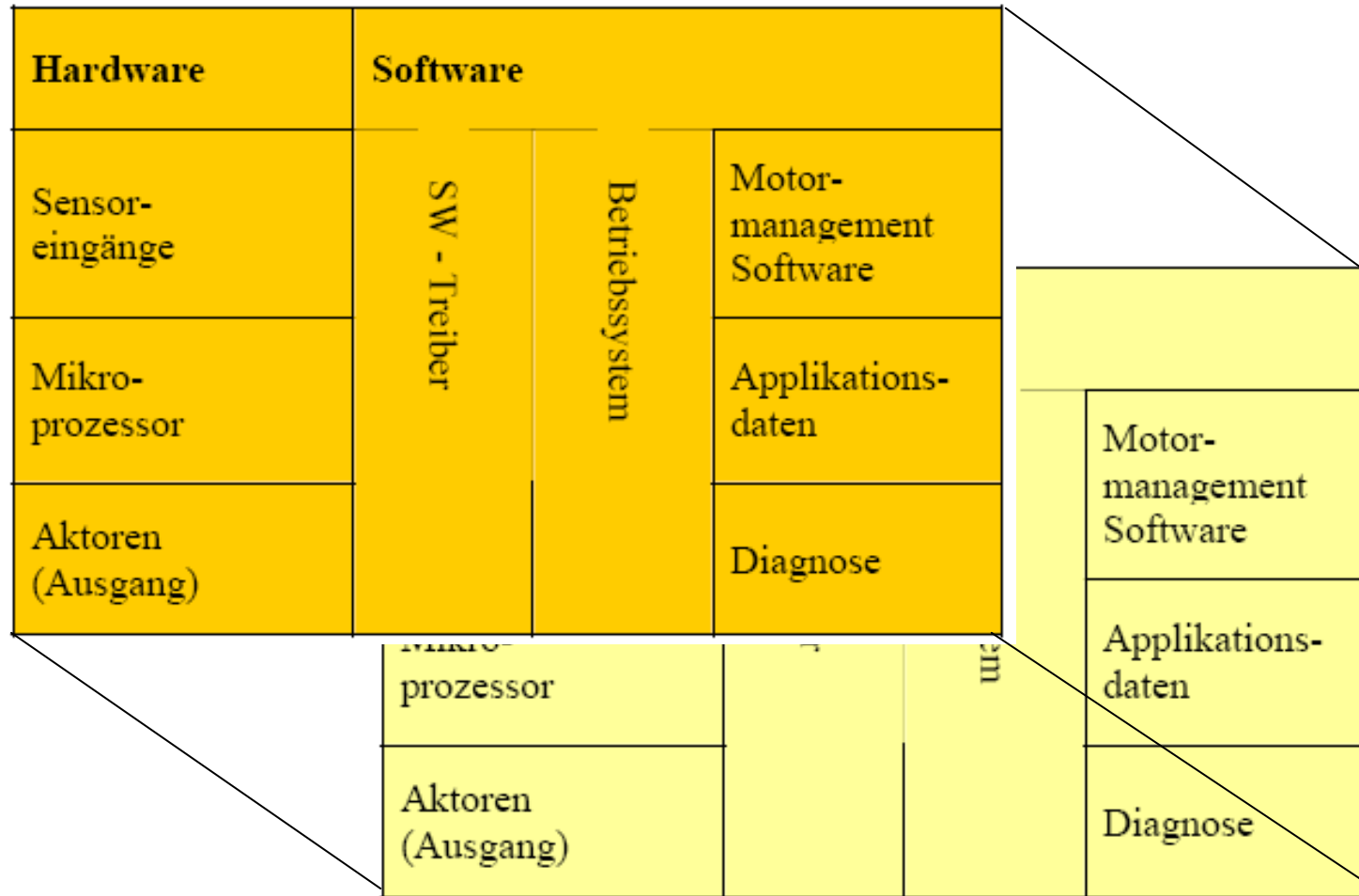
Quelle: Pischinger et al.: Abschlußbericht, Sonderforschungsbereich 224 „Motorische Verbrennung“

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

CommonRail-System:

- **Raildruck 1600 bis 2000 bar**
- **Mechanische Hochdruckpumpe (mit Zumeßeinheit)**
- **Elektrische Vorförderpumpen**
- **Gesteuerte Einspritzdüsen**
- **Druckregelventil**
- **Elektronische Steuerung (dual in der Luftfahrt)**

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren



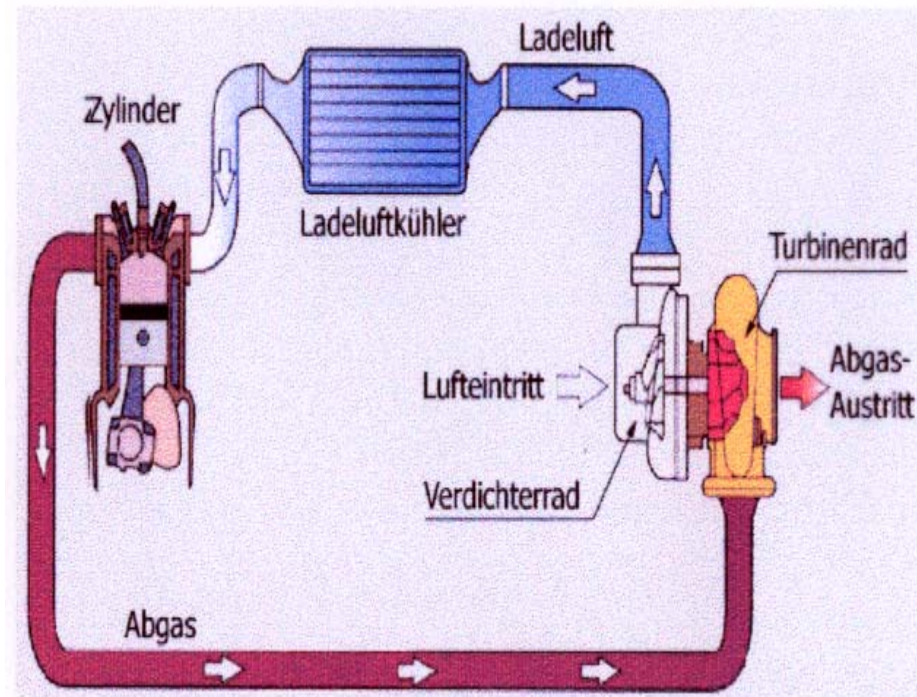
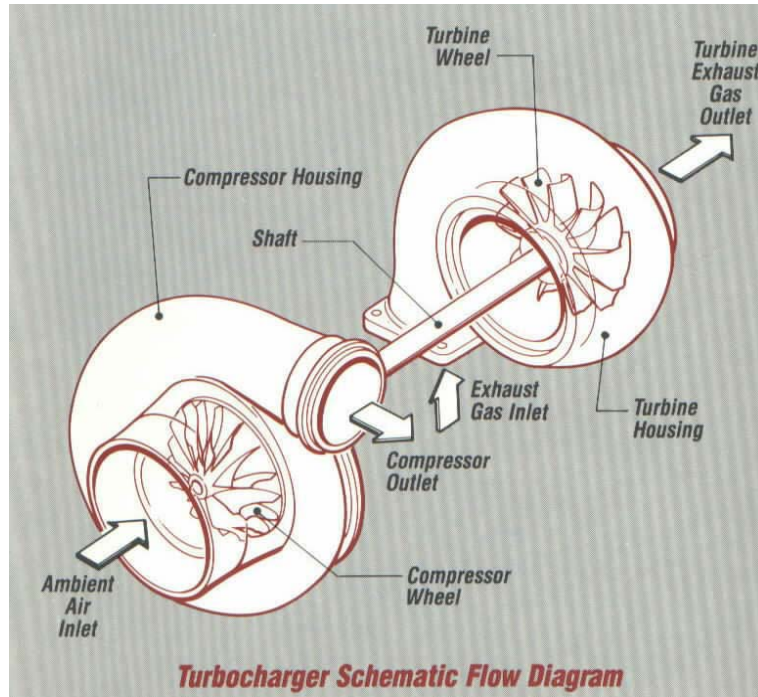
Komponenten eines CommonRail Motorsteuergeräts

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- **Grundlagen Dieselmotortechnik**

- Dieselprozess
- Einspritzung
- Aufladung
- Verbrennung und Gemischbildung

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren



Turbolader

Luftsystem

Luftsystem: Die Aufladung

Quellen: Degeyter: Studie van het Fadec-systeem bij de common rail dieselmotor in de luchtvaart
Bauer: Diesel the most variable Combustion Engine

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- **Grundlagen Dieselmotortechnik**

- Dieselprozess
- Einspritzung
- Aufladung
- **Verbrennung und Gemischbildung**

Merkmale der dieselmotorischen Verbrennung

- **Innere Gemischbildung**
- **Kraftstoff wird in den Brennraum eingespritzt**
- **Vorgewärmte Luft besitzt mehr als 600°C**
- **Aufbereitung des Kraftstoffs während Zündverzug**
- **Gemischbildung wird durch Einspritzung und Geometrie des Brennraums definiert**

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

Brennraum eines
CommonRail
Diesels

Omega-Kolbenmulde
und Einspritzdüse
sind aufeinander
abgestimmt



Quelle: Robert Bosch GmbH

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

Zertifizierungsvorschriften

- **CS – E (Motorsystem)**
- **DO 178 B (Software-Entwicklung der Steuerung)**
- **DO 160 E (Hardware der Steuerung)**
- **DO 254 (Entwicklungsvorschrift komplexe Hardware)**
- **DIN EN ISO 9001:2000 (ab Dezember 9001:2008)**

Zertifizierungsvorschriften

- **Lost of Power (Thrust)**
- **Control of Power (Thrust)**
- **Single Failure of Engine Control System Components shall not result in a Hazardous Engine Effect**
- **Safety assessment**

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- **Wechsel des Turboladers (mit Wastegateventil)**
- **Entfernung der Abgasreinigung (incl. Einlasskanalabschaltung)**
- **Änderung Ölwanne (Erhöhung Schwenkbereich von 30° auf 45°)**
- **Kupplung bzw. Drehschwingungsdämpfer**
- **Getriebe (Übersetzung ca. 1:1,65)**
- **Glühzeitendstufe (28 Volt)**
- **28 Volt EPW (Ansteuerung Wastegateventil)**
- **Generator 28 Volt**
- **Starter 28 Volt**
- **Elektrische Kraftstoffpumpe 28 Volt**
- **Temperatur- und Drucksensor Ladeluft (dual)**
- **Nocken- und Kurbelwellensensor dual**
- **Lastwahlhebel**
- **Atmosphärendrucksensor (dual)**
- **Centurion: Werkstoffänderungen (z.B. Kurbelwellengehäuse)**

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Schwingungsdämpfung zwischen Motor und Propeller
- Anpassung Verbrennung an die Höhe
- Start unter Last
- Kerosintaugliches Einspritzsystem
- Neudefinition „sicherer Zustand“
- Motormasse und –dimension
- Bordnetz
- SoC und SoH der Backup Batterie
- Erkennung von versteckten Fehlern

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Triebwerksausfall: blockierter Filter im Ölsystem
- Wartungsfehler: Fahrwerk nicht ausfahrbar
- Gebrochenes Fitting in einer Treibstoffleitung
- Leck im Auspuffsystem, Gebrochener Auspuff
- Gebrochene Treibstoffrückleitung
- ***Triebwerksausfall durch Wasser in der ECU***
- Ausfall des Systems der Segelstellung des Propellers
- Triebwerksausfall auf Grund einer gebrochenen Öldüse
- Triebwerksausfall auf Grund eines Metallteils im System der Segelstellung des Propellers
- Gebrochenes Fitting am Getriebe
- Triebwerksausfall mit bis dato unbekannter Ursache
- Triebwerksausfall nach dem Versagen der Verbindung von Kurbel- und Nockenwelle

Luftfahrtauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Triebwerksausfall, Auffindung von zahlreichen Metallspänen im Ölfilter
- Getriebeschaden
- Triebwerksausfall: loser Fitting einer Ölleitung
- Verlust von Kühlflüssigkeit
- Verlust von Getriebeöl
- Triebwerksausfall nach dem Versagen eines Nadellagers am Starter
- Ausfall einer Triebwerkskupplung
- Leistungsverlust: gebrochenes Zylinderventil
- Verlust von Getriebeöl
- ***Ausfall der Hauptbatterie***
- Treibstoffleck bei einem Triebwerk
- Zusammenfallen des Zusatztanks (mehrmals)

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Defekt der flexiblen Tankverbindung
- **Blitzeinschlag**
- Gebrochener Sicherungsring
- Gebrochene Klammer
- Gebrochene Tankhalterung
- **Brand im Kabelbaum**
- **Defekt im Kabelbaum**
- Gebrochenes Verbindungsstück
- Defekt am Propeller
- **Leistungsabfall eines Triebwerks während Flug**
- Einfahren des Fahrwerks bei der Landung mit derzeit unbekannter Ursache
- Abstellen eines Triebwerks nach Feuermeldung mit derzeit unbekannter Ursache

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

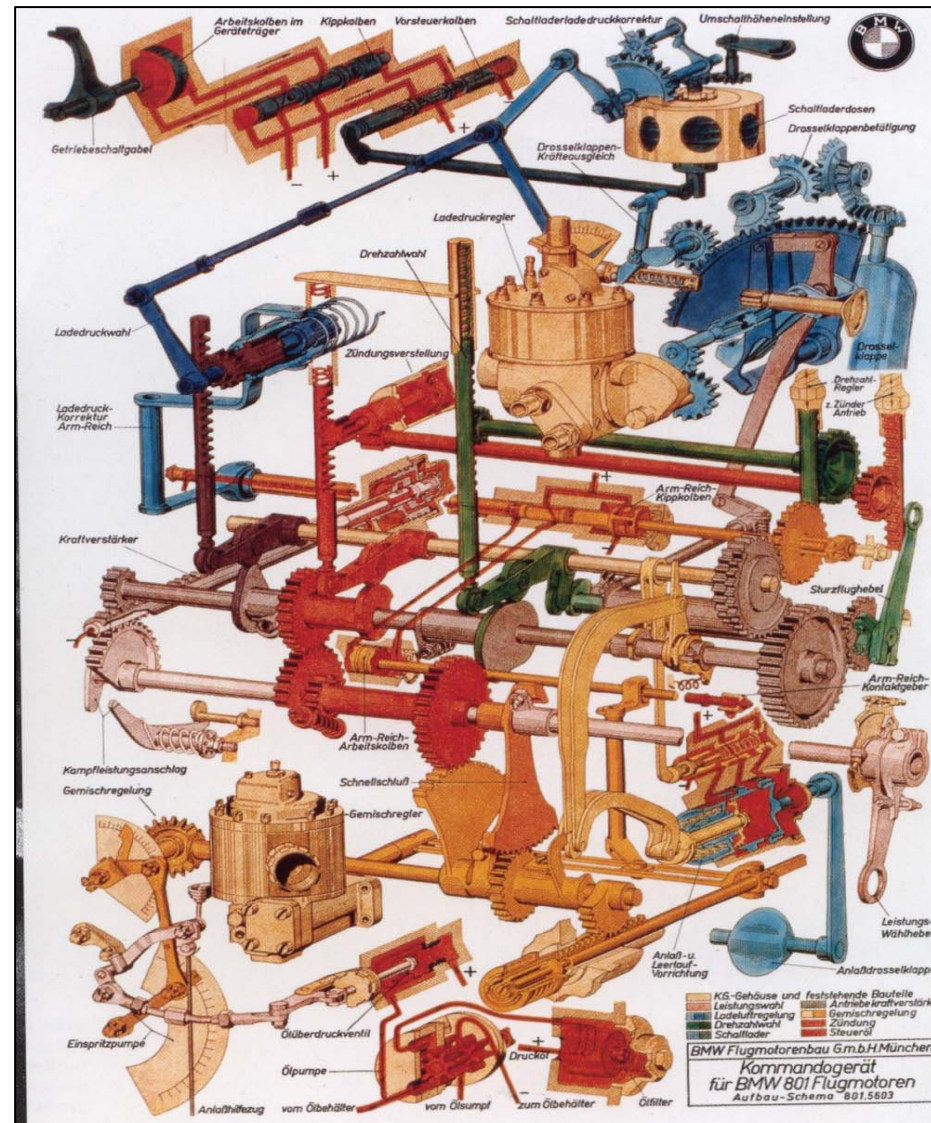
- Grundlagen Dieselmotortechnik
- Certification Consideration
- Modifikation des PKW-Motors OM640
- Herausforderungen
- Bekannte Probleme
- Conclusion

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

- Zertifizierung durch die EASA und die FAA ist kein formaler Akt
- Kerosineinsatz ist NATO-Strategie
- Kerosinbeständigkeit des Einspritzsystems ist durch die NATO getestet
- Bosch General Aviation Technology GmbH ist auf Dieselmotoren spezialisiert
- Die Dieselsechnologie wird der neue Standard für Kolbentriebwerke in der GA

Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

Kann die mechanische Steuerung von Flugmotoren zuverlässiger als die Steuerung durch eine Electronic Engine Control-Unit (EECU) sein?



Luftfahrttauglichkeit von modifizierten PKW-Dieselmotoren

**Ich danke für Ihre
Aufmerksamkeit**