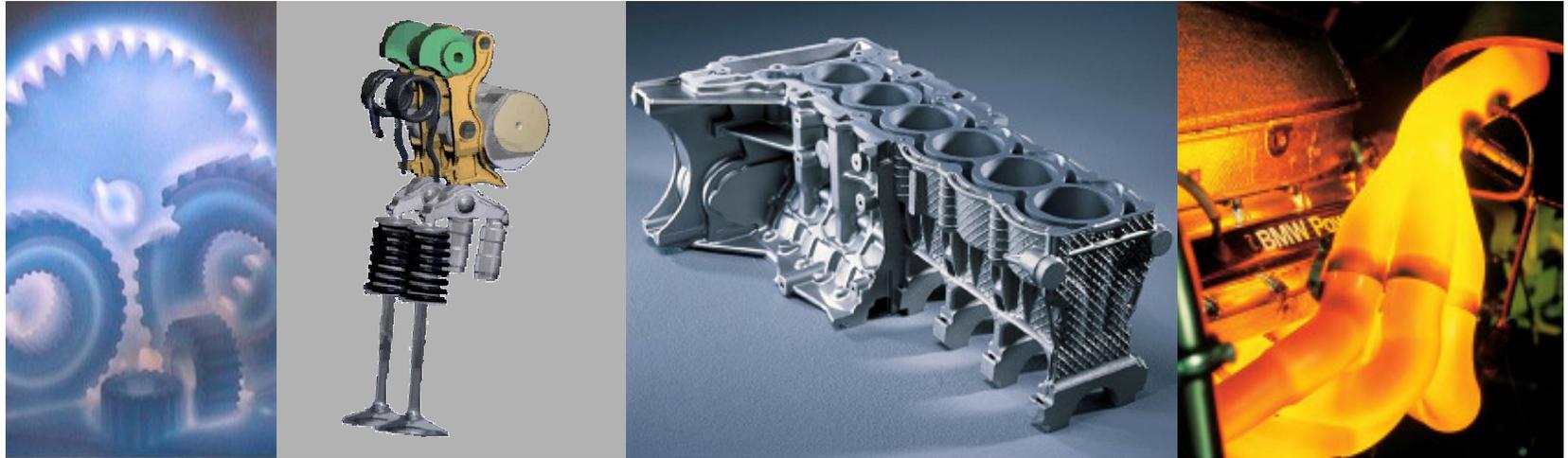


# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor.



Dr.-Ing. J. Staeves  
EP-530  
Metalle und Beschichtungen

**BMW Group**



# Einleitung.

## Historischer Vergleich.

### BMW 326 und BMW 520i.



Baujahr	1936	2000	2004
Motor	6-Zylinder	6-Zylinder	6-Zylinder
Hubraum	1.971	1.991	2.171
Leistung	37 kW (50 PS) bei 3.750 1/min	110 kW (150 PS) bei 5.900 1/min	125 kW (170 PS) bei 6.100 1/min
Höchstgeschwindigkeit	115 km/h	220 km/h	230 km/h
Kraftstoffverbrauch (gemessen bei 90 km/h / außerstädtisch)	14 l/100 km	6,9 l/100 km	6,8 l/100km



# Ableitung zukünftiger Entwicklungen aus Trends?

“Ich glaube an das Pferd. Das Automobil ist nur eine vorübergehende Erscheinung.”

[Kaiser Wilhelm II., um 1900]

“Nuklearbetriebene Staubsauger werden wahrscheinlich schon in 10 Jahren Realität.”

[Alex Lewyt, Präsident Lewit Vacuum cleaner Company, 1955]

“640 KB sollten für jedermann genug sein.”

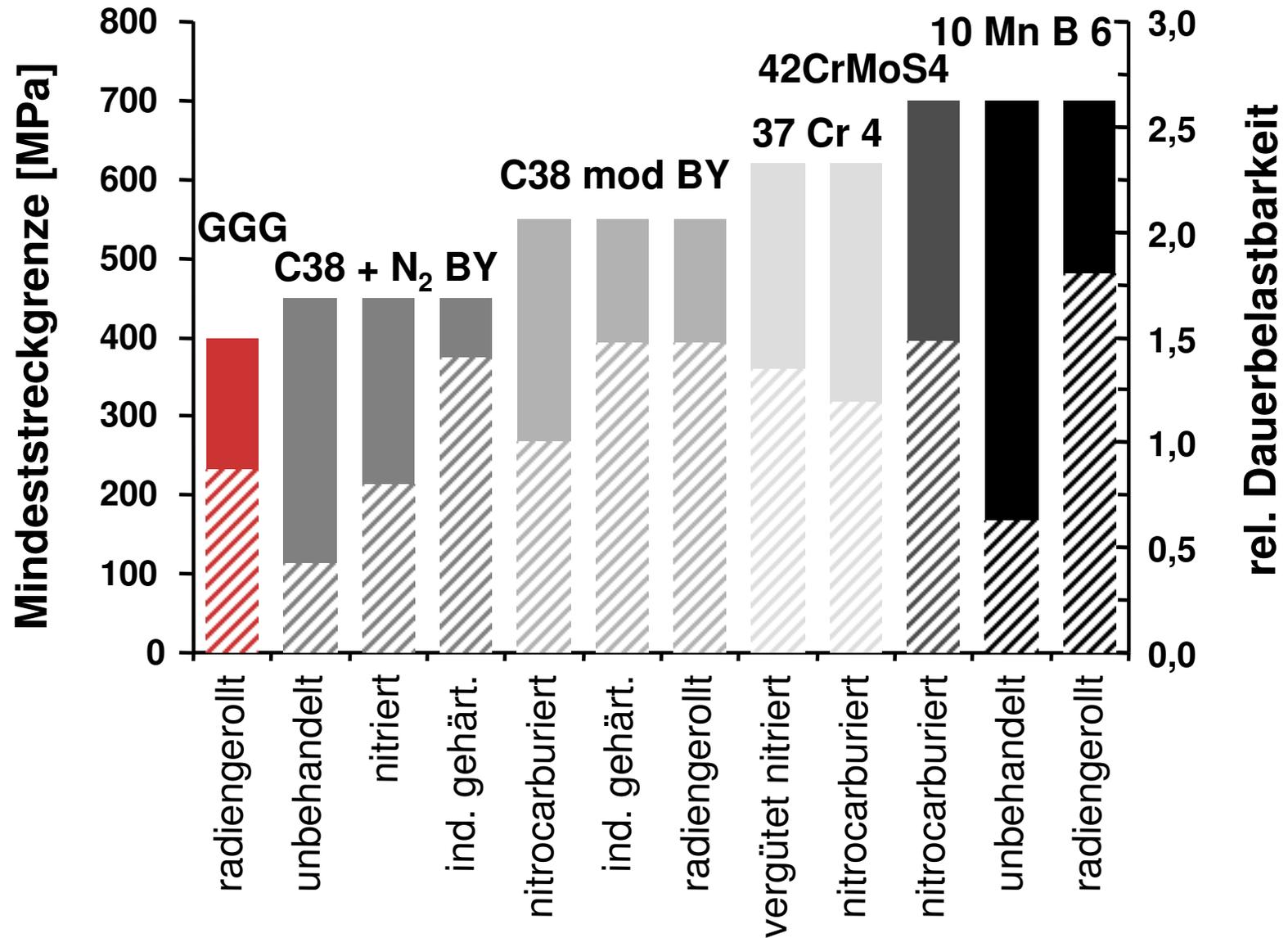
[Bill Gates, 1981]

# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor.

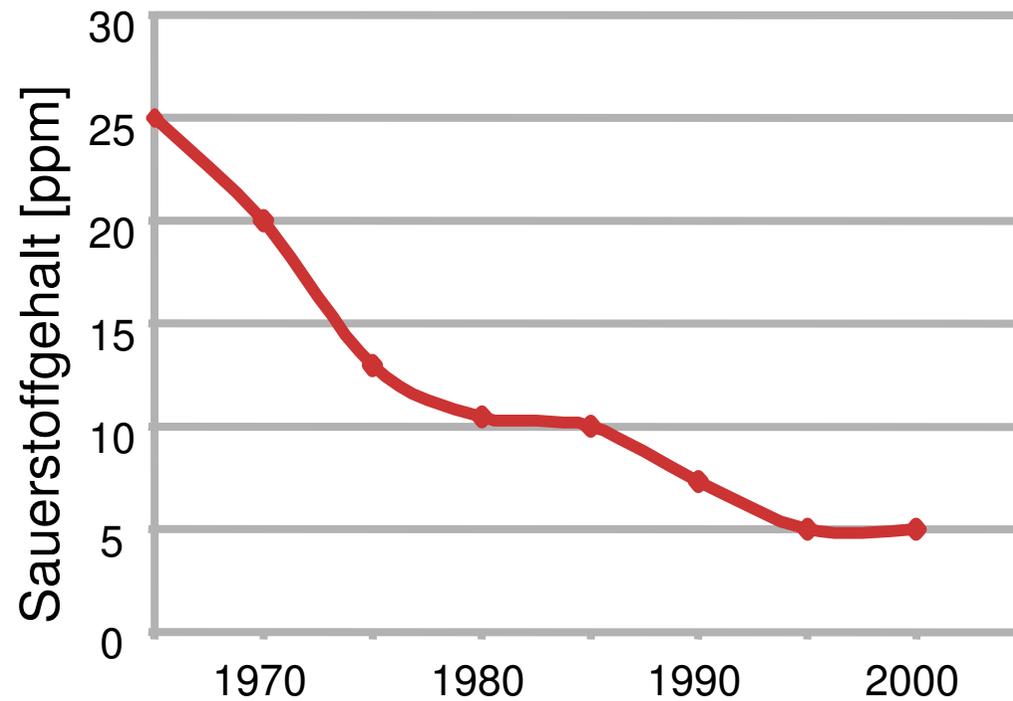
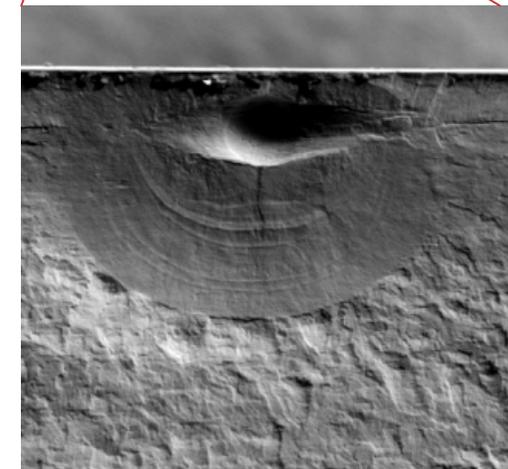
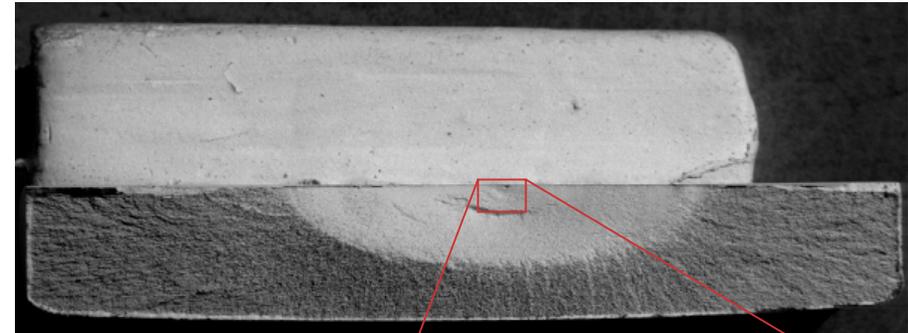
## Inhalt.

- Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe
  - Gusskurbelwelle
  - Kunststoffe
- Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik
  - Metal Injection Moulding
  - Aluminium- und Stahlsinterwerkstoffe
- Mischbau: Der richtige Werkstoff am richtigen Ort
  - Mg-Al-KGH, Aluminiumschrauben
  - Gebaute Nockenwelle
- Neue Herausforderungen
  - Wasserstoff
  - Steigende Temperaturen

# Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe. Einfluß von Werkstoff und Nachbehandlung auf die Dauerbelastbarkeit einer Kurbelwelle.



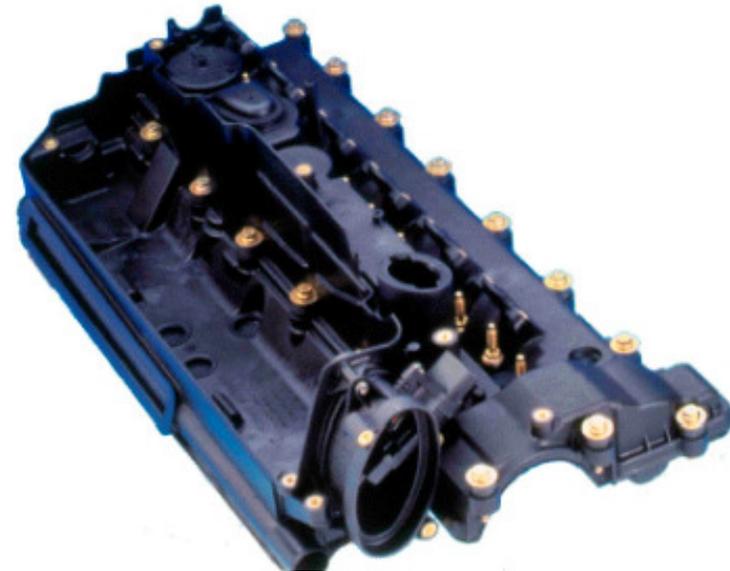
# Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe. Hohe Reinheit der Werkstoffe. Sauerstoffgehalt am Beispiel 100Cr6.



# Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe. Zunehmender Anteil von Kunststoffen.



Sauganlage



Zylinderkopfhaube mit Ölbascheidung



Schallabsorber



Ölsaugrohr



Ölpeilstab-  
führungsrohr



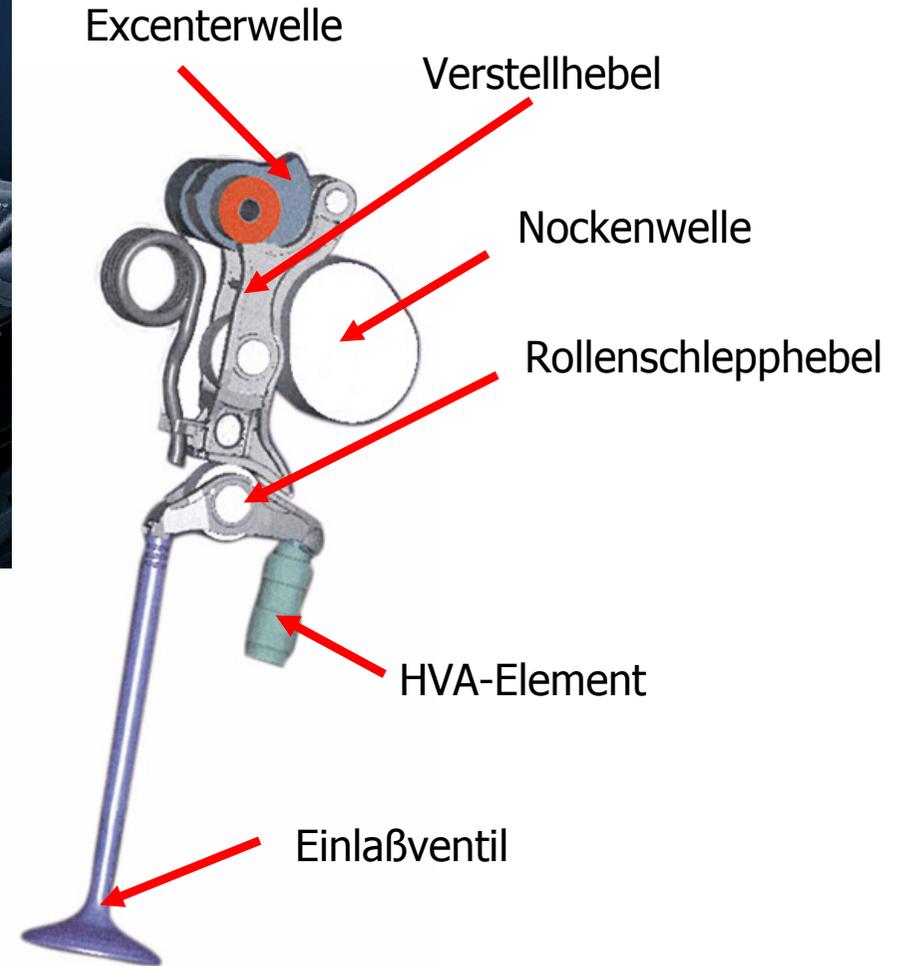
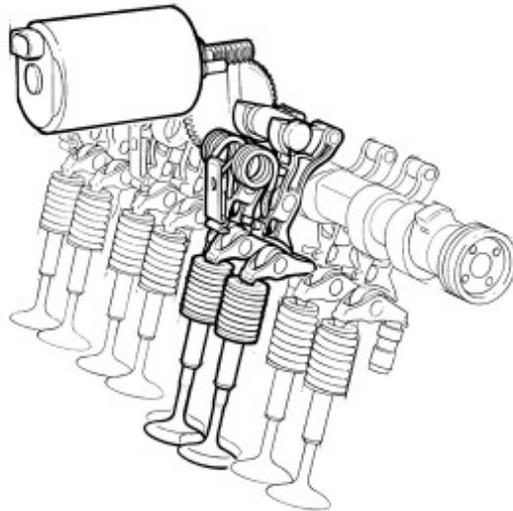
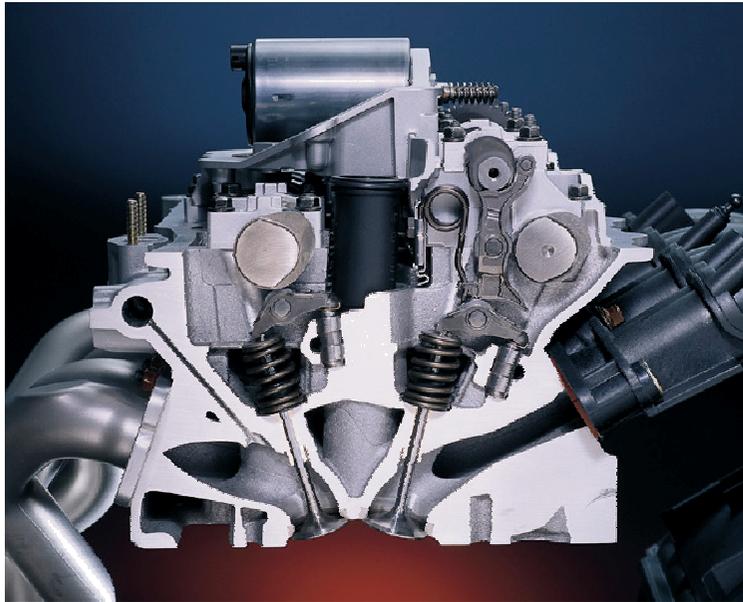
Riemenscheibe

# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor.

## Inhalt.

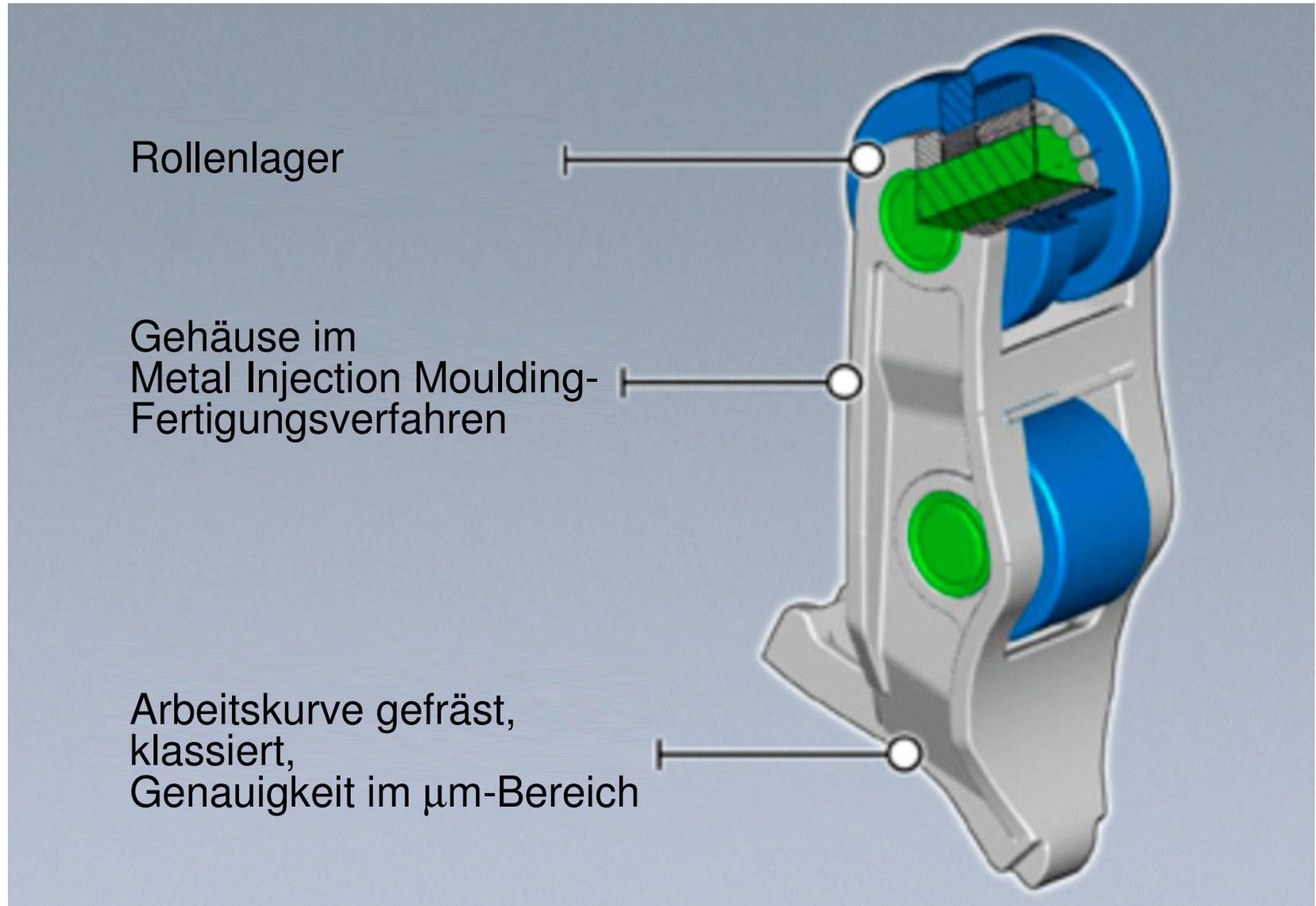
- Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe
  - Gusskurbelwelle
  - Kunststoffe
- **Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik**
  - Metal Injection Moulding
  - Aluminium- und Stahlsinterwerkstoffe
- Mischbau: Der richtige Werkstoff am richtigen Ort
  - Mg-Al-KGH, Aluminiumschrauben
  - Gebaute Nockenwelle
- Neue Herausforderungen
  - Wasserstoff
  - Steigende Temperaturen

# Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik. VVT. Variabler Ventilhub.

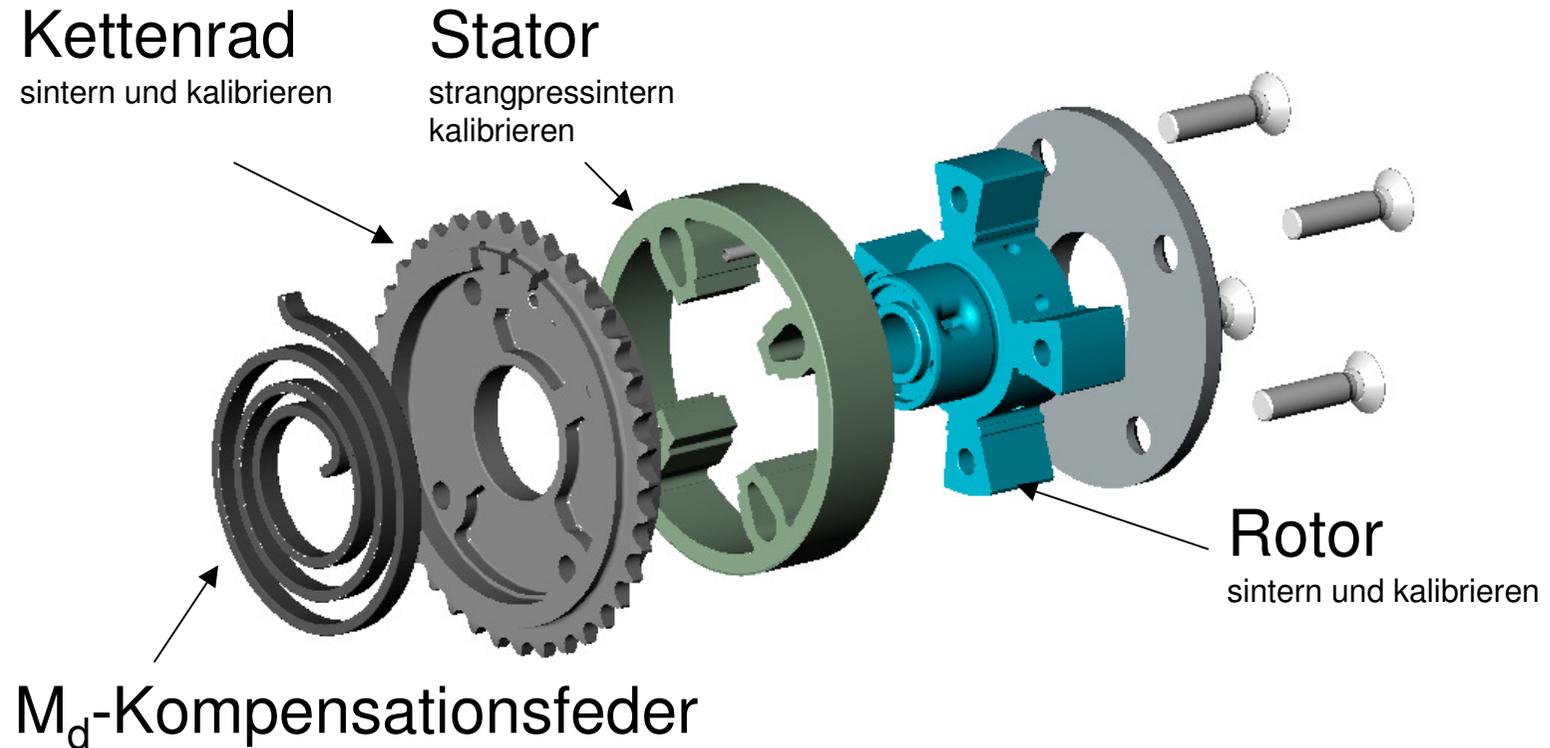




# Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik. Metal Injection Moulding. VVT-Zwischenhebel.



# Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik. Aluminium-Sinterwerkstoffe. Variable Nockenwellenverstellung VANOS.



- Gewichtseinsparung gegenüber Stahl-Stellern 800g
- Hoher Si-Anteil zur Sicherstellung der Verschleißfestigkeit
- Sintern zur kostengünstigen Erreichung der Maßhaltigkeit bei geringer Anzahl spanend bearbeiteter Flächen

# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor.

## Inhalt.

- Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe
  - Gusskurbelwelle
  - Kunststoffe
- Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik
  - Metal Injection Moulding
  - Aluminium- und Stahlsinterwerkstoffe
- **Mischbau: Der richtige Werkstoff am richtigen Ort**
  - Mg-Al-KGH, Aluminiumschrauben
  - Gebaute Nockenwelle
- Neue Herausforderungen
  - Wasserstoff
  - Steigende Temperaturen

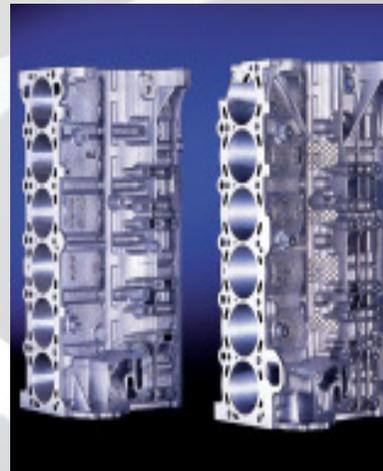
# Mischbau.

## Werkstoffe für Kurbelgehäuse und Laufbuchsen.

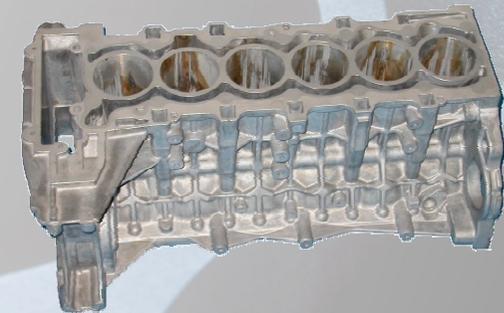
	1980	1990	2000	2004
Benzin	GJL	Al+GJL-Buchsen Alusil		Al-Mg
M	GJL		Alusil	
Diesel	GJL, GJV			



Reihensechszylinder  
M-Motor  
Grauguss



Reihensechszylinder  
Benzinmotor  
Al mit GJL-Laufbuchsen

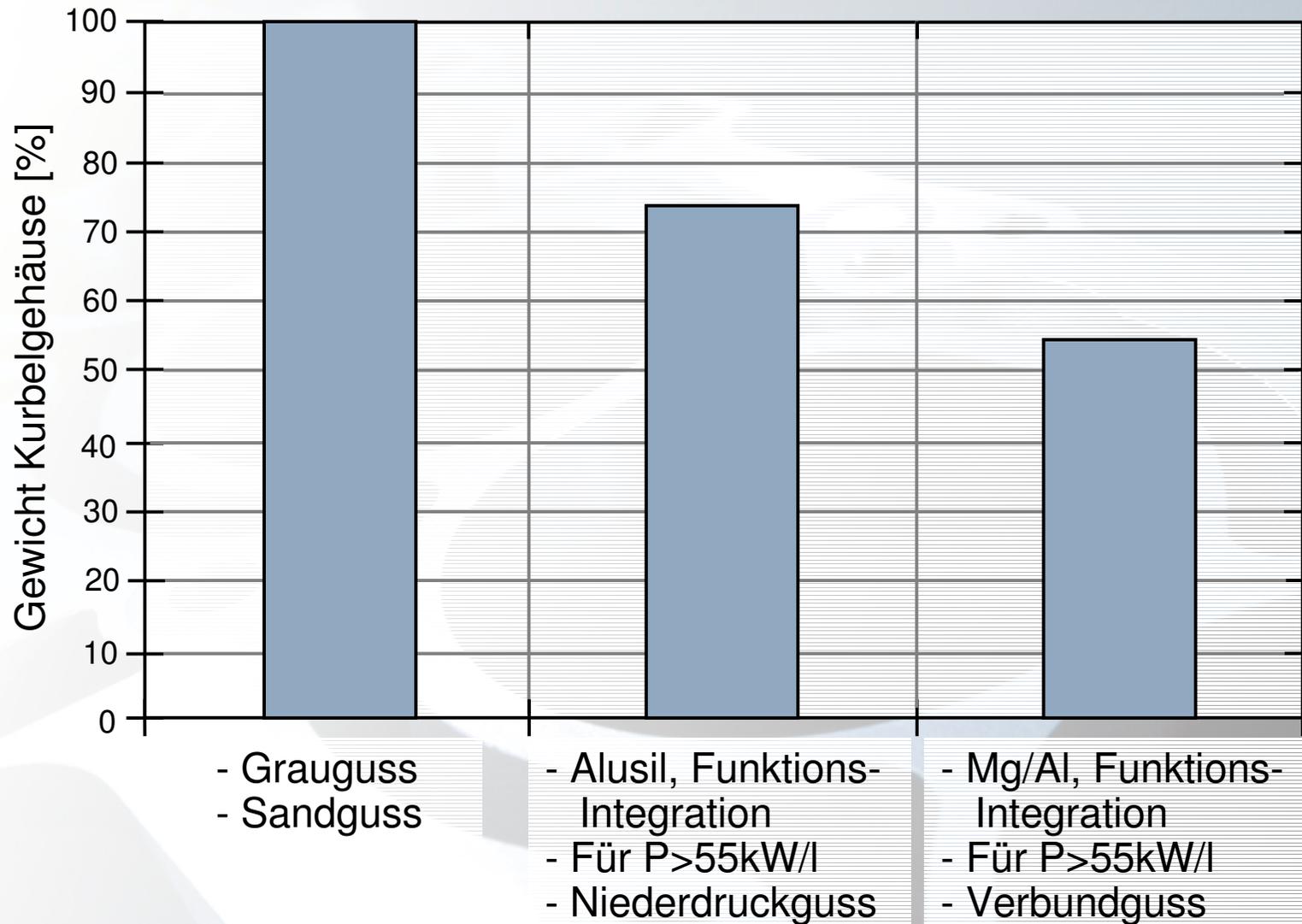


Reihensechszylinder  
Benzinmotor  
Al-Mg Verbundkurbelgehäuse

# Mischbau.

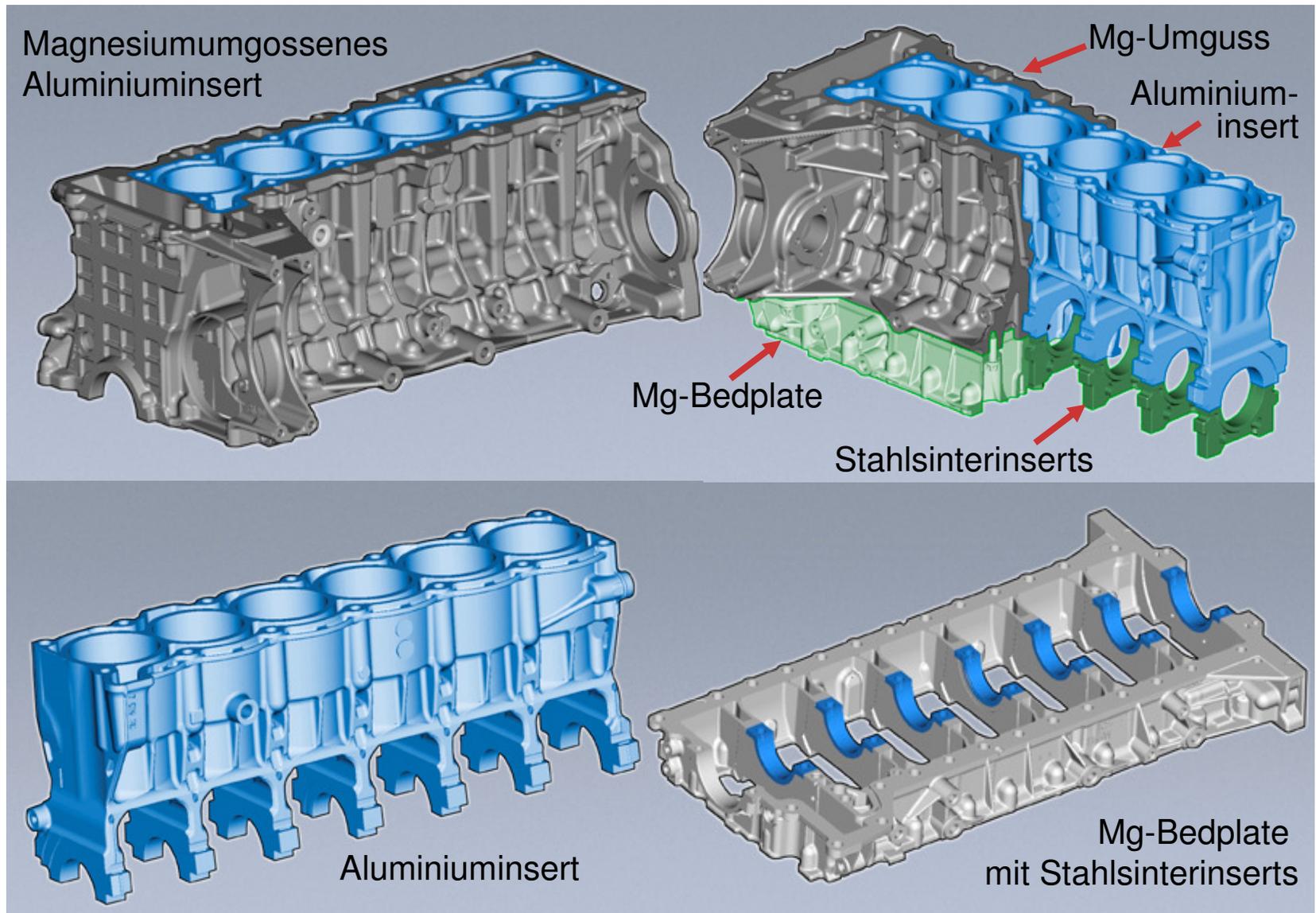
## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse.

### Zielsetzungen.



# Mischbau.

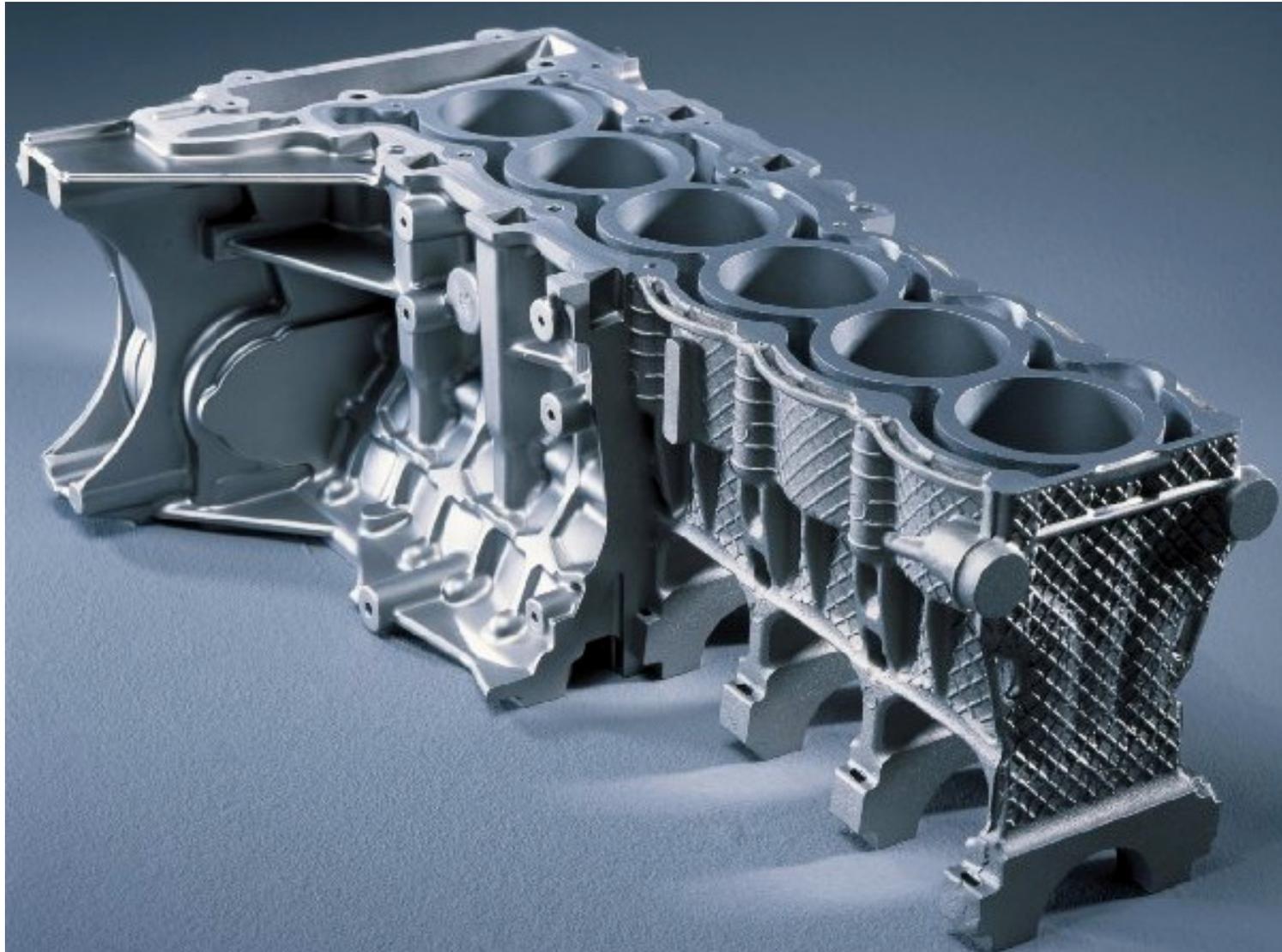
## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse. Konstruktive Ausführung.



# Mischbau.

## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse.

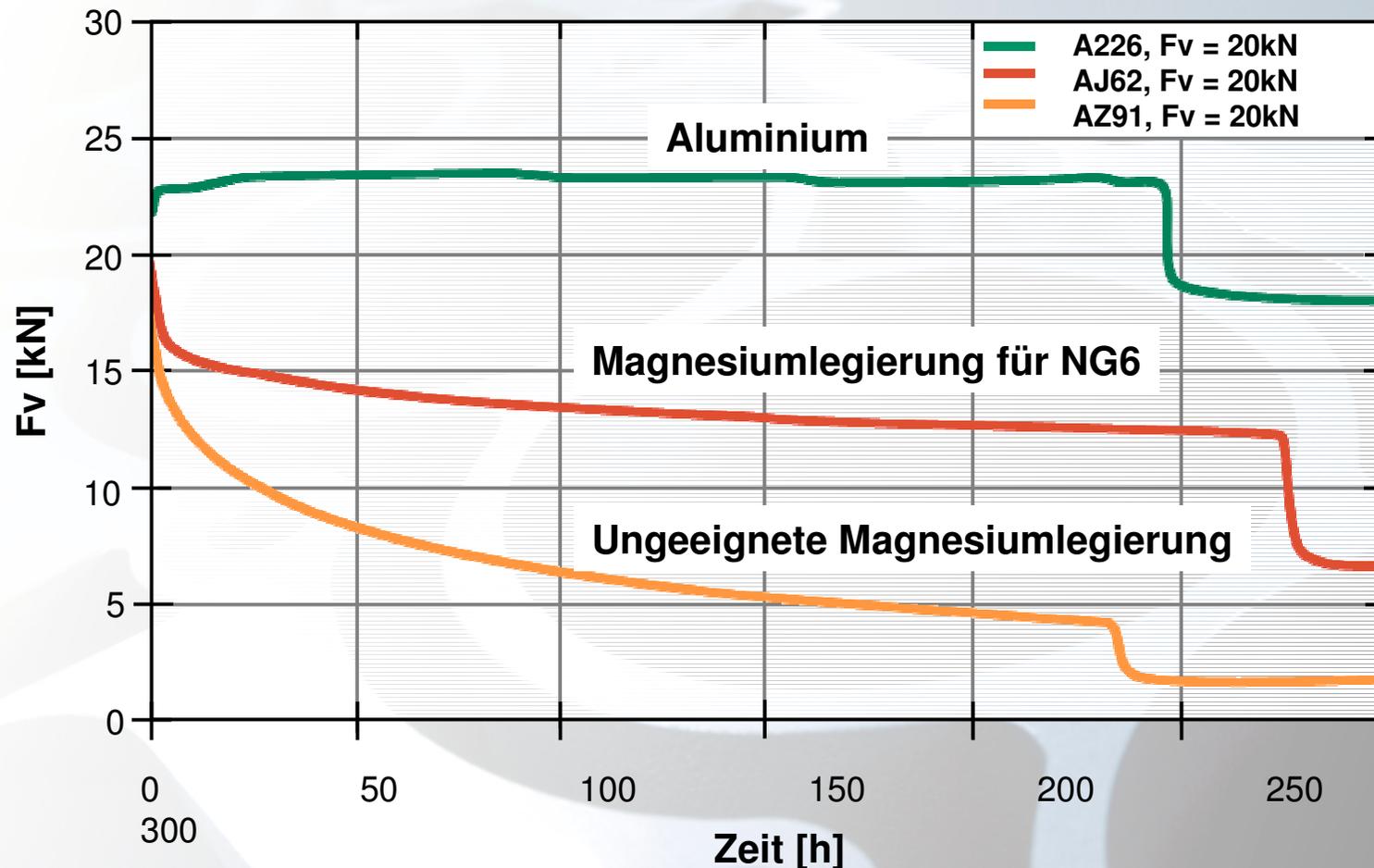
### Konstruktive Ausführung.



# Mischbau.

## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse. Relaxationsverhalten von Schrauben in Mg.

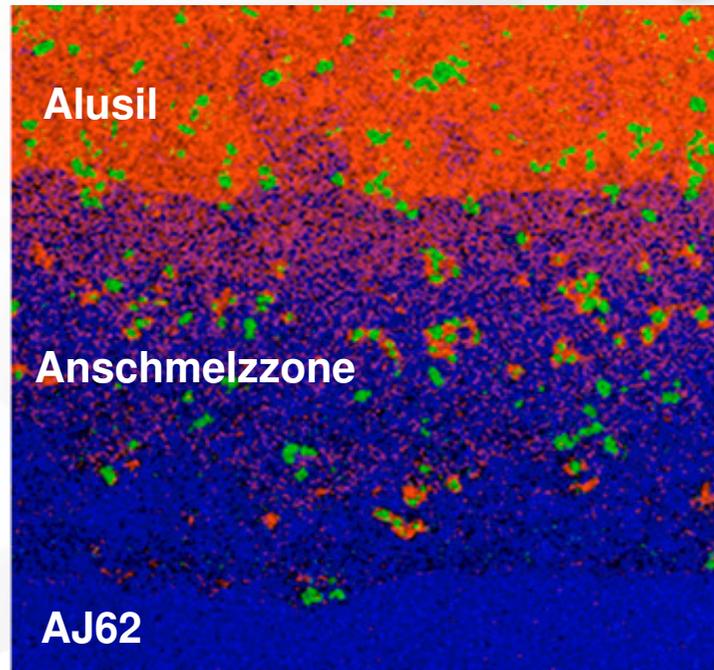
Schraubenrelaxationsverhalten bei 150 °C, A226, AJ62, AZ91



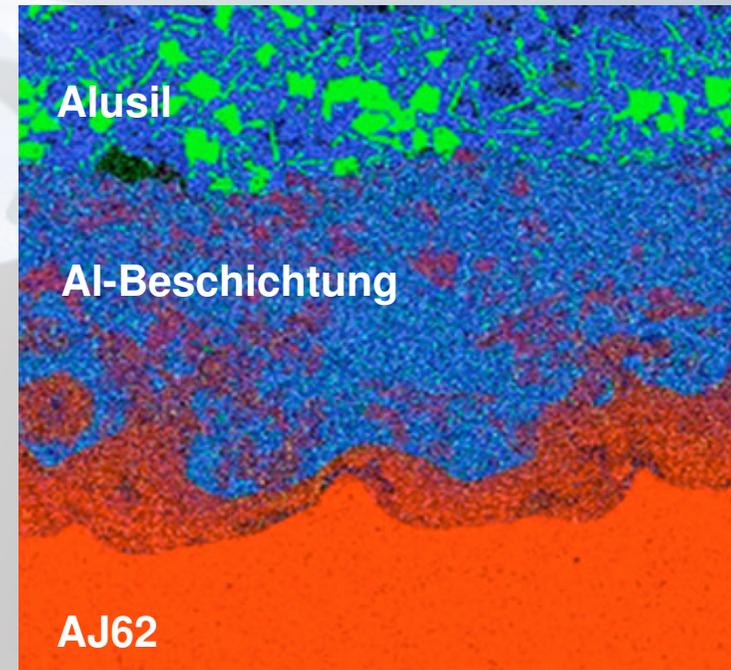
# Mischbau.

## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse.

### Aluminium-Zwischenschicht.



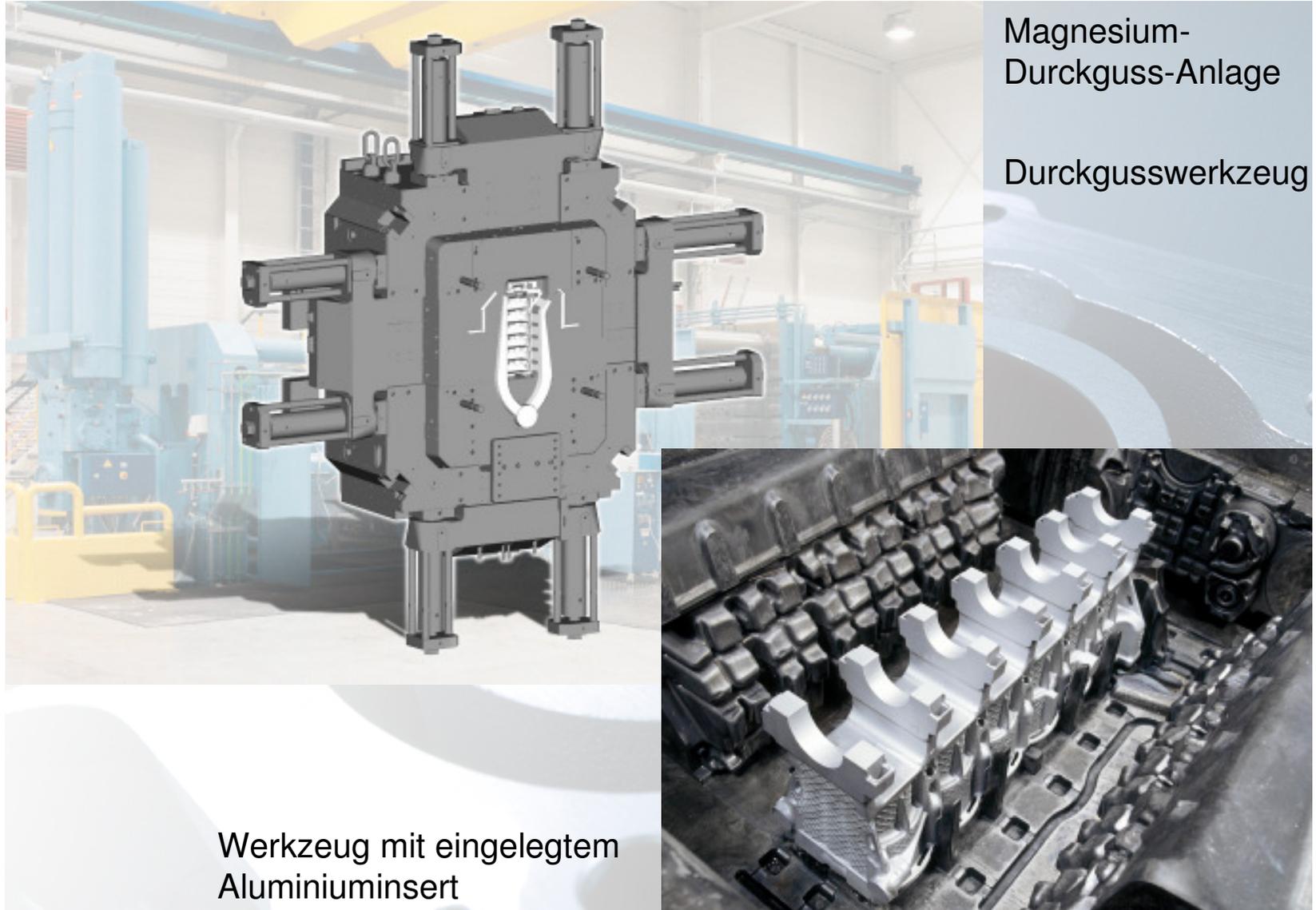
Anschmelzzone ohne Beschichtung



Aluminiumzwischen-schicht aufgebracht  
im Flamm-spritzverfahren

# Mischbau.

## Aluminium-Magnesium Verbundkurbelgehäuse. Gießanlage und Werkzeug.



# Mischbau. Nockenwellen. Fertigungsverfahren und Werkstoffe.

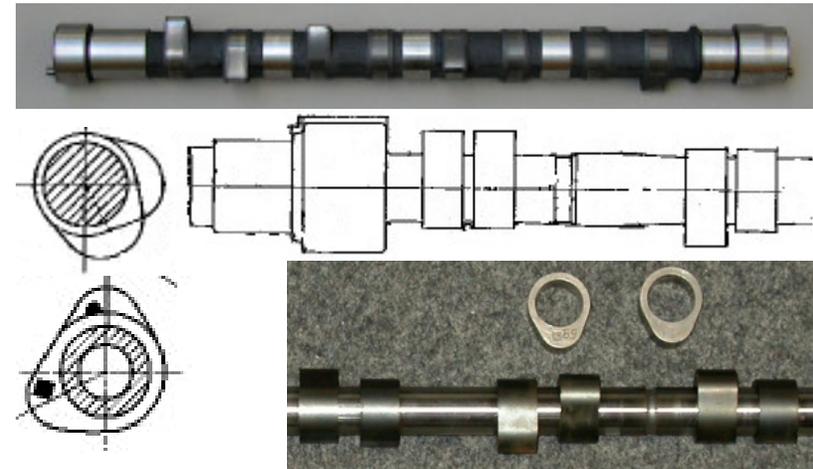
## Geschmiedete Nockenwelle

1976, 6 Zylinder, 12 Ventile/NW  
Schalenhartguss

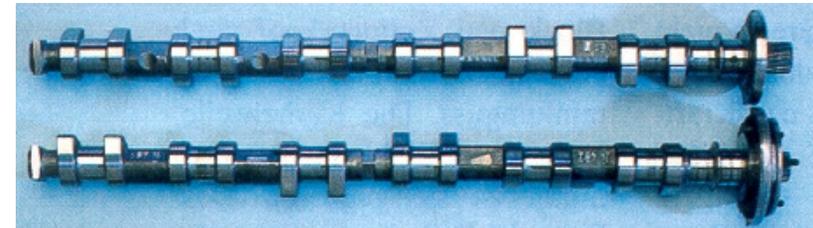
4375 g

1993, 12 Zylinder, 12 Ventile/NW  
Gebaut (Nocken aufgeschumpft)

2533 g



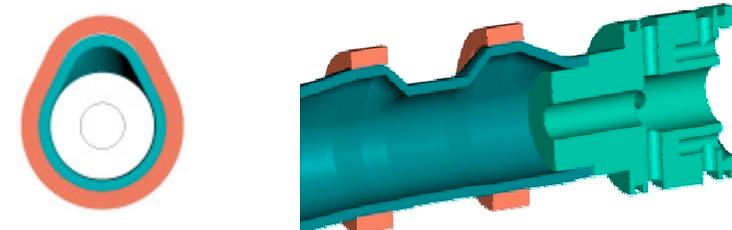
2000, 6 Zylinder, 12 Ventile/NW  
Hohl gegossene Nockenwelle  
Auslass 2160 g, Einlass 2004 g



2003, P83, 10 Zylinder, 10 Ventile/NW  
hohlgebohrt  
1100 g



2004, 6 Zylinder, 12 Ventile/NW  
Gebaut, IHU  
1200 g Einsparung ggü. hohl gegossen



# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor.

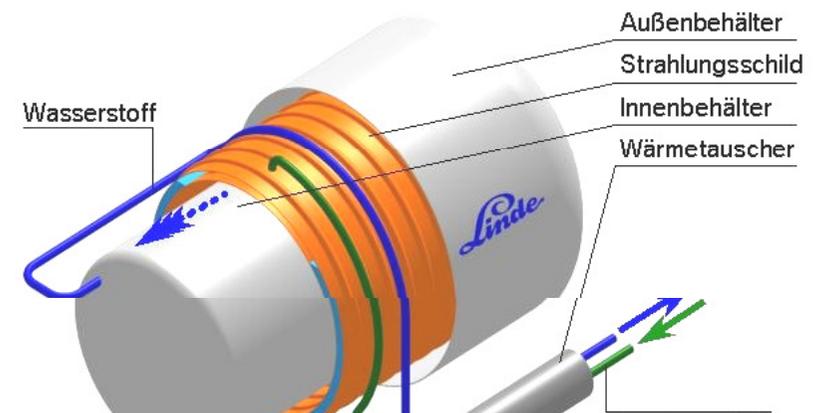
## Inhalt.

- Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe
  - Gusskurbelwelle
  - Kunststoffe
- Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik
  - Metal Injection Moulding
  - Aluminium- und Stahlsinterwerkstoffe
- Mischbau: Der richtige Werkstoff am richtigen Ort
  - Mg-Al-KGH, Aluminiumschrauben
  - Gebaute Nockenwelle
- **Neue Herausforderungen**
  - Wasserstoff
  - Steigende Temperaturen

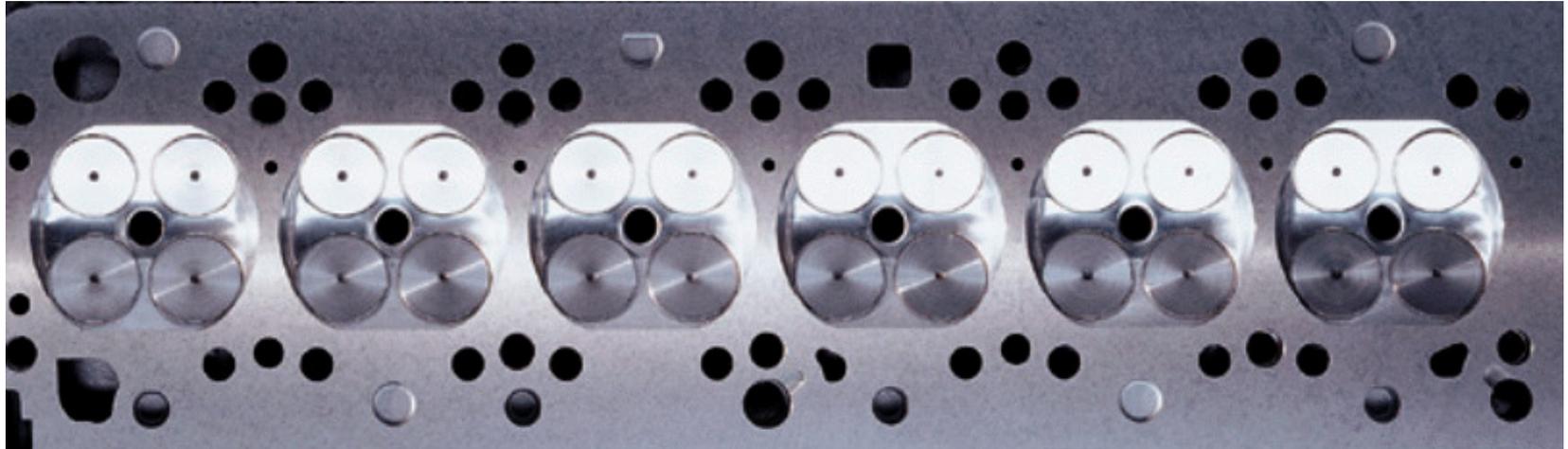
# Neue Herausforderungen. Wasserstoff.



CleanEnergy.  
CoolH2 – Tanksystem mit verlängerter  
Standzeit.



# Neue Herausforderungen. Steigende Abgastemperaturen.



Neue Werkstoffe für

- Zylinderköpfe
- Ventile
- Auspuffkrümmer
- Abgasturbolader
- ...

# Werkstofftrends im Verbrennungsmotor. Zusammenfassung.

## Leistungssteigerung konventioneller Werkstoffe

- Erweiterung des Einsatzbereichs kostengünstiger Werkstoffe
- Ersatz teurer Werkstoffe und Fertigungsverfahren
- Lokale Werkstoffoptimierungen

## Neue Werkstoff- und Fertigungstechnik

- Neue Werkstoffeigenschaften
- Neue Bauteileigenschaften
- Gesamtoptimum von Werkstoff- und Fertigungskosten

## Mischbau

- Der richtige Werkstoff am richtigen Ort
- Komplexere Bauteile
- Teure Werkstoffe nur da wo sie erforderlich sind

## Neue Herausforderungen

- Wasserstoffbeständige Werkstoffe
- Temperaturfeste Legierungen