

Peter Haag  
Landesverband Motorbootsport  
Baden Württemberg e.V.

# Umweltfreundlicher Betrieb von Bootsmotoren

## Betrieb, Wartung und Reparatur

# Unangenehme Eigenschaften von Verbrennungs-Motoren

Abgase

Geräusche

Kraftstoffverbrauch

# Abgase von Ottomotoren

CO Kohlenmonoxid, sehr giftig,  
Aufenthalt in CO tödlich

HC Kohlenwasserstoff  
= unverbrannter Kraftstoff,  
übelriechend, krebsfördernd

NOx Stickoxide, bilden unter Einfluss  
von UV-Strahlung sauren Regen

**Diese Abgase sind giftig!**

# Abgase von Ottomotoren

$\text{CO}_2$  Kohlendioxid, ungiftig  
aber Treibhausgas, verbrauchsabhängig

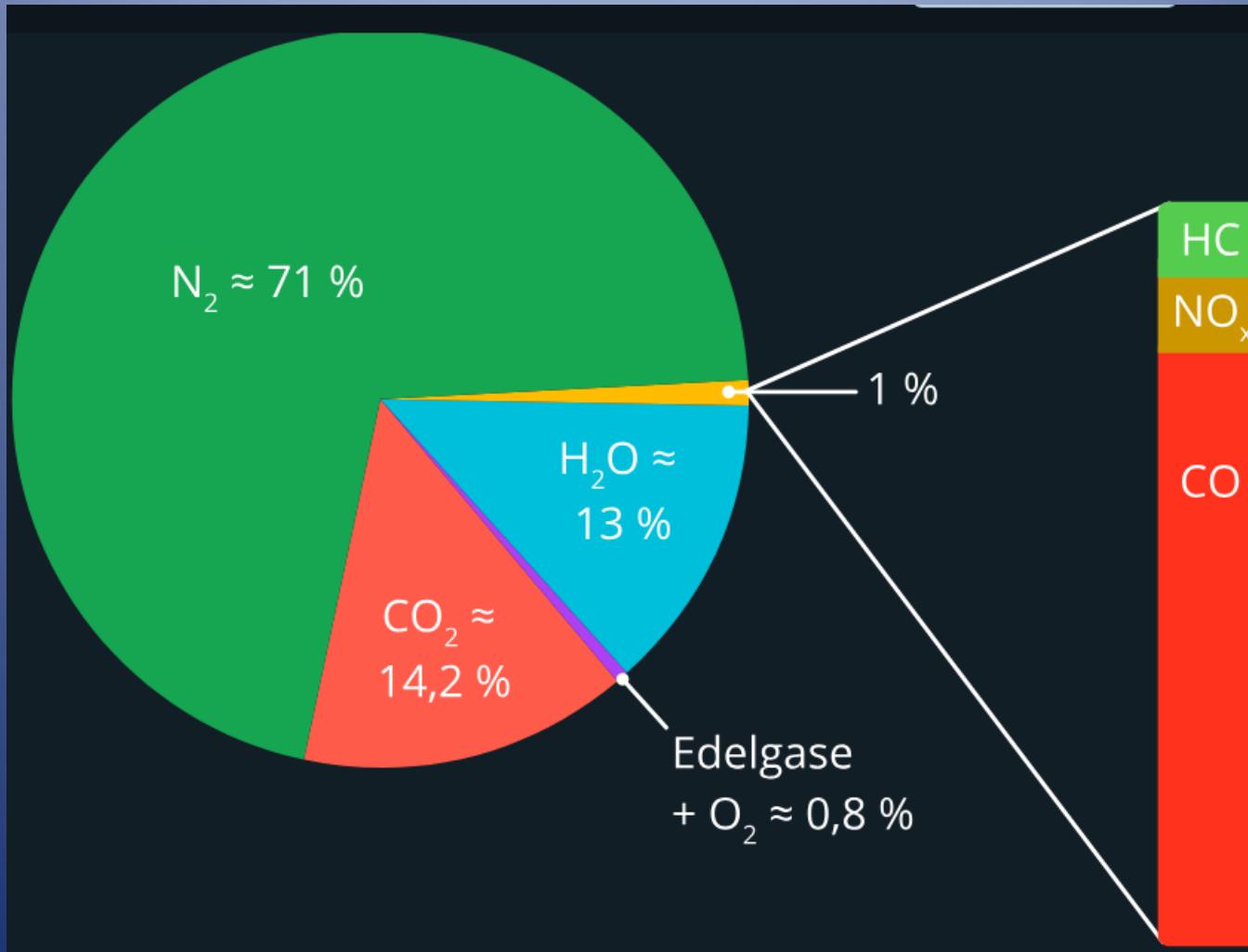
$\text{O}_2$  Sauerstoff, Bestandteil der Atemluft

$\text{H}_2\text{O}$  Wasser (manche trinken es)

$\text{N}_2$  Stickstoff, größter Bestandteil  
der Luft

**Weniger schädlich oder unschädlich**

# Abgase des Ottomotors



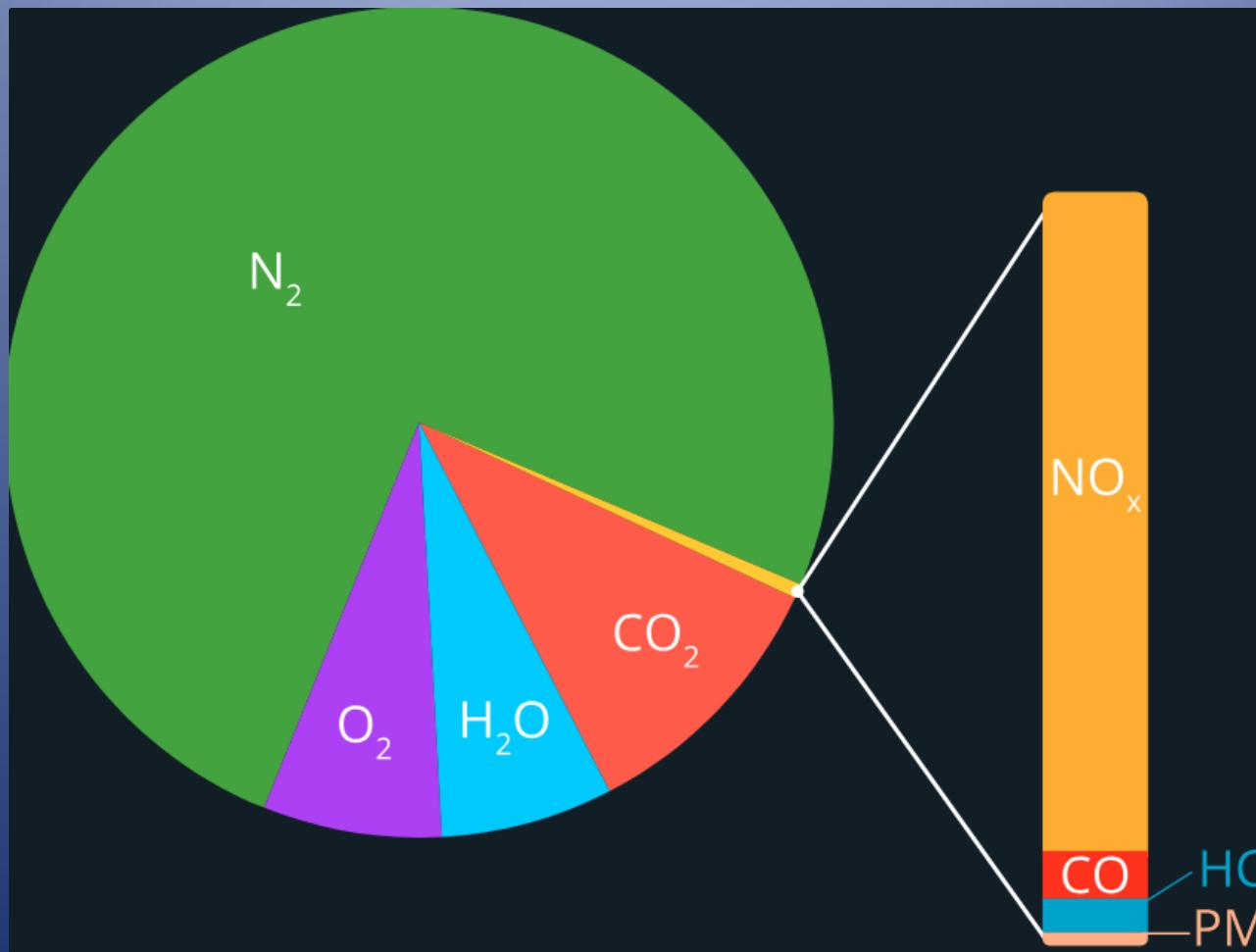
# Abgase von Dieselmotoren

Abgase wie Ottomotor, jedoch zusätzlich:

$\text{SO}_2$  Schwefeldioxid

PM Rußpartikel

# Abgase des Dieselmotors



# Motormechanik

Zylinderblock mit Kolben

Kurbelwelle mit Lagerung

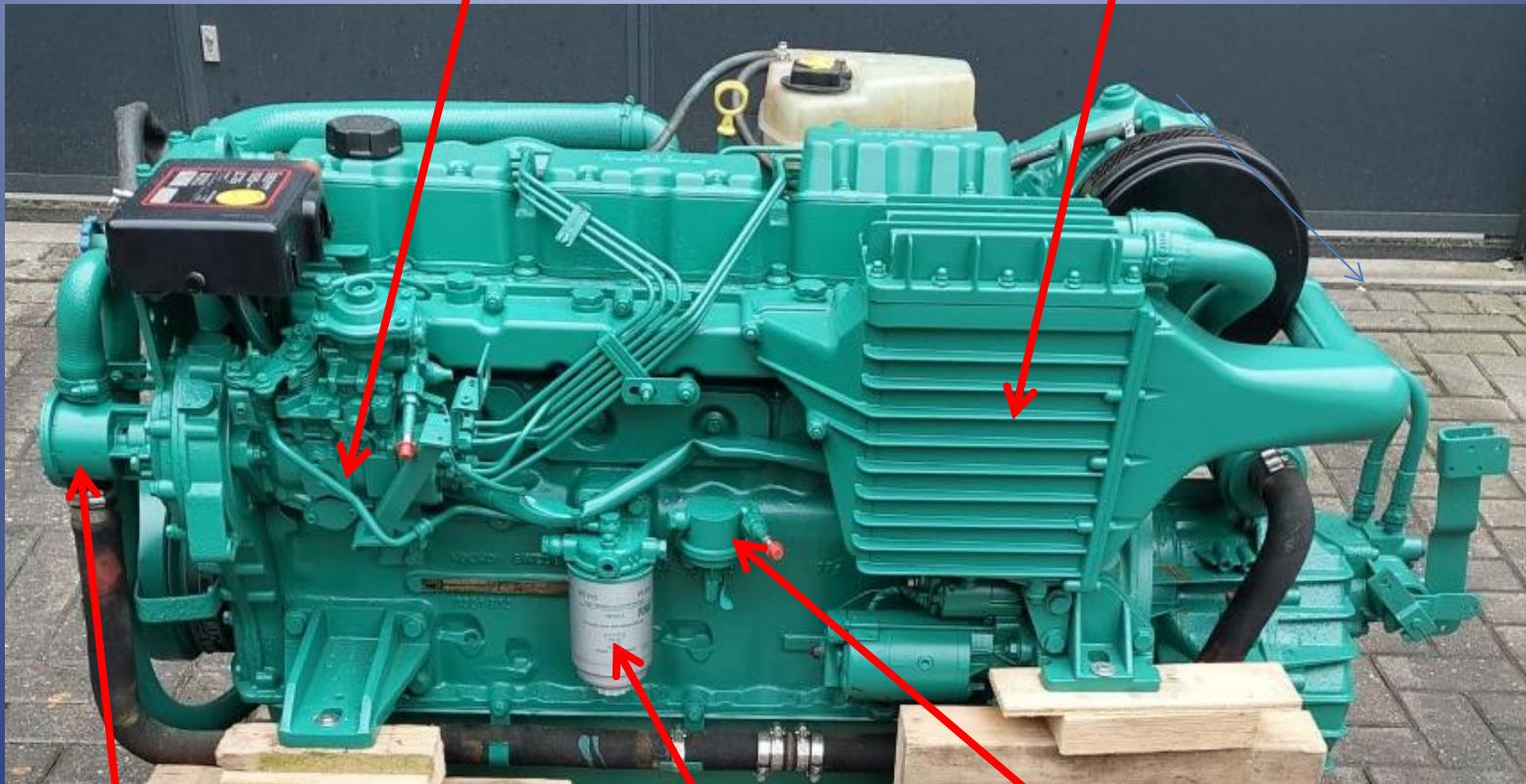
Zylinderkopf mit Ventilen

Ventiltrieb mit Übertragungsteilen  
und Nockenwelle

# Motormechanik

Einspritzpumpe

Ladeluftkühler

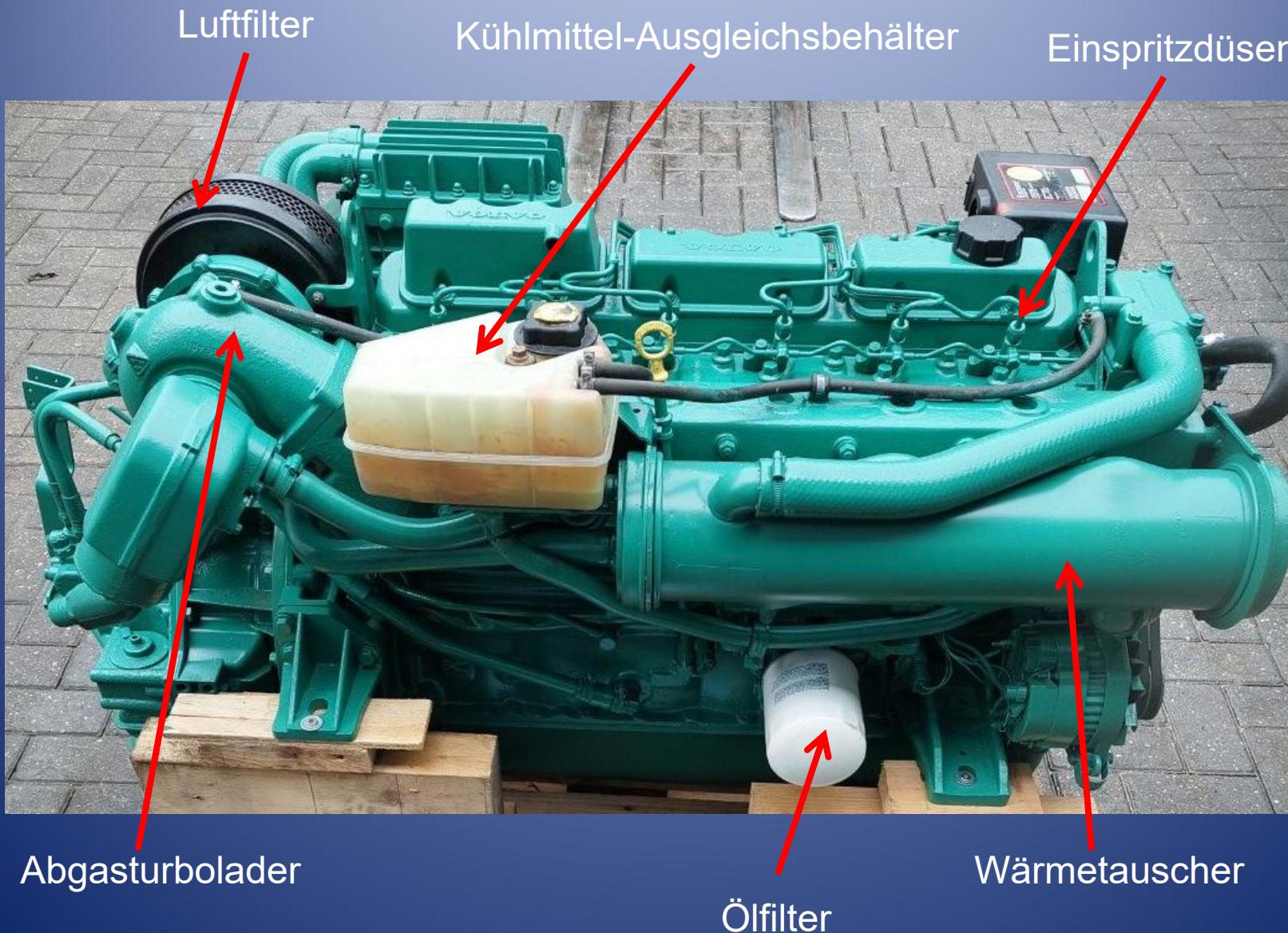


Seewasserpumpe

Kraftstofffilter

Kraftstoffförderpumpe

# Motormechanik





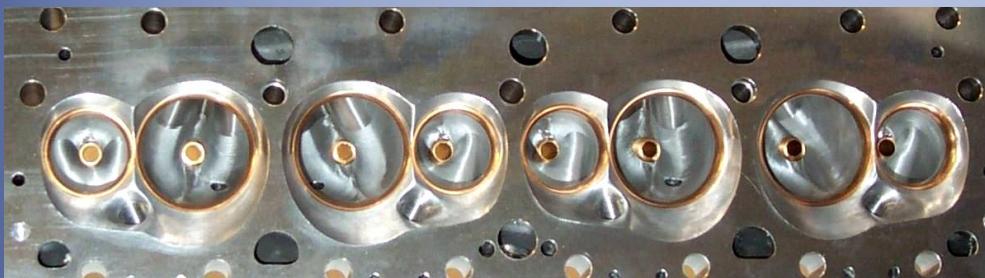
Kurbelwelle eines 4Zylinder-Reihenmotors



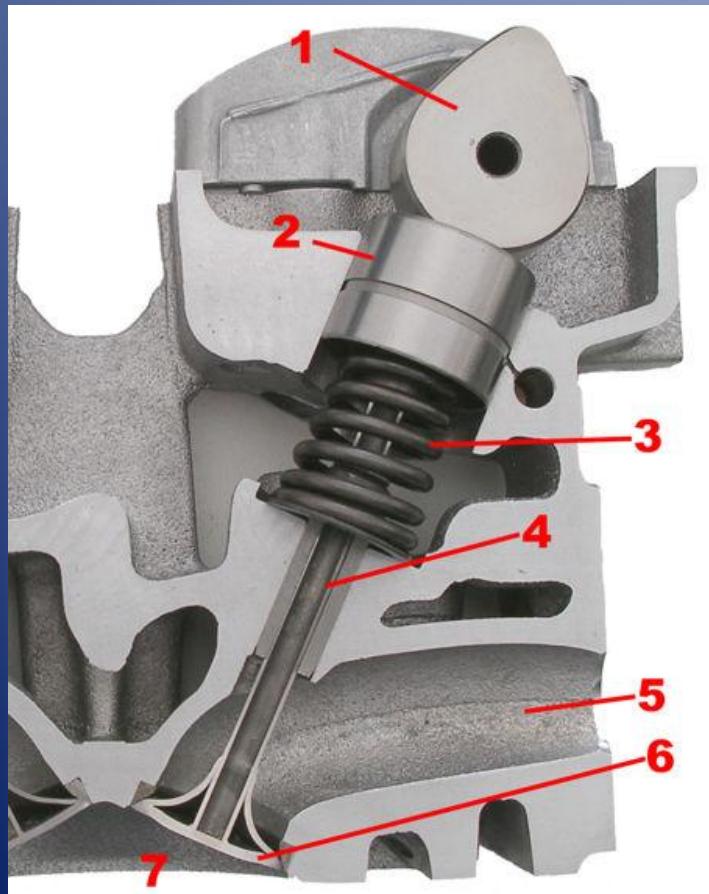
Pleuel eines Hubkolbenmotors



Motorkolben



Zylinderkopf eines 4-Zylinder-Motors



Nockenwellenantrieb  
durch Steuerkette



- Ventiltrieb mit Tassensystem
1. Nocken der Nockenwelle
  2. Tassenstößel
  3. Ventilfeder
  4. Ventilschaft
  5. Gaskanal zum Einlass (Frischgas) oder Auslass (Abgas)
  6. Ventilteller, der den Brennraum (7) gegen den Ventilsitzring abdichtet
  7. Brennraum

# Gemischbildung Dieselmotor

- Innere Gemischbildung im Brennraum
- Qualitative Gemischregelung über Kraftstoffmenge in Luftüberschuss
- Einspritzdruck 600 bis 2050 bar, je nach Arbeitsverfahren
- Keine Drosselklappe
- Luftumfasste Verbrennung

# Zündung Dieselmotor

Kompressionszündung abhängig von

- Förderbeginn
- Spritzbeginn + 1 - 1,5ms
- Zündung + 1 - 1,5ms
- Düsenöffnungsdruck

# Arbeitsverfahren

- Direkteinspritzer
  - Kraftstoff wird direkt in den Brennraum eingespritzt
  - Einspritzdruck bis 2050 bar
  - Guter Wirkungsgrad
  - Motorlauf relativ rauh

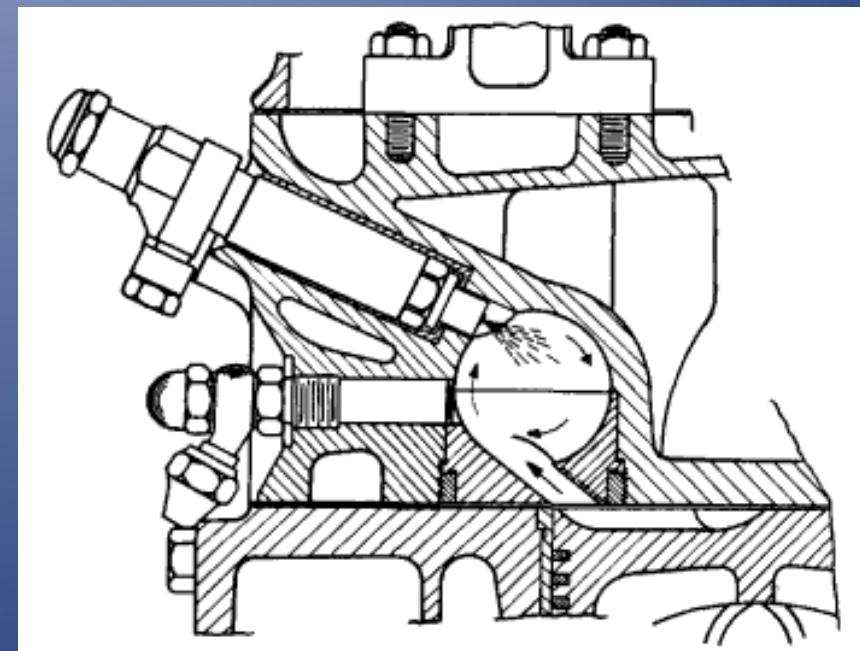
# Kammermotoren

- Vorkammer
- Wirbelkammer
- Der Wirkungsgrad von Kammermotoren ist gegenüber Direkteinspritzern schlechter
- Der Motorlauf ist weicher und komfortabler

# Vorkammer



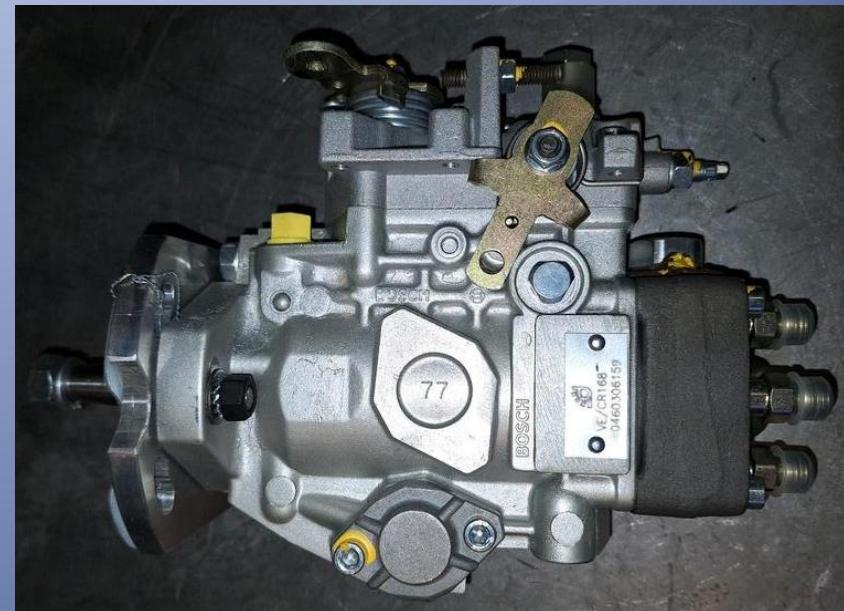
# Wirbelkammer



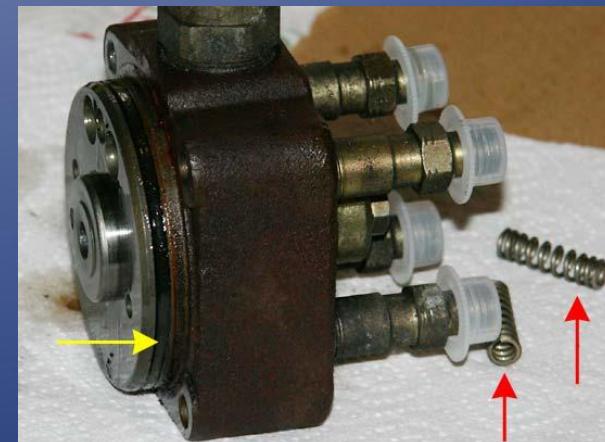
# Einspritzverfahren

- Reihen-Einspritzpumpe
- Verteiler-Einspritzpumpe
- Common Rail
- Pumpe-Düse
- Pumpe-Leitung-Düse

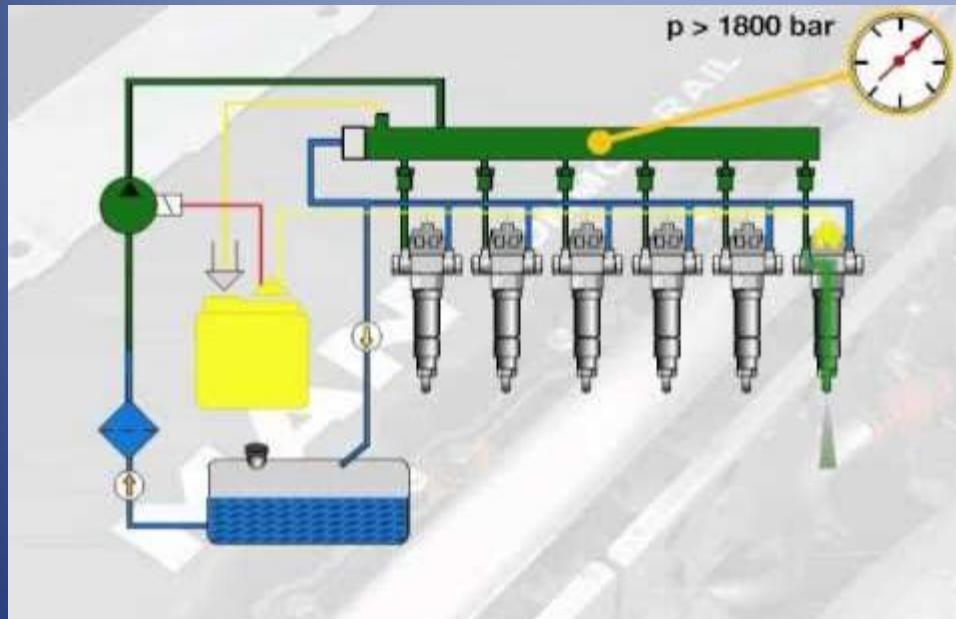
## Reihen-Einspritzpumpe



## Verteiler-Einspritzpumpe



# Common-Rail

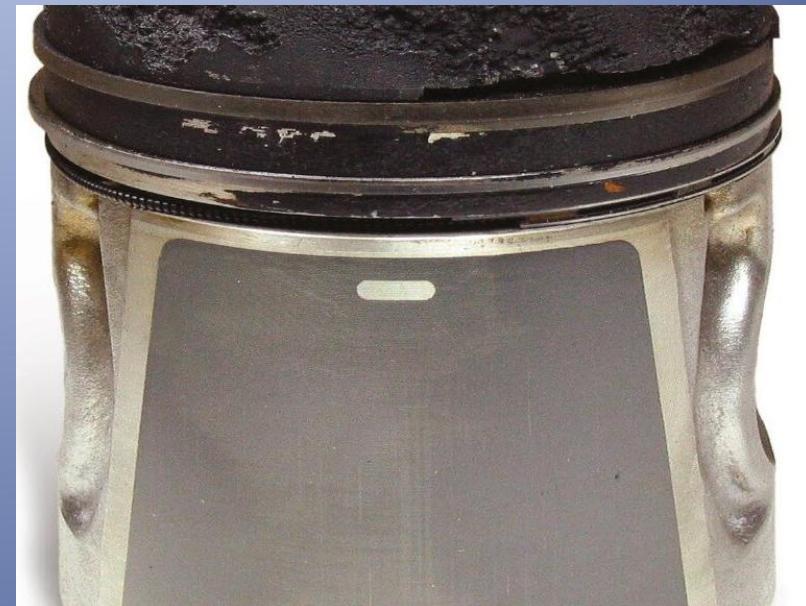


## Pumpe-Düse

# Störungen an Dieselmotoren

- Nageln
- Schwarzrauch
- Blaurauch
- Weisrauch
- Falsche Leerlaufdrehzahl
- Schlechte Leistung

# Störungen an Dieselmotoren



## Mögliche Ursachen

Undichte Einspritzdüsen oder schwergängige bzw. verklemmte Düsenadeln.  
Gebrochene oder lahme Düsenfedern.  
Defekte Druckentlastungsventile in der Einspritzpumpe.  
Einspritzmenge und Einspritzzeitpunkt entsprechen nicht den Vorgaben des Motorenherstellers.

Bei Vorkammermotoren: Defekt an der Vorkammer

Zündverzug durch unzureichende Verdichtung, falscher Steuerzeiten oder undichter Ventile.

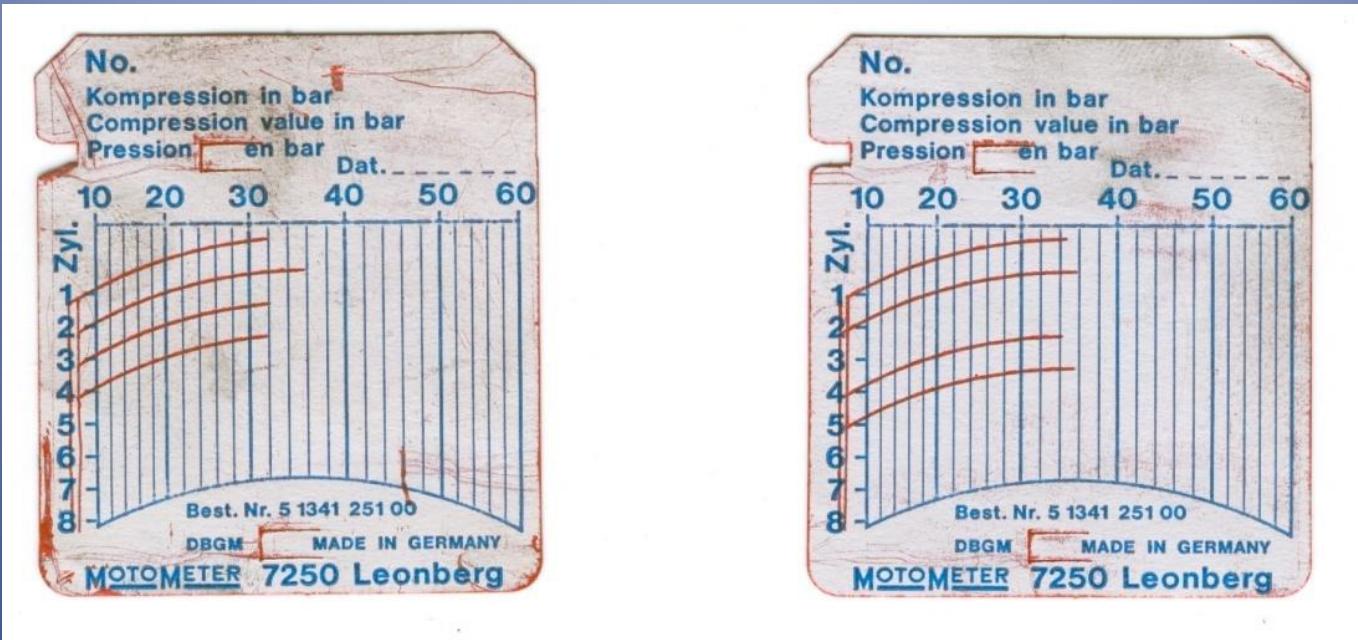
Zu großer Zündverzug durch zündunwilligen Dieselkraftstoff (zu niedrige Cetanzahl).  
Schlechte Füllung durch defekten Turbolader

# Wodurch entsteht Nageln?

- Zu großer Zündverzug
- Flammgeschwindigkeit steigt von 22 m/s = ca. 80 km/h auf bis zu 200 m/s = 720 km/h
- Arbeitsdruck von 90 -130 bar steigt auf 300 – 400 bar
- Hohe mechanische Belastung des Motors
- Hoher Verschleiß

# Nageln auf allen Zylindern

- Zu geringe Verdichtung
- Kompressionsverluste durch Verschleiß oder festsitzende Kolbenringe
- >>Spezieller Motorinnenreiniger
- >>Motorreparatur
- Förderbeginn zu früh
- >>Förderbeginn einstellen



Kompressionsdruckdiagramme  
vor und nach Behandlung des  
Motors mit Motorinnenreiniger



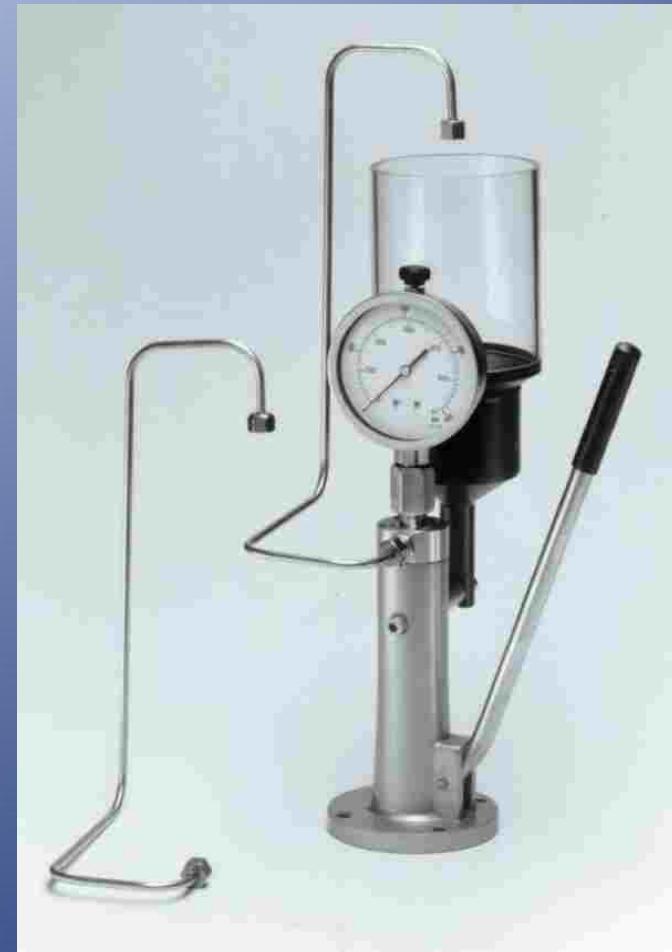
# Werkzeug zur Einstellung des Förderbeginns

# Nageln auf einem Zylinder

- Kompressionsverluste an einem Zylinder
- Defekte Einspritzdüse



# Einspritzdüse mit Nadelbewegungsfühler



# Düsenprüfgerät

# Motor raucht schwarz

- Verstopfter Luftfilter >> reinigen oder ersetzen
- Defektes Aufladesystem >> Turbo prüfen
- Fördermenge zu groß durch falsch eingestellte Einspritzpumpe
- >>Einspritzpumpe neu einstellen  
(Fachwerkstatt)
- Altes, verbrauchtes Motoröl
- >>Ölwechsel durchführen

# Motor raucht blau

- Erhöhter Verschleiß oder festsitzende Kolbenringe, dadurch geringe Kompression, erhöhter Ölverbrauch
- >>Motorinnenreinigung mit speziellen Reinigern oder Motorreparatur
- Förderbeginn zu früh oder Düsenöffnungsdruck zu gering
- >>Reparatur durch Fachwerkstatt

# Motor raucht weis

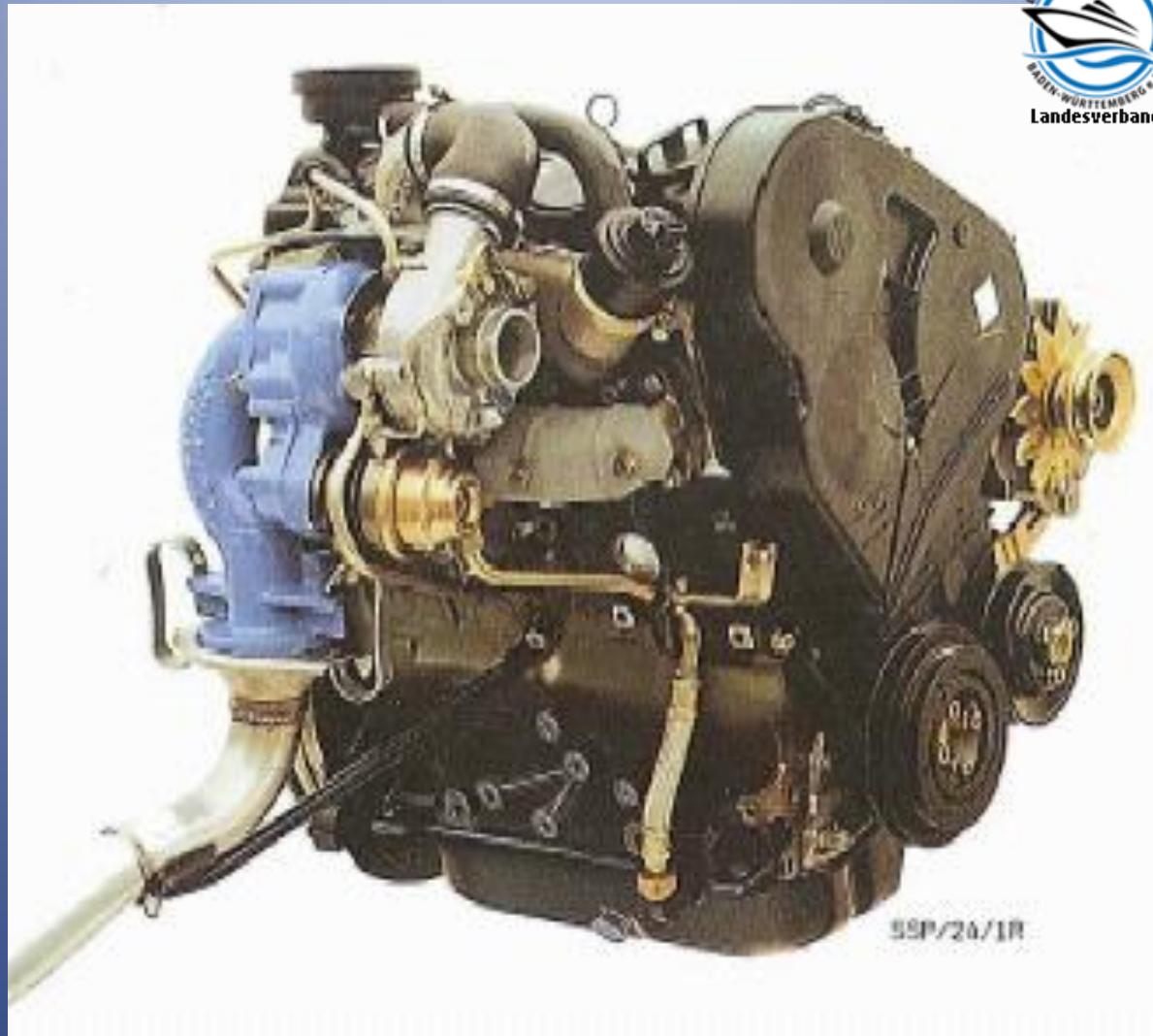
- Förderbeginn zu spät
- >>Förderbeginn durch Fachwerkstatt einstellen
- Zylinderkopfdichtung >> Kühlmittelverbrauch

# Leerlaufdrehzahl zu hoch oder zu niedrig

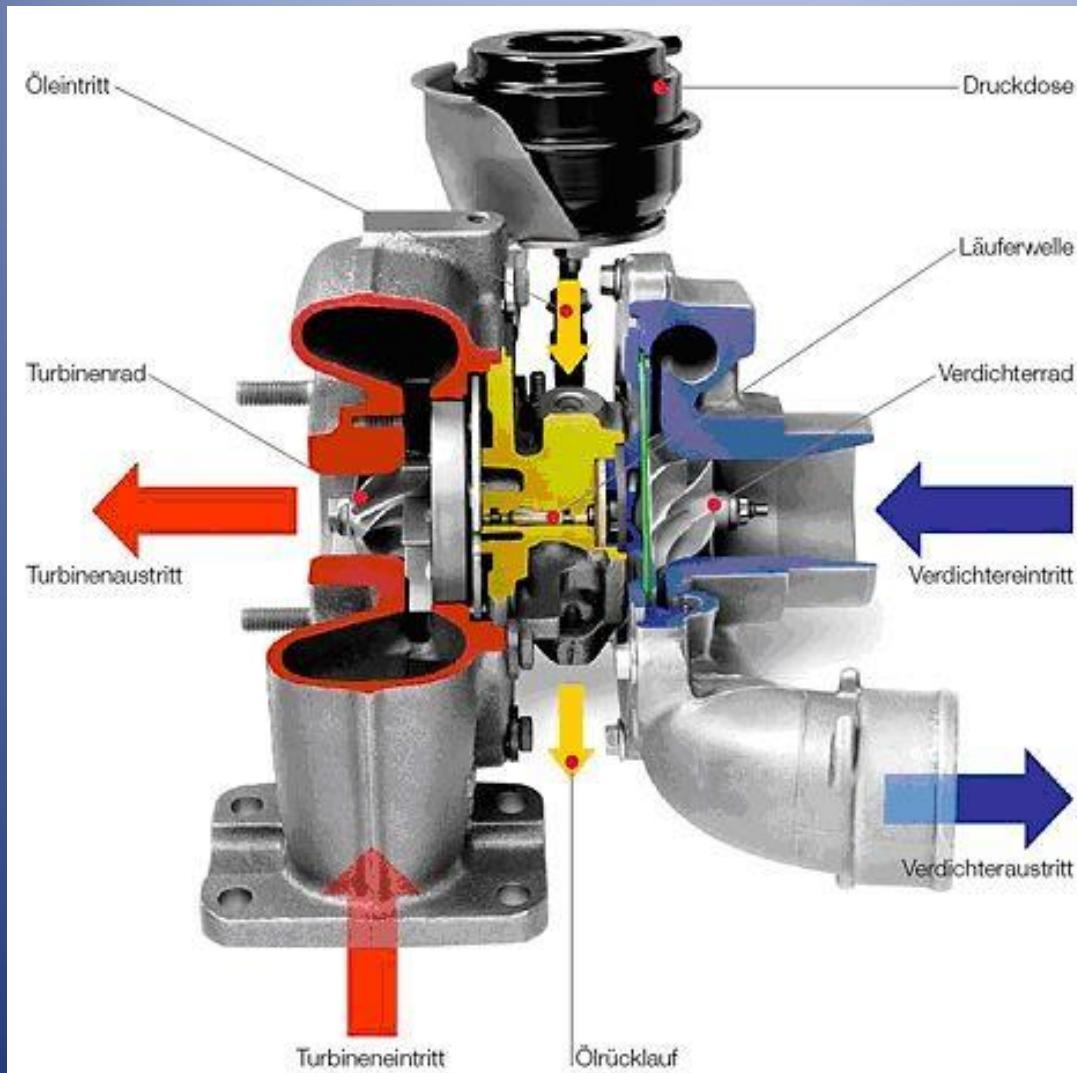
- Einspritzpumpe verstellt
- >>Einstellung durch Fachwerkstatt
- Anwählen eines anderen Leerlaufkennfeldes mittels eines Diagnosegerätes

# Motor hat schlechte Leistung bei Vollgas

- Kompressionsverluste durch festsitzende Kolbenringe oder erhöhten Verschleiß
- >>Motorinnenreingung
- >>Reparatur durch Fachwerkstatt
- Verstopfter Luftfilter
- Defektes Aufladesystem
- Kraftstofffilter verstopft
- Wasser im Kraftstoff



Dieselmotor mit Abgasturbolader



# Abgasturbolader

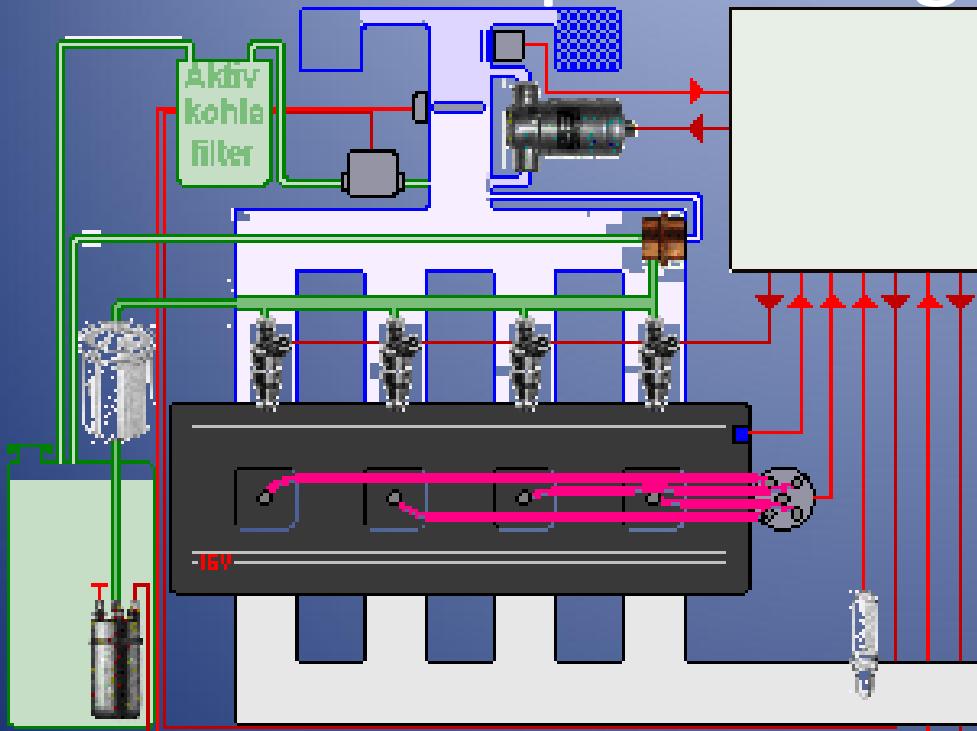
# Ottomotoren



# Ottomotoren

- Versorgung des Motors mit zündfähigem Kraftstoff-Luft-Gemisch
- Äußere Gemischbildung in Vergaser oder Saugrohr
- Quantitative Gemischregelung bedingt Drosselklappe
- Optimales Gemisch:  
 $14,7 \text{ kg Luft} : 1 \text{ kg Kraftstoff}$
- Dieses Verhältnis bezeichnet man als  $\Lambda = 1$  der Motor läuft homogen

# Gemischbildung durch Benzin-Einspritzanlagen



**Vorteile:**

**Große Betriebsicherheit**

**Gleichbleibende  
Einstellung über  
Gesamtlebensdauer**

**Einstellungsunabhängig**

**Nachteile: Höherer Preis, komplexer Aufbau, sehr teure elektronische Prüfgeräte erforderlich.**

# Zündanlage

- Ottomotoren benötigen elektrische Fremdzündsysteme
- Zündspulen, Zündverteiler mit Auslösesystemen, Zündkabel und Zündkerzen
- Zeitlich genau abgestimmte Entflammung des Gemischs erforderlich

# Ursachen für Zündaussetzer



Zündkerzenstecker  
beschädigt



Beschädigte  
Zündkabel

## Abgebrannter Verteilerfinger

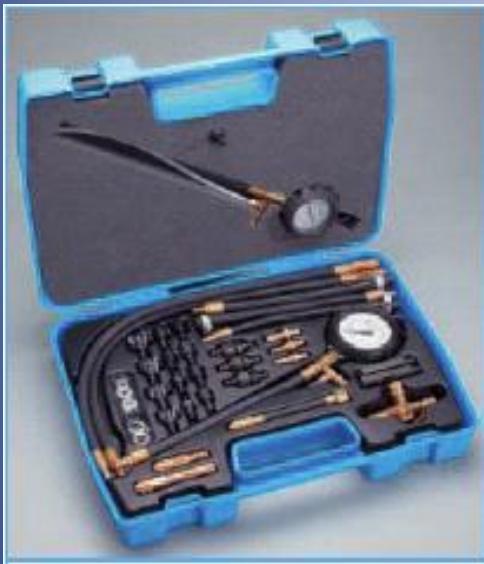


Kriechstromspuren an  
der Verteilerkappe  
durch Spannungs-  
überschläge



# Schlechte Motorleistung bei Vollgas

- Zündaussetzer
- Zu geringe Kompression
- Kraftstoffdruck zu gering
- Kraftstofffilter verschmutzt
- Luftfilter verschmutzt
- Zündzeitpunkt verstellt
- >>Motorinnenreinigung mit speziellen Reinigern
- >>Reparatur durch Fachwerkstatt



Prüfen des  
Kraftstoffdrucks



Prüfen des  
Zündzeitpunkts



Recording compression testers with quick-connect couplings, for diesel engines

Prüfen des  
Kompressions-  
drucks

# Allgemeine Hinweise zum Betrieb und zur Wartung von Bootsmotoren

# Kaltstart und Warmlauf

- Kalten Motor nur mit niedrigen Drehzahlen betreiben
- Motor vor Abfahrt nicht warm laufen lassen

- Motor bei längeren Standzeiten des Bootes nicht zwischendurch warm laufen lassen – er wird nicht betriebswarm!
- Oxidationsschäden entstehen
- Standzeiten von 8 Wochen und mehr führen bei hochwertigen Schmierstoffen nicht zu Schäden!

# Ölwechsel und Ölfilterwechsel

- Motorenöl und Ölfilter nach Herstellervorschrift wechseln
- Wichtig um Rußbildung zu vermeiden!



# Wechsel des Kraftstofffilters

- Im Laufe der Betriebszeit entwickeln Filter ein „Schmutzbett“
- Dies führt zur Verbesserung der Filterwirkung
- Filterwechsel deshalb nur nach Herstellervorschrift und bei Betriebsstörungen

# Wasserabscheider

Bedingt durch große Tanks sammelt sich  
Kondenswasser

- Wasserabscheider alle 50 Betriebsstunden kontrollieren
- Angesammeltes Wasser ablassen und fachgerecht entsorgen!



# Ansaugluft



Nassluftfilter reinigen und Gitter außen mit Öl benetzen. Luftfilter nach Bedarf, jedoch mindestens 1 mal jährlich reinigen



Trockenfilter (Papierwickel)  
Einmal jährlich wechseln

# Kühlwasserversorgung



Impellergehäuse am Motor

Neoprenimpeller mit  
Dichtungen



# Bilge und Motoroberfläche

- Bilge und Motoroberfläche immer peinlich sauber halten
- Dadurch werden Undichtigkeiten schnell erkannt
- Bei Arbeiten im Motorraum versehentlich verschüttete Kraft- und Schmierstoffe mit Ölbindemitteln aufnehmen und fachgerecht entsorgen!

Betreiben Sie bitte Ihre  
Bootsmotoren nur mit wirksamen  
Schalldämpfern bzw. ergreifen Sie  
geeignete Maßnahmen zur  
Geräuschminderung!

Wirken Sie auf Mitmenschen mit  
lauten Bootsmotoren dahingehend  
ein, dies doch zu ändern!

# Anlegeverbot für Boote mit Motoren ohne Schalldämpfung

# Fragen?

[e.haag@t-online.de](mailto:e.haag@t-online.de)

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!