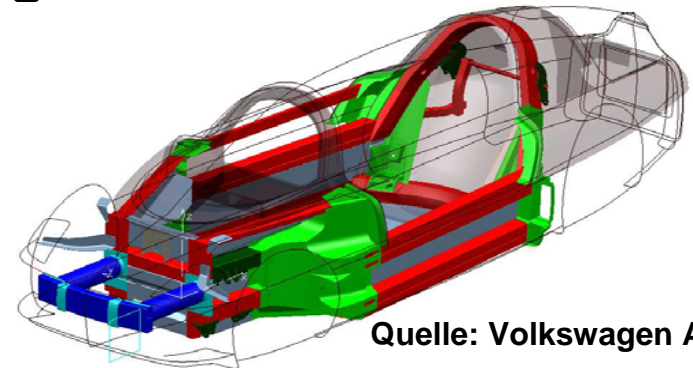


# Beschäftigungspotential neuer Werkstoffe für Engineering und Facharbeit – Thesen zur Forschungs- und Entwicklungsarbeit

Klaus Dilger, Wolfsburg, 04. Februar 2010

- **Unternehmensplanung: langer Atem für frischen Geist**
- **Mehr Verantwortung für das lokale Management**
- **Schlüsseltechnologien im Unternehmen (er)halten**
- **Innovativ bleiben: mehr eigene Aktivitäten bei F&E**
- **Kein Offshoring aus bloßen Kostengründen**
- **Interdisziplinäre Teamwork statt All-in-one Arbeitnehmer**
- **Freiräume für Ingenieure/-innen und Technische Experten**
- **Bildung: nachhaltig mehr!**
- **Kontinuität statt Management-Drehscheibe**
- **Gemeinsam können wir viel bewegen**



Quelle: Volkswagen AG



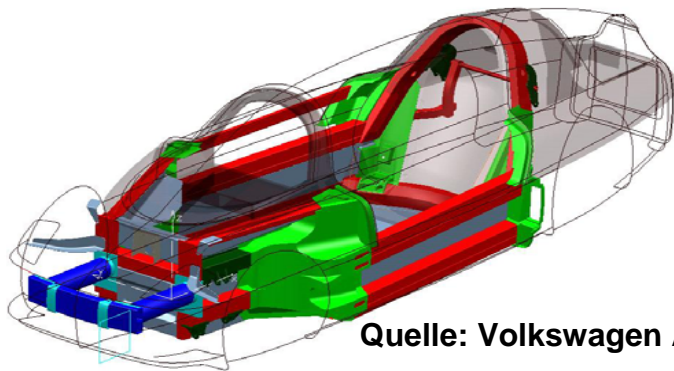
**ENGINEERING**

# Innovation!

## Arbeit und Bildung!

## Rahmenbedingungen und Management!

## Lösung!



Quelle: Volkswagen AG



ENGINEERING

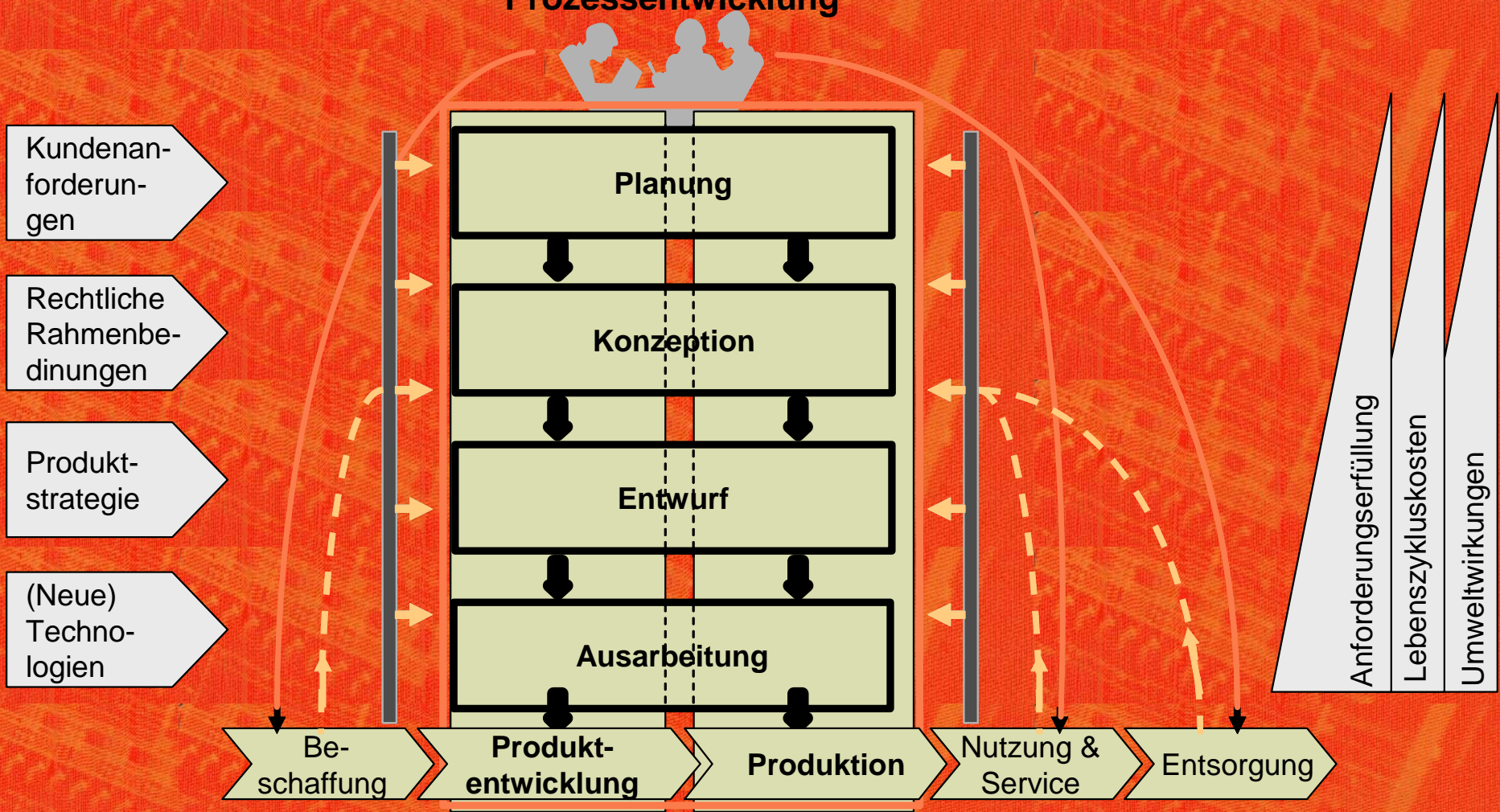


# Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung

Eingangsgrößen

Integrierte Produkt- und  
Prozessentwicklung

Evaluierung





## Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung

These Nummer 11:

Die Entwicklung folgt der Produktion!

Es ist falsch zu glauben, dass Deutschland nur als Entwicklungsstandort existieren kann. Ohne produktionstechnisches Know-how ist auch keine effiziente Entwicklung möglich! Dieses Know-how geht verloren, wenn am Standort keine Produktion mehr stattfindet!

Für eine wirtschaftliche Produktion am Standort Deutschland müssen neue Produktionsverfahren erforscht und umgesetzt werden!



## **Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung**

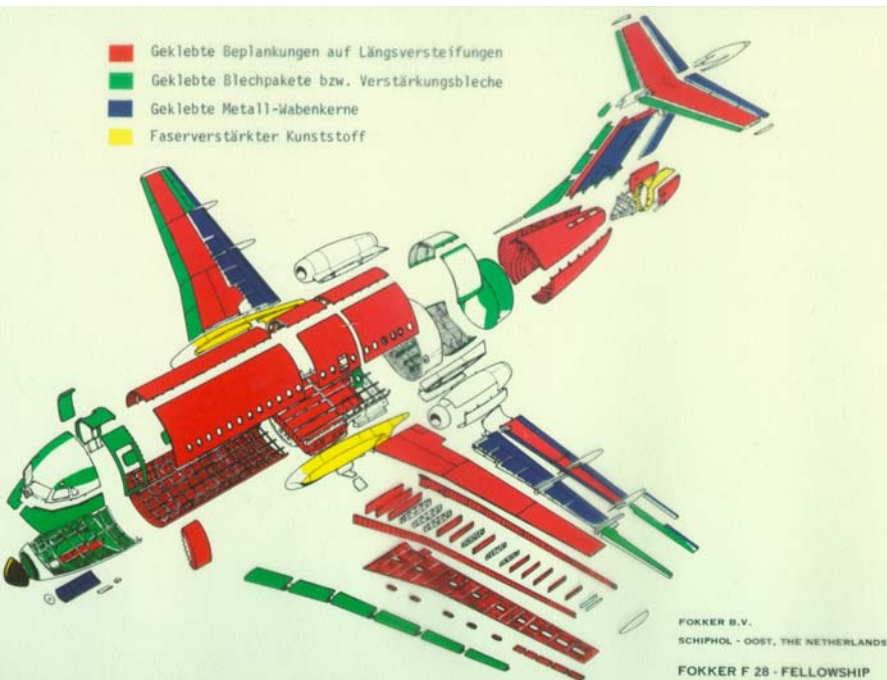
These Nummer 12:

Neue Materialien und Verfahren erfordern hervorragend ausgebildete Fachkräfte! Diese sind hauptsächlich am Standort Deutschland vorhanden! Somit fördert die Forderung nach Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit die Beschäftigung in Deutschland!

## Fazit:

- Die Herstellung zukunftsfähiger Produkte unter wirtschaftlichen Randbedingungen erfordert sowohl Produkt- als auch Prozessinnovation
- Neue Werkstoffe sind eine Voraussetzung zur Umsetzung dieser Innovationen
- Diese Werkstoffe müssen zu Produkten verarbeitet werden. Hierfür müssen die „Enabling Technologies“ bereitgestellt werden
- Das Beherrschen dieser Technologien setzt eine hervorragende Ausbildung und ständige Weiterbildung voraus
- Diese Aus- und Weiterbildung sichern Beschäftigung und Wohlstand



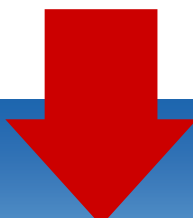


### ■ Effizienz in Produkt und Betrieb

- z. B. Leichtbau:  
Weniger Material, weniger Energie zur Materialerzeugung, weniger Energieverbrauch beim Betrieb

### ■ Effizienz in der Produktion

- Intelligente Produktionsmethoden ermöglichen effiziente Produkte, effiziente Produktion schont Ressourcen



Beispiele: Einsatz von CFK  
Betonleichtbau  
Aluminium-Druckguß  
Multimaterial-Design





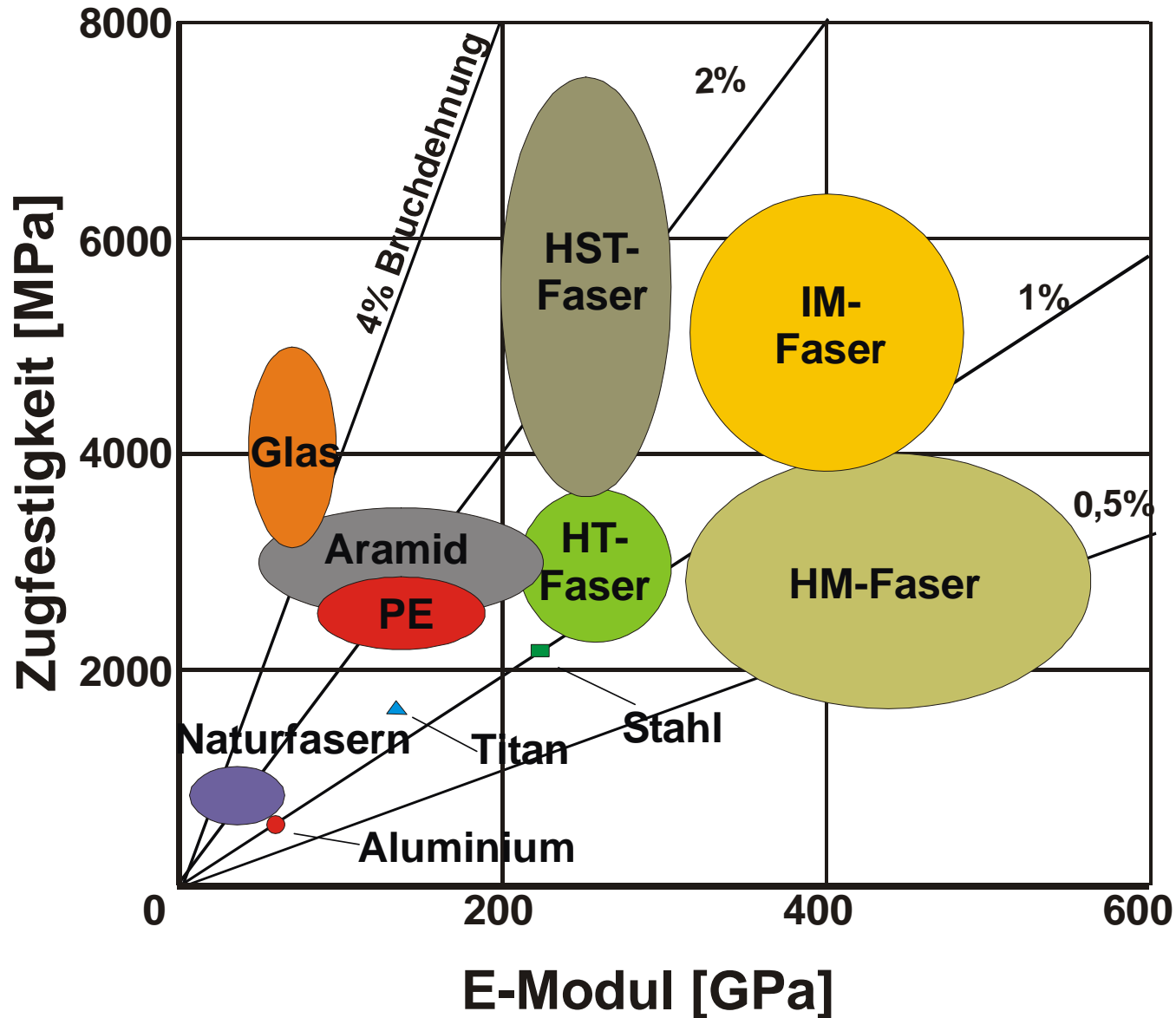
Quelle: CFK-Valley

### ■ CFK – Bauweisen

- Durch hohe Festigkeiten und hohe Steifigkeiten extremer Leichtbau möglich
- Produktionsmethoden noch nicht für den Einsatz in der Serienfertigung geeignet



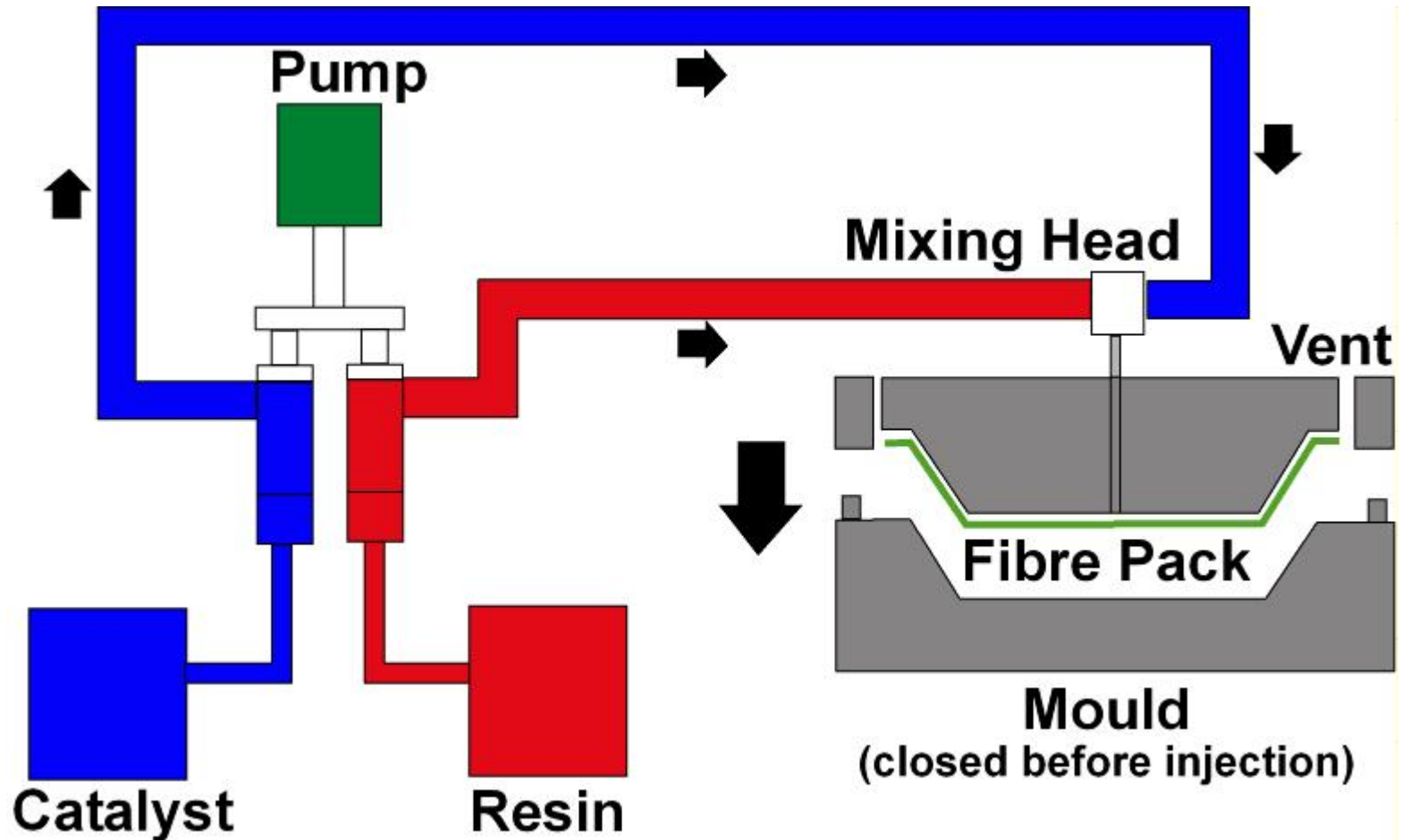
**Notwendigkeit der Erarbeitung  
neuer Produktionsmethoden**





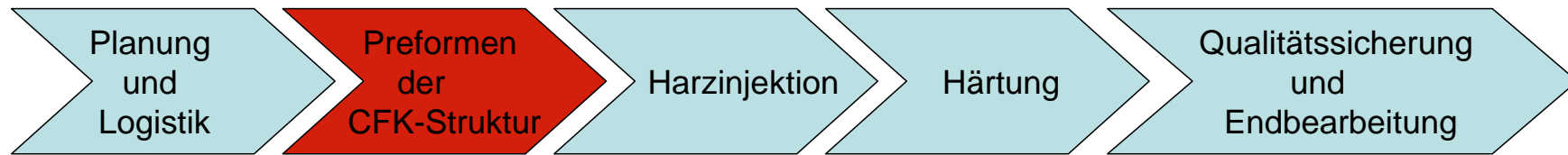


**Carbon-„Preforms“  
für A380 Druckkalotte**





### Prozesskette der LCM-Verfahren



**Bis zu 60 % der Kosten entfallen auf den Preformprozess**

#### **Klassische Bindertechnologie:**

keine Faserondulationen, komplexe Geometrien, langsame Prozessgeschwindigkeiten, nur dünne Laminat

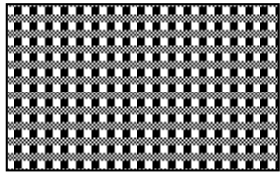
#### **Nähtechnologie:**

hohe Prozessgeschwindigkeit, keine komplexen Geometrien, Faserondulationen, dünne bis mitteldicke Laminat

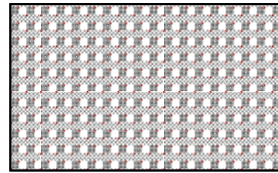
**Es stehen keine effizienten Preformprozesse insbesondere für dicke Laminat zu Verfügung**



### Konventionelle Bindertechnik



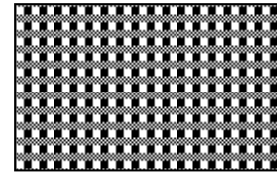
**Drapieren der  
Textillage**



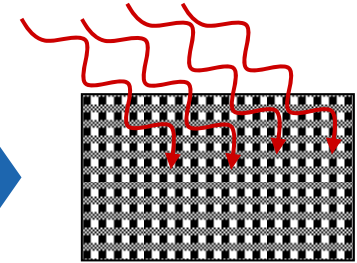
**Binderapplikation**

Standard: Epikote  
EPR 05342

$T_{\text{prozess}} = 120^{\circ}\text{C}$



**Drapieren der  
nächsten Textillage**



**Wärmezufuhr:**

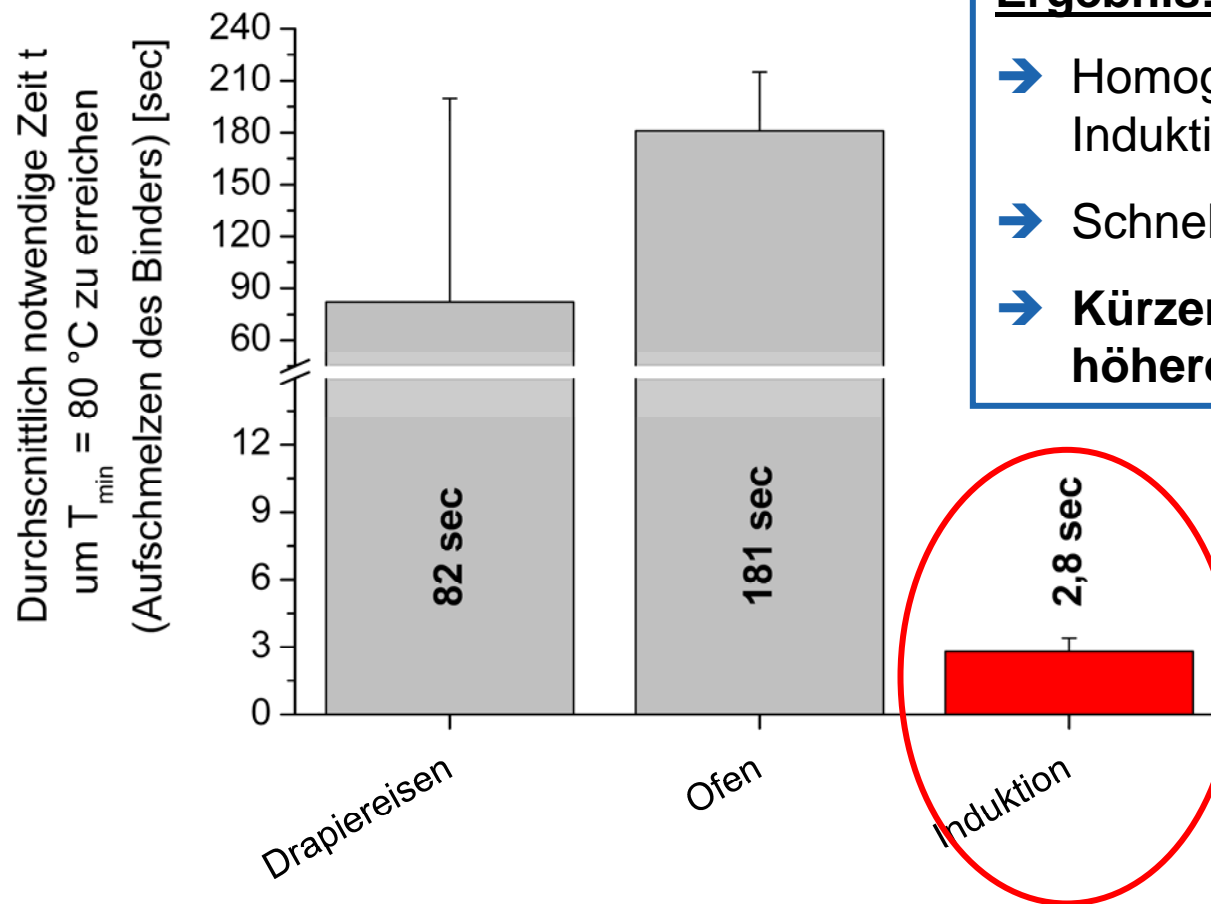
Drapiereisen,  
Ofen, Infrarot, ...



- + Drapieren komplexer Geometrien möglich
- + keine Faserondulationen
- (negativen) Einfluss durch Binderpulver
- langsame Prozessgeschwindigkeiten
- kein Einsatz alternativer Binder möglich
- nur dünne Strukturen möglich



### Vergleichsmessungen mit dem Stand der Technik

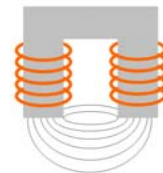


#### Ergebnis:

- Homogener Erwärmung durch Induktion (Fehlerbalken!)
- Schnellere Aufheizraten (20 K/s)
- **Kürzere Prozesszeiten bei höherer Prozesssicherheit**

#### Prozessparameter

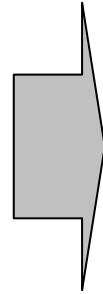
Induktor: U7050  
Frequenz = 15 kHz  
Leistung = 1,6 kW  
Aufheizzeit = 2,5 s  
Abstand Induktor-Fasern = 1 mm



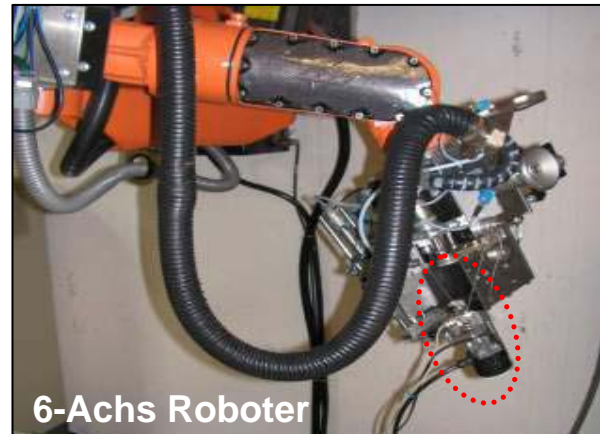
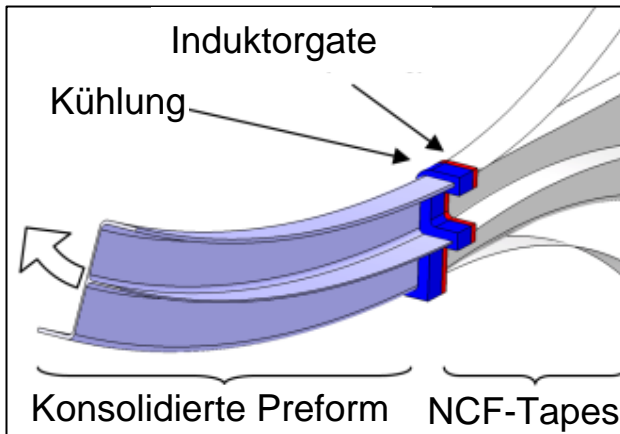
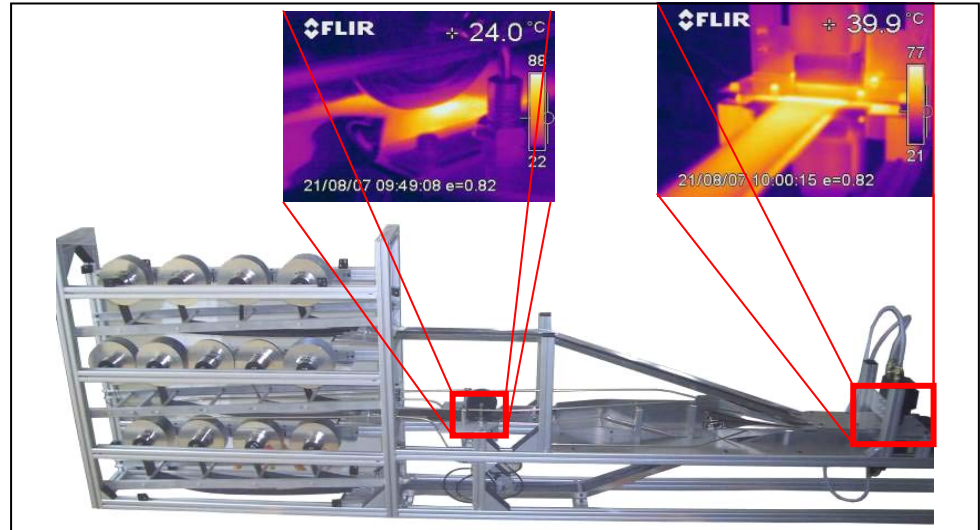
Faserhalbzeug: Saertex Biax [ $\pm 45$ ]<sub>x2 s</sub>

## Induktives Preformen – Anwendung

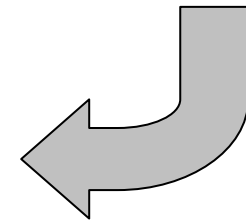
### 1. Schritt: Manuelles Preformen



### 2. Schritt: Kontinuierliches Preformen



### 3. Schritt: 3D Preformen







- **Weltweit leichtester renntauglicher Rennradrahmen**
- **(Rahmenmasse < 800g)**





- **Energieeffizienz durch neue Fertigungsprozesse**  
**Liquid Composit Molding, Kalthärtung**  
**Neue Verfahren für wirtschaftliche Herstellung**  
**großer Stückzahlen notwendig**
  - **Energieeffizienz durch leichte, hochfeste**  
**und hochsteife Bauteile**
  - **Wirtschaftlich durch**  
**geringeren Treibstoffverbrauch,**  
**höhere Nutzlast und Möglichkeit**  
**der Funktionsintegration**
- Produktion
- Betrieb







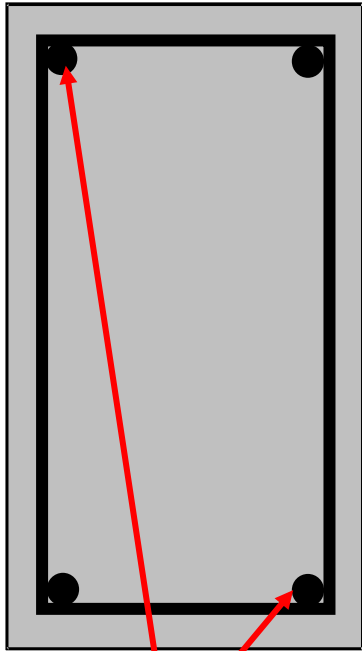
Quelle: Uni Kassel

- **Durch hohe Festigkeiten extremer Leichtbau möglich**
- **Extrem dünne Bauteile infolge Korrosionsbeständigkeit**
- **Produktionsmethoden für Vorfertigung und Baustelle**



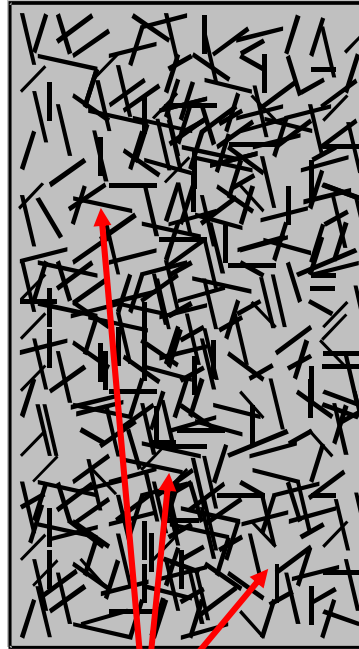
**Notwendigkeit der Erarbeitung  
neuer Produktionsmethoden**

### Stahlbeton



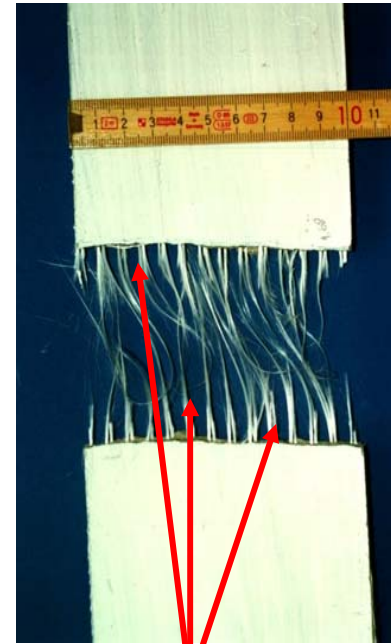
Betonstahl

### Kurzfaserbeton

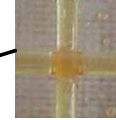
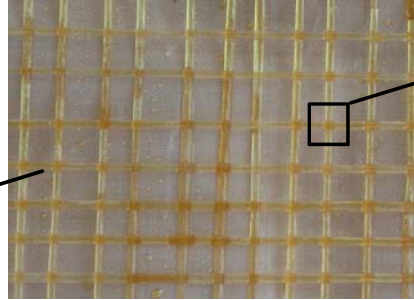
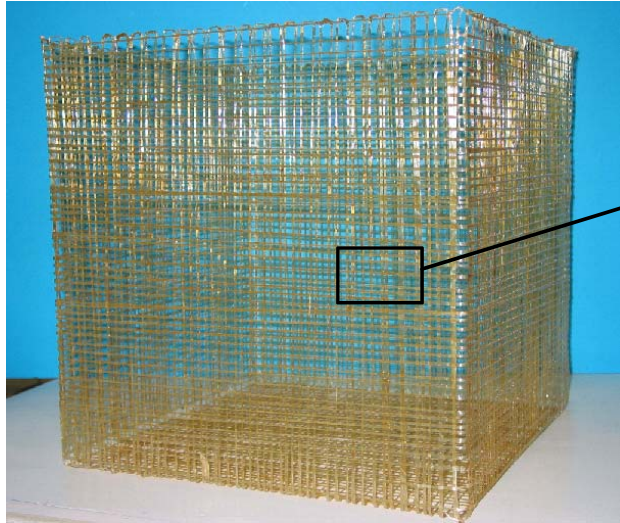


Kurzfasern (Glas, Stahl)

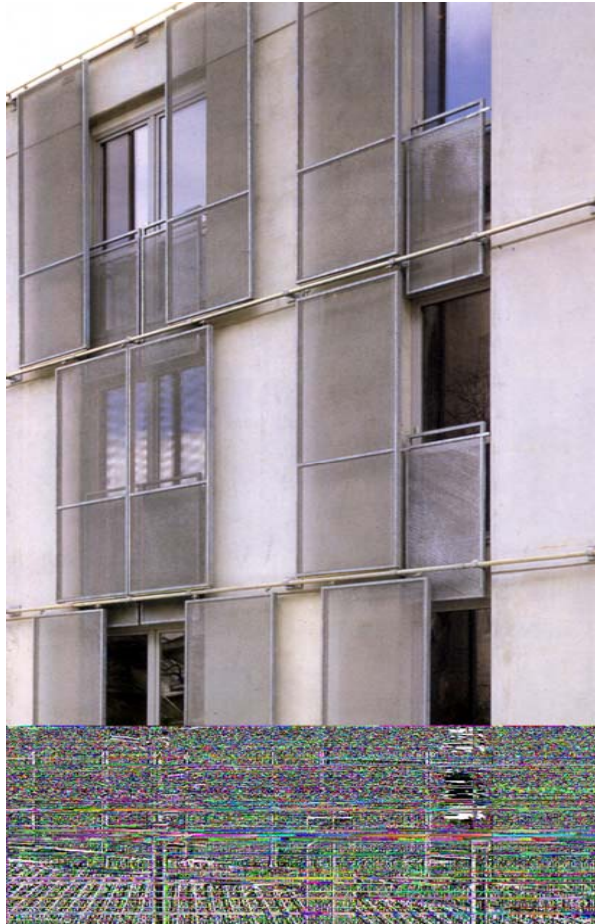
### Textilbewehrter Beton



Textile Bewehrung







Hüllsysteme  
Fassadenelemente

Fassadenelemente



Betonski















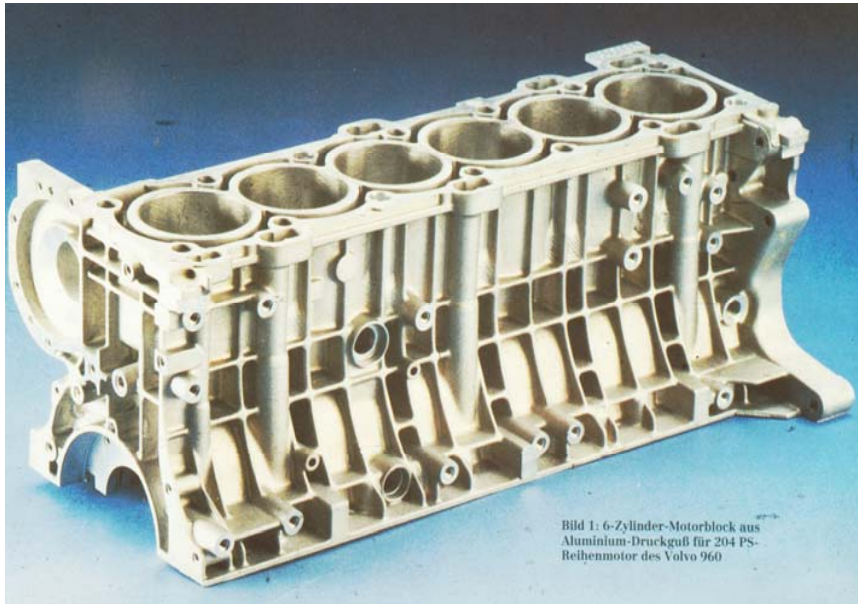
- Materialeffizienz durch erhebliche Materialeinsparung
- Energieeffizienz durch Materialeinsparung und geringeren Transportaufwand
- CO<sub>2</sub>-Emission der Zementherstellung 4-6% der Gesamtemissionen, 0,7 t CO<sub>2</sub>/ t Zement

Produktion

**Wirtschaftlich durch Vorfertigung  
auch unter Bedingungen eines  
Hochlohnlandes**



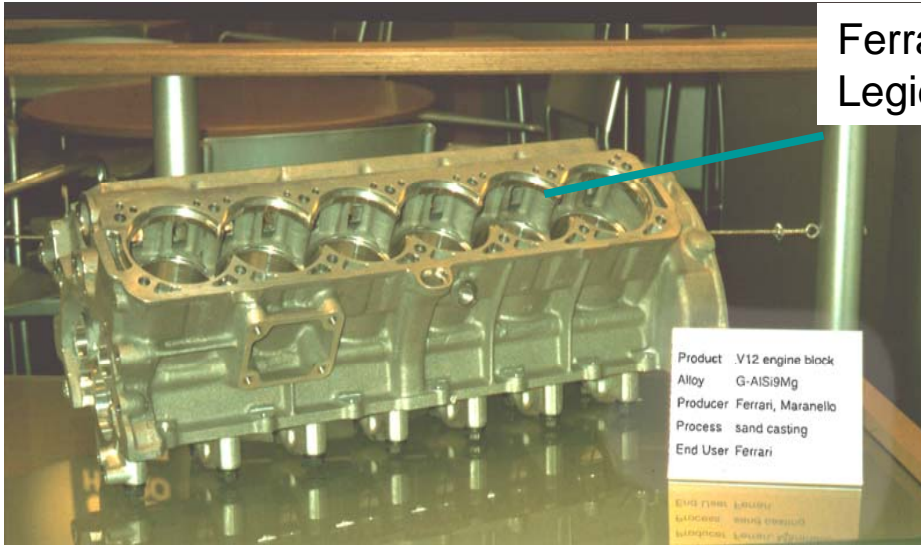




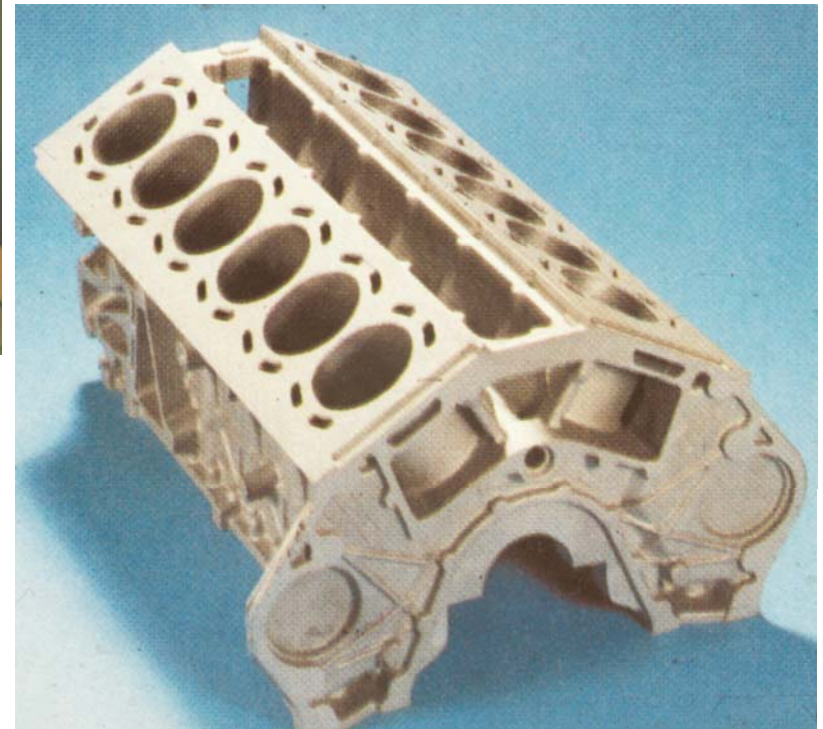
- **Gewichtsreduktion durch freie Gestaltungsmöglichkeiten**
- **Aluminium und Magnesium**
- **Wirtschaftlich durch Teileminimierung und Funktionsintegration**



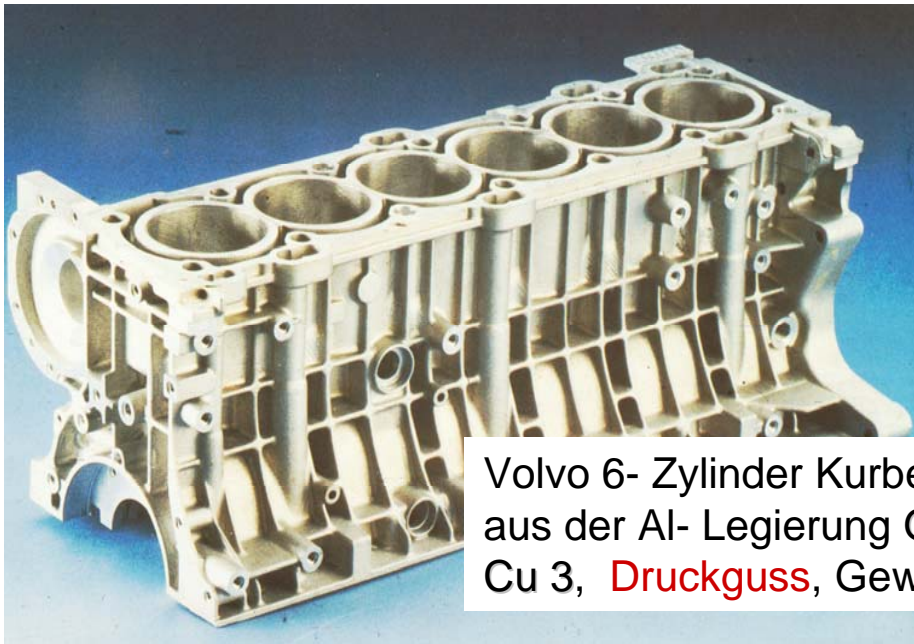
**Notwendigkeit der Erarbeitung  
neuer Produktionsmethoden**



Ferrari V 12- Kurbelgehäuse aus der Legierung G- AlSi 9 Mg, **Sandguss**



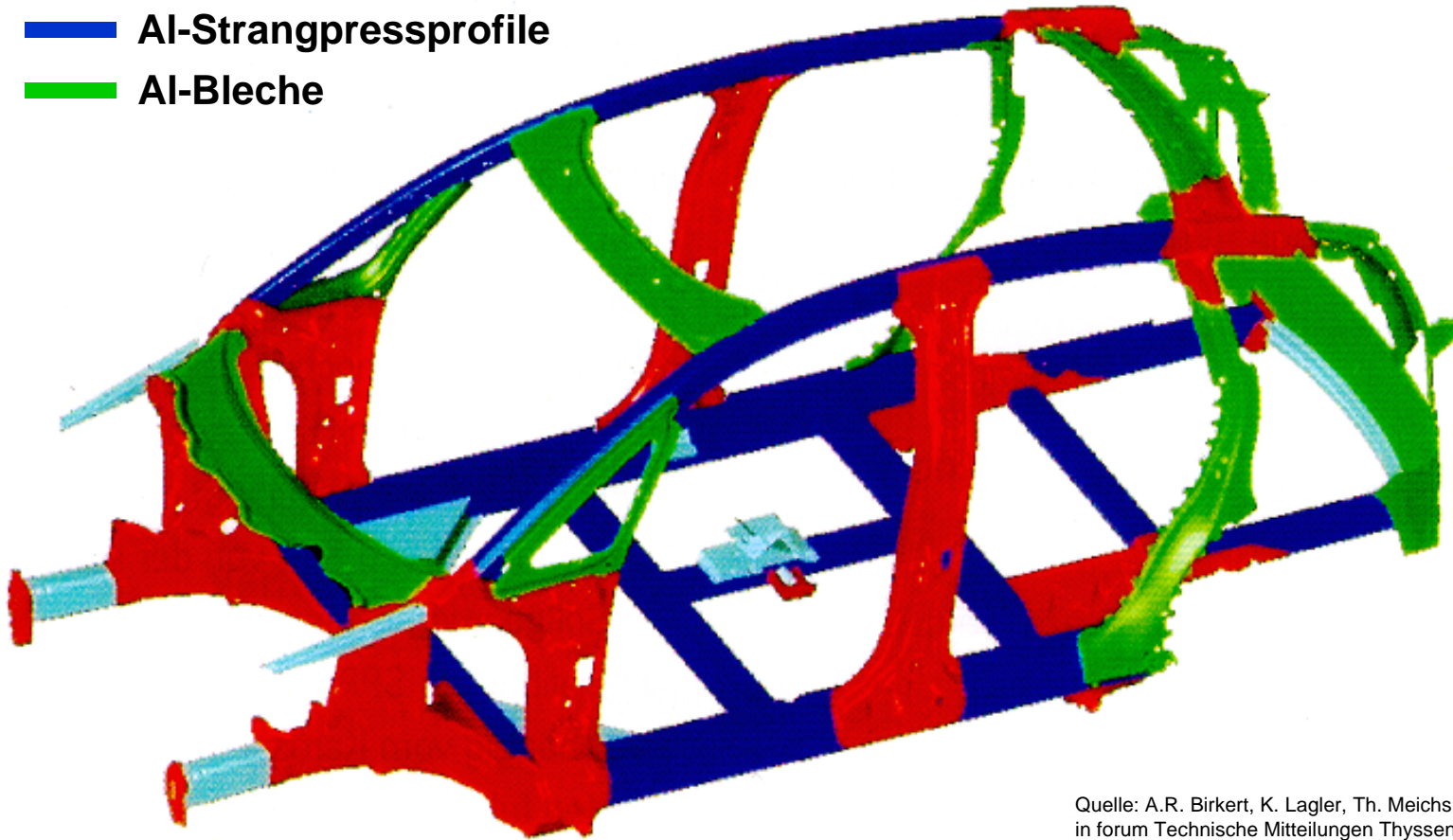
BMW V 12 Kurbelgehäuse aus einer übereutektischen Legierung, Niederdruck **Kokillenguss**



Volvo 6- Zylinder Kurbelgehäuse aus der Al- Legierung GD- AlSi 9 Cu 3, **Druckguss**, Gewicht 20 kg



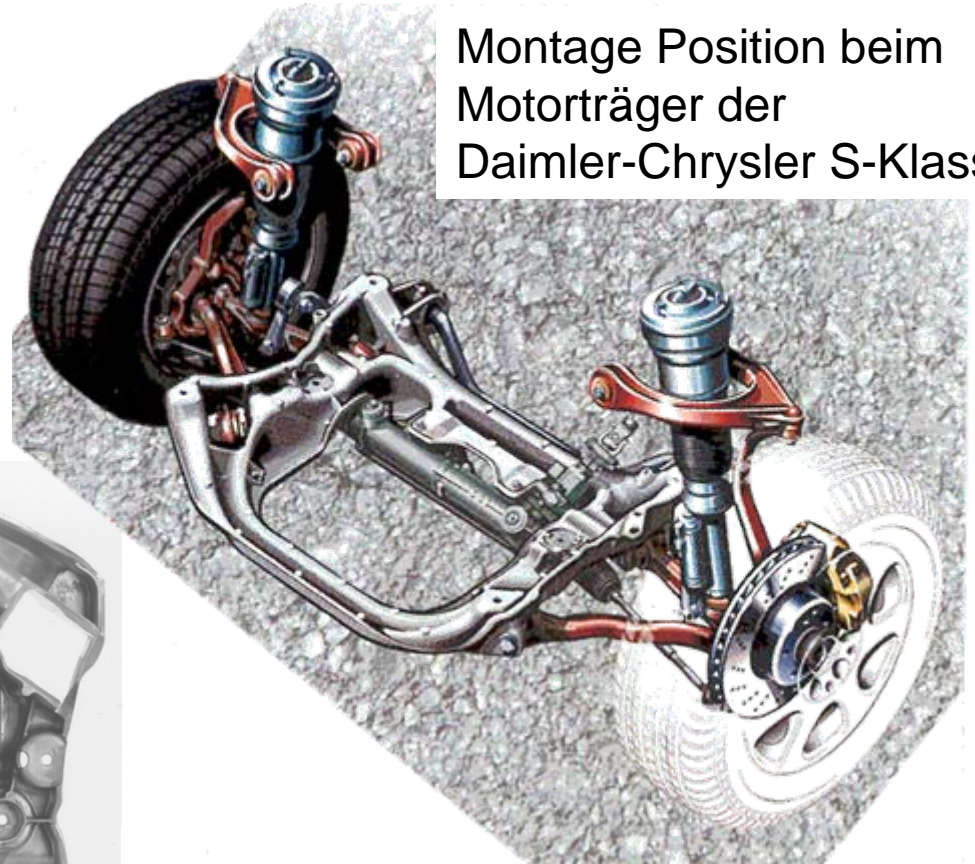
- Al-Druckguss-Integralbauteile
- Al-Strangpressprofile
- Al-Bleche



Quelle: A.R. Birkert, K. Lagler, Th. Meichsner, H. Winter,  
in forum Technische Mitteilungen Thyssen Krupp, 2/200 S 36-40



Motorträger, S-Klasse  
Legierung AlSi9MgMn  
Wärmebehandlung T6  
Gewicht: 10.2 kg  
Größe: 880x720x190 mm  
Hersteller Honsel Nürnberg



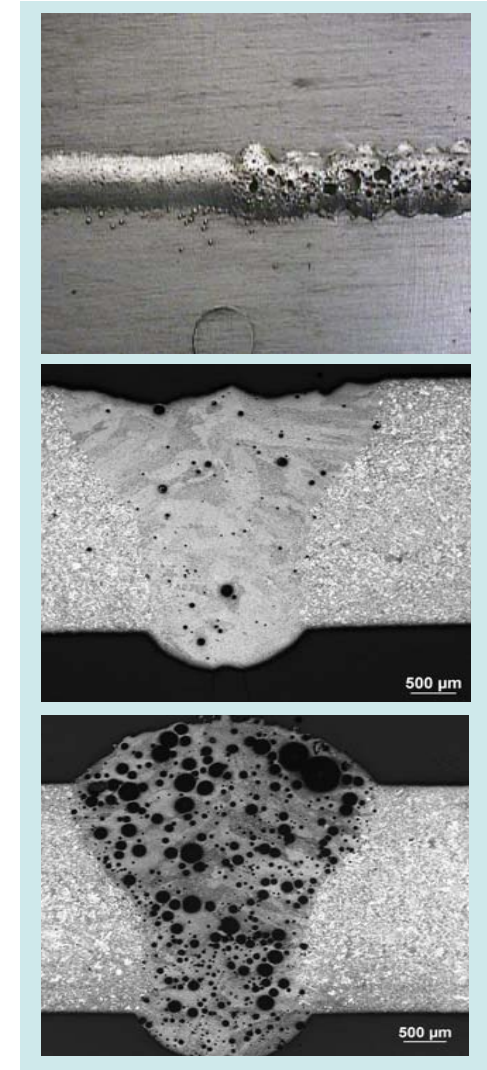
Montage Position beim  
Motorträger der  
Daimler-Chrysler S-Klasse

Alternativen: Verwendung  
von Strangpressprofilen oder  
hochdruckumgeformten Rohren



BAUTEILQUALITÄT

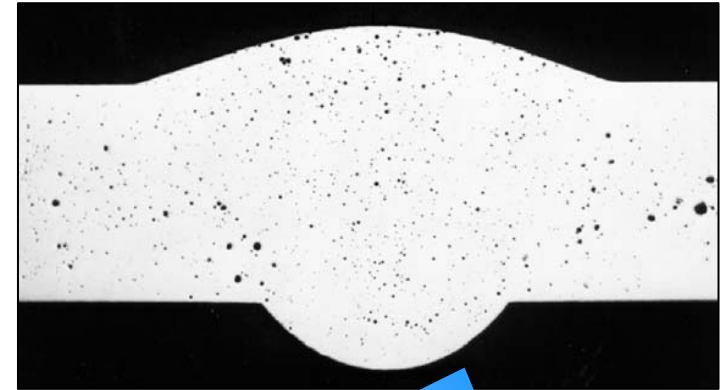
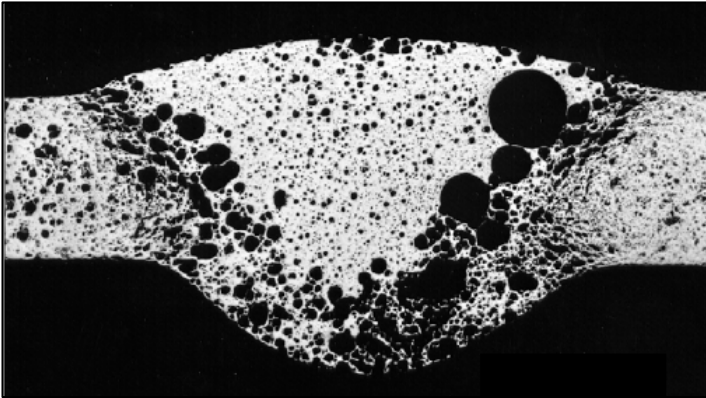
- Entformbarkeit
- Gussqualität
- Oberflächengüte
- Mech. Kennwerte
- Wärmebehandlung
- **Schweißbeignung**
- Klebebeignung
- Lackierfähigkeit



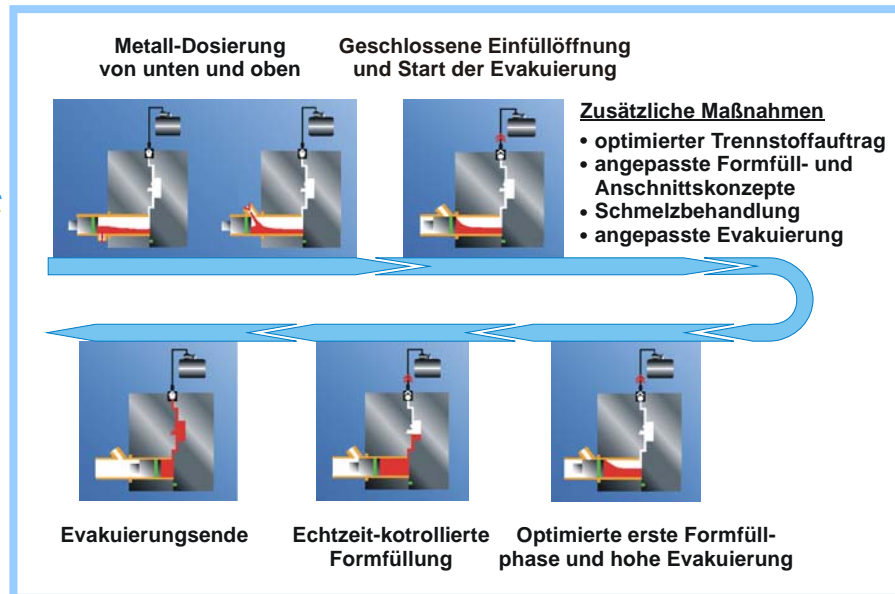
1988

Standardlegierungen

1998



Optimierung des Gießprozesses



Optimierung des Schweißprozesses

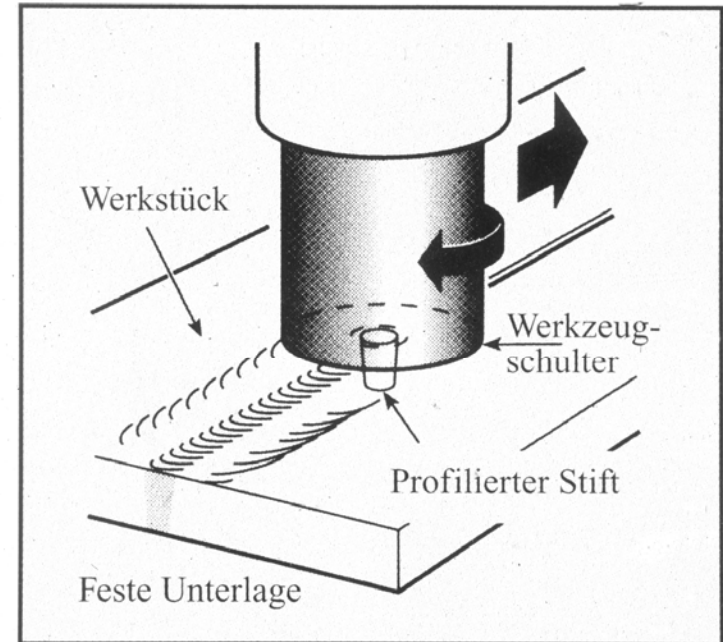


## Anwendungsbeispiele

Reibschweißen  
von Leichtmetall-  
rädern in Hohl-  
speichen-Technik

Friction welding  
of hollow-spoke  
alloy wheels

Soudage par  
friction de roues  
en alliage léger  
à rayons creux



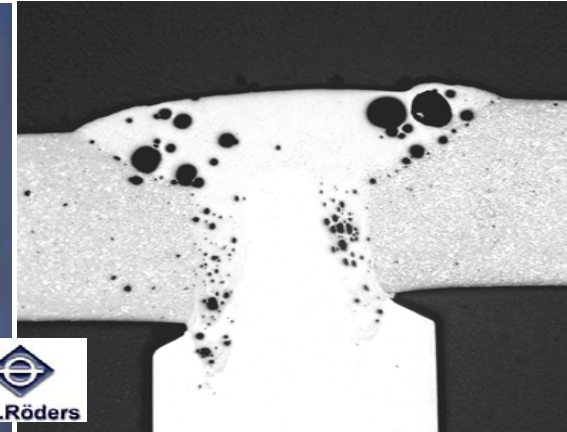
Neues Verfahren:  
Rührreibschweißen

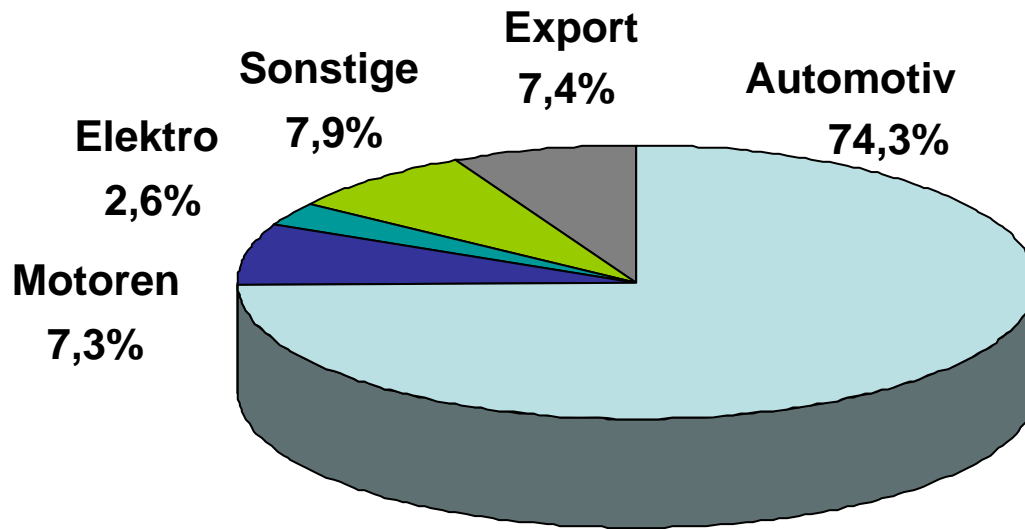
- Materialeffizienz durch neue Gestaltungsmöglichkeiten  
Energieeffizienz durch Verringerung von Ausschuss  
Prozesseffizienz durch Integration
- Energieeffizienz durch leichte, hochfeste und hochsteife Bauteile

Produktion

Betrieb

**Wirtschaftlichkeit durch Teile-  
minimierung  
Schweißgeeigneter Druckguss:  
Wettbewerbsvorteil für  
deutsche Gießereien**





■ **400.679 t**  
Auslieferungsmenge  
an endbearbeiteten  
Baugruppen, 2005

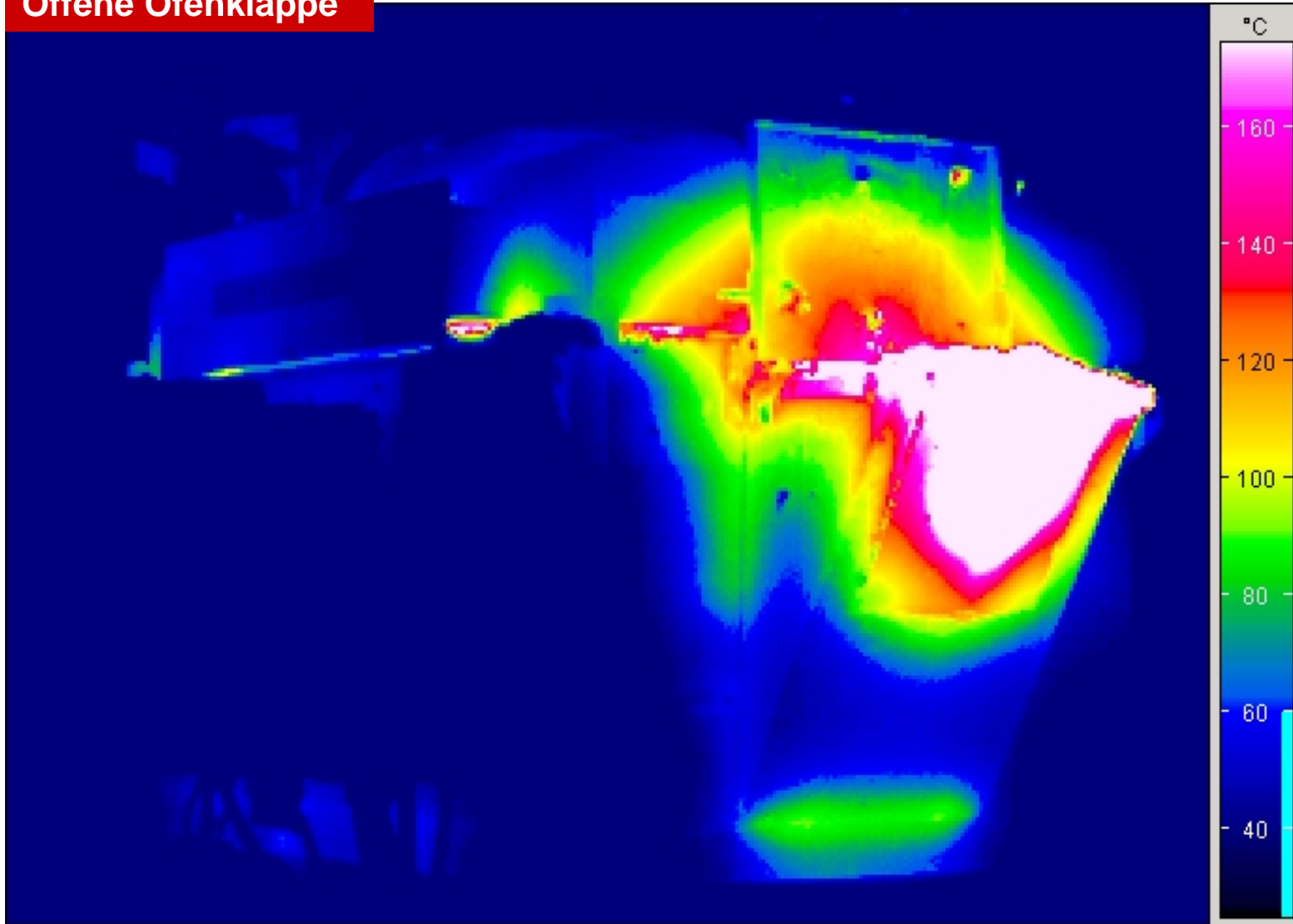
### Abschätzung

- Gesamtenergie in der Herstellung ca. 2- 4 kWh je kg
- CO<sub>2</sub>-Entstehung je kWh Strom ca. 660g

**Druckgießer produzieren  
ca. 1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr**

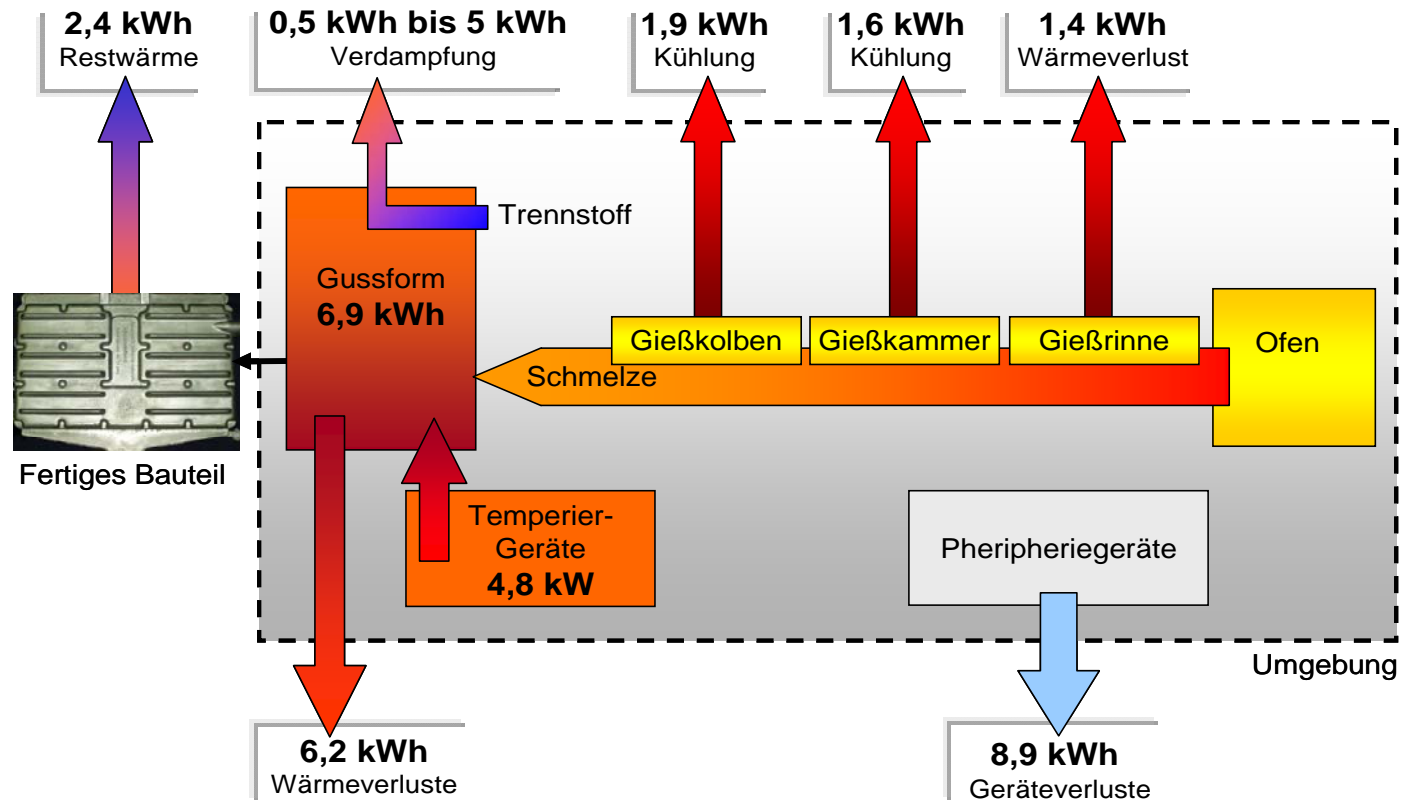


## Offene Ofenklappe



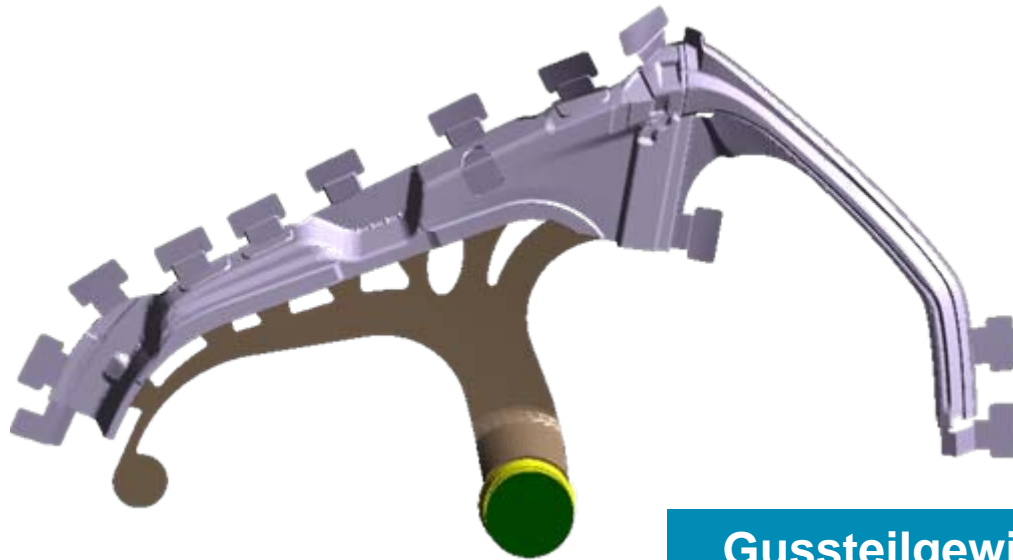
# Handlungsbedarf

## Potenziale in der Prozesskette



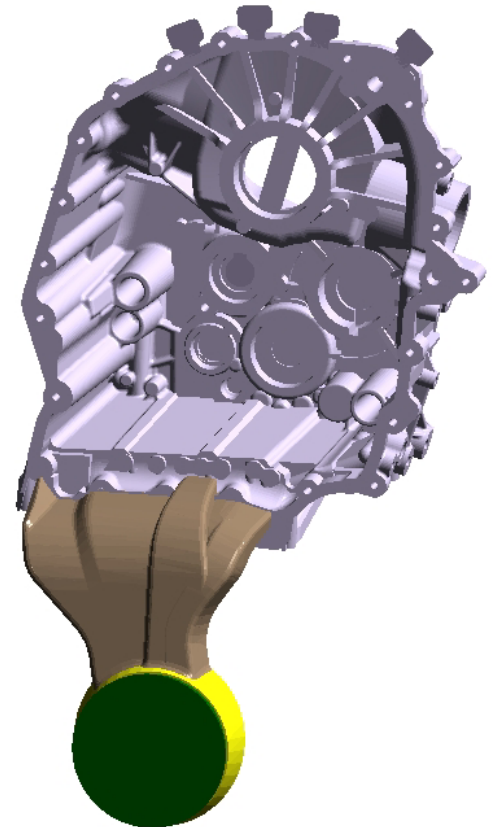
- **Energiebilanz des Druckgussprozesses ist durch hohen Energieumsatz gekennzeichnet**

### Potenziale in der Prozesskette



Gussteilgewicht/  
Gesamtgewicht:

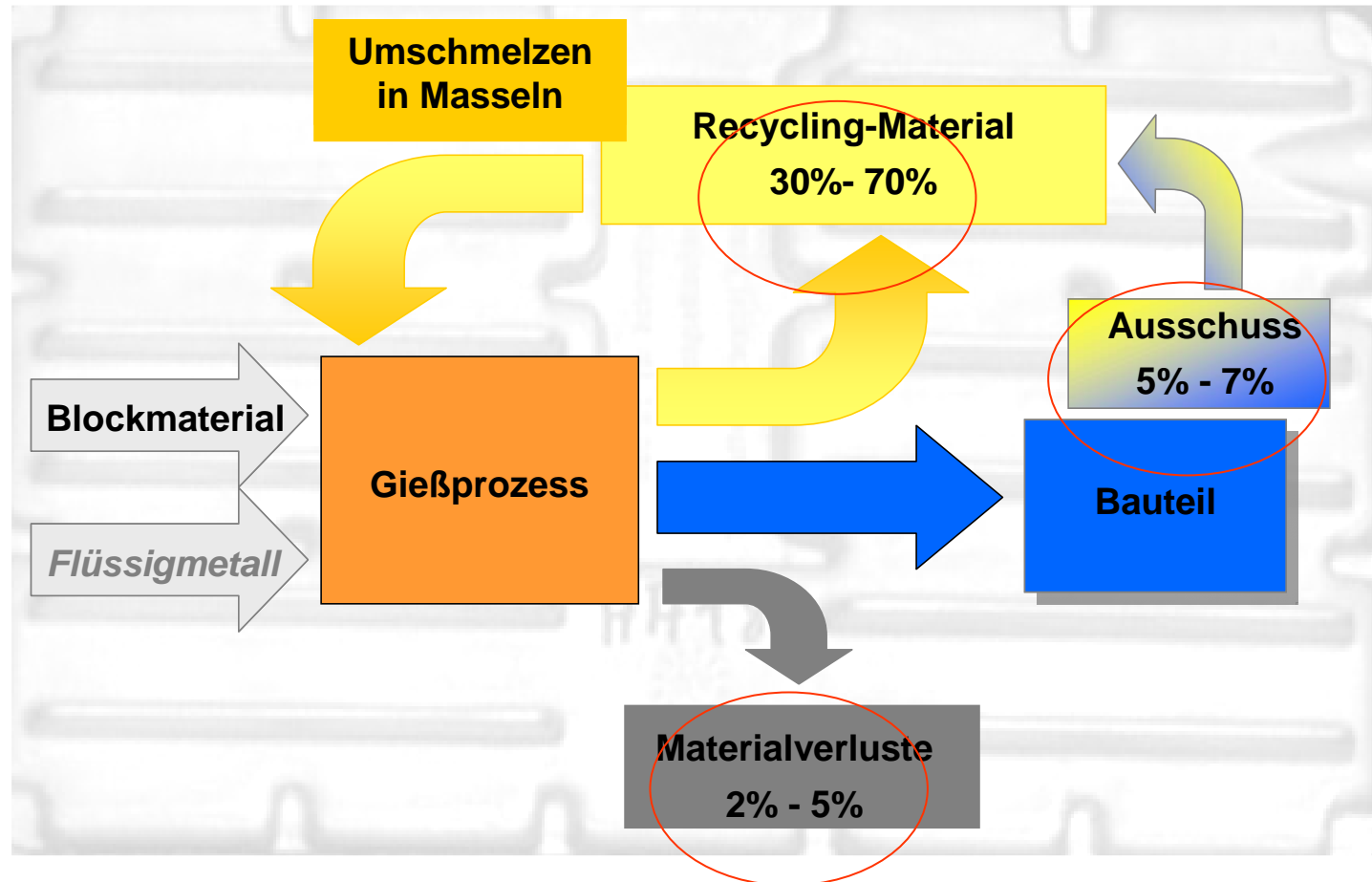
min. 30%  
max. 70%



- Mit jedem Gussteil geht ein wesentlicher Anteil der eingesetzten Energie nicht in die Wertschöpfung ein



### Potenziale in der Prozesskette



- Zunehmend unbefriedigende Ausnutzung von Energie und Rohstoffen



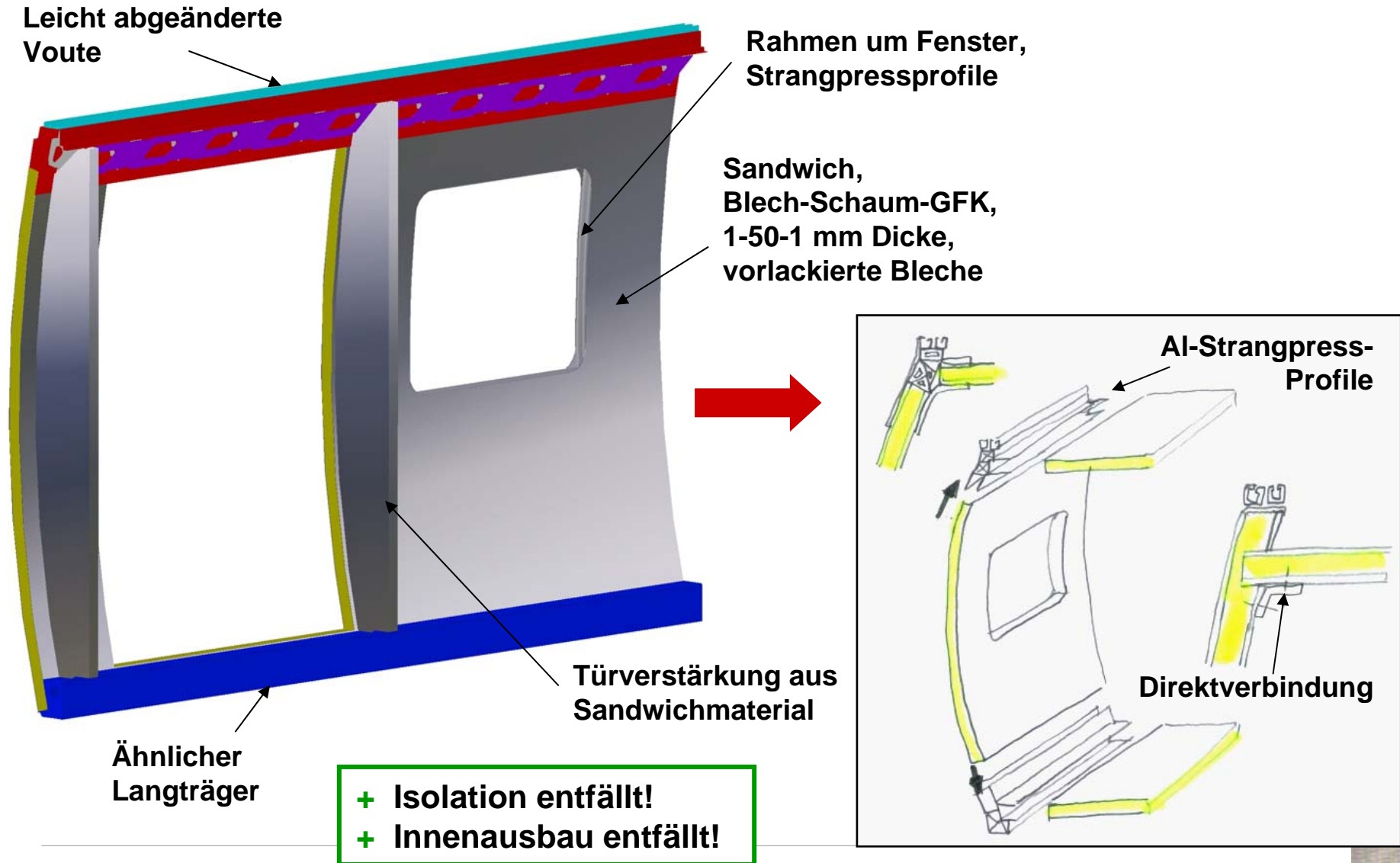
Quelle: Daimler AG

### ■ Mischbauweisen

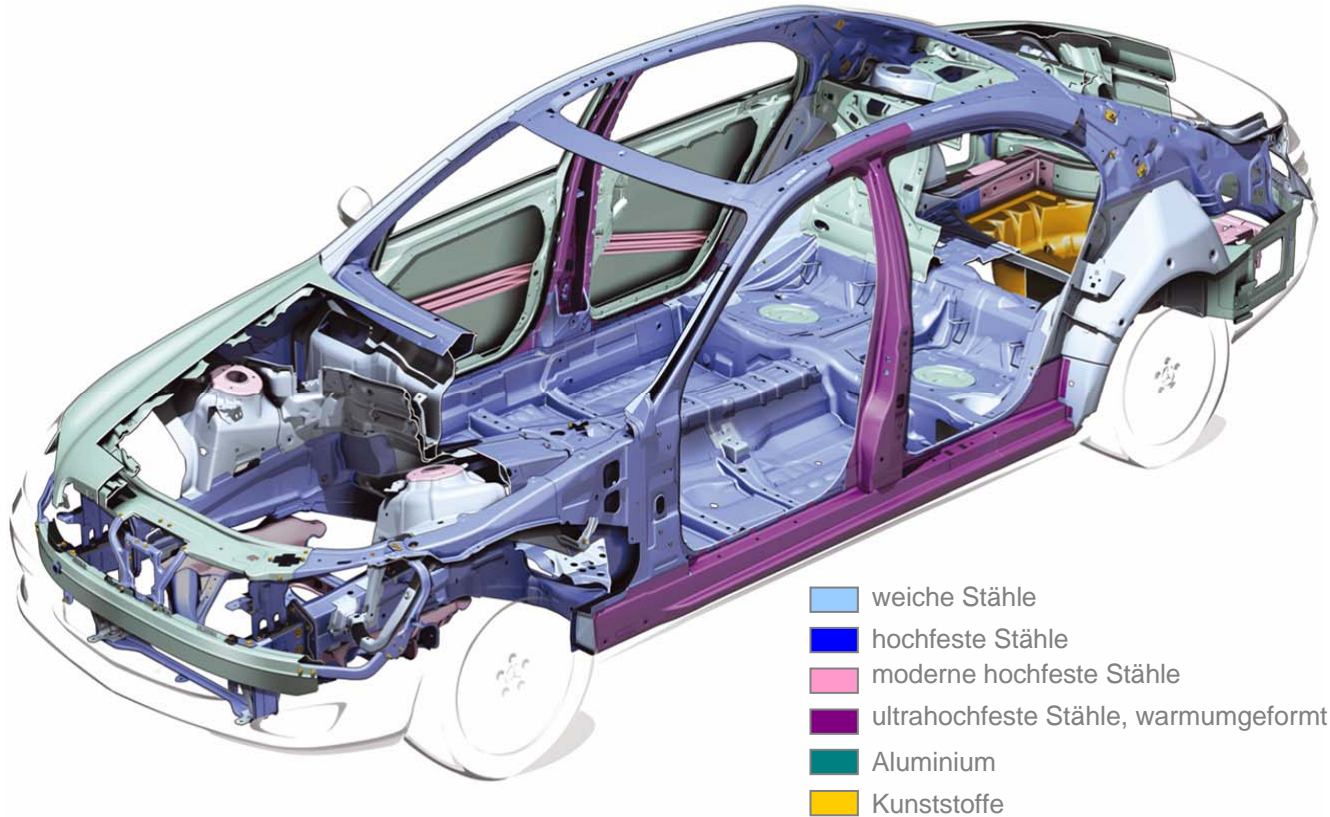
- Optimale Materialausnutzung
- Leichtbaupotential



**Notwendigkeit der Erarbeitung  
neuer Produktionsmethoden**



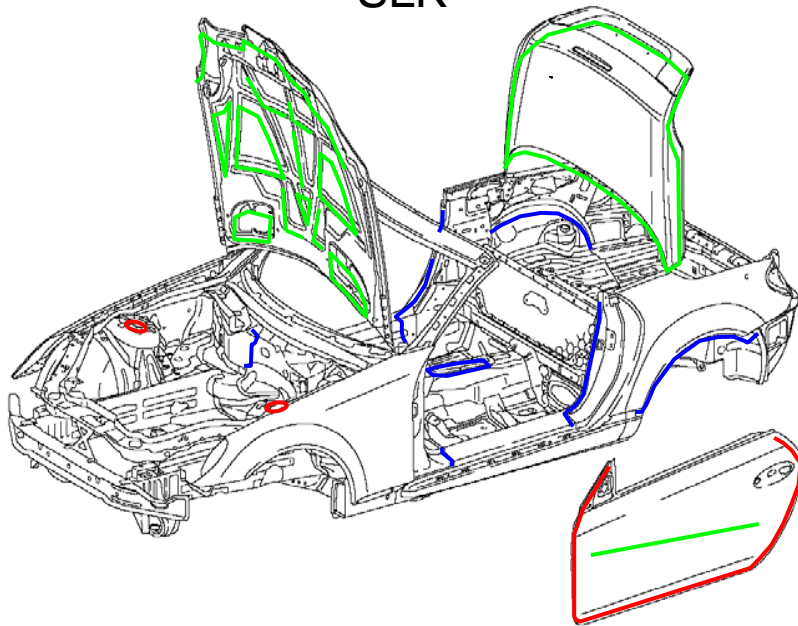




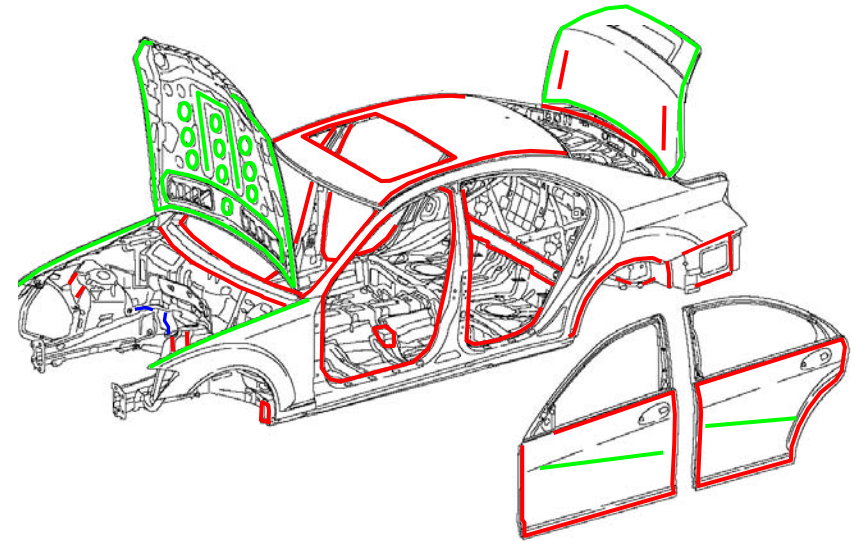
Quelle: Daimler AG









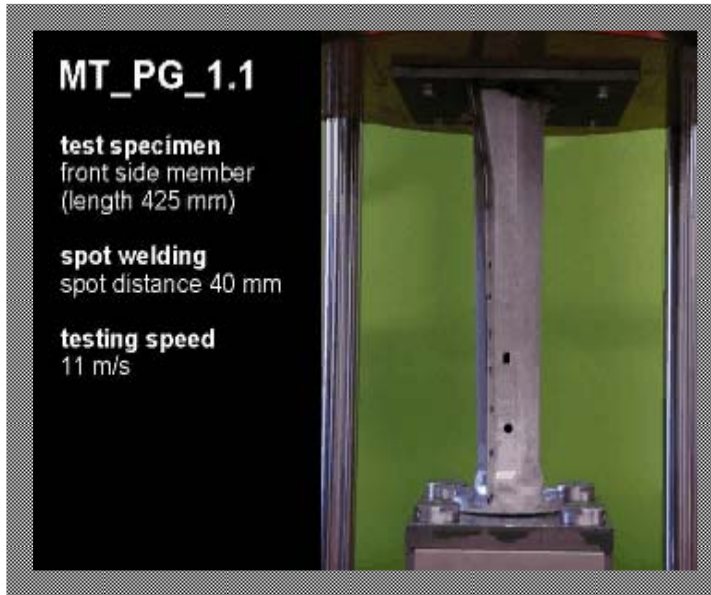
SLK



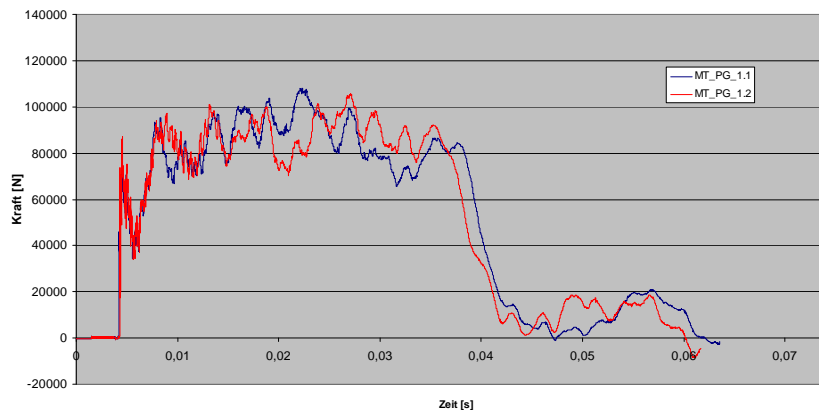
S-Klasse



19.811		Strukturkleber [m]		157.778
25.870		Stützkleber [m]		32.603
26.741		Dichtkleber [m]		4.842



Kraft-Zeit Diagramm



Probekörper	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
MT_PG_1.1	108,1	3,2
MT_PG_1.2	105,8	3,2

n = 2	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
max	108,1	3,2
min	105,8	3,2
Mittelwert	107,0	3,2

### Fügeteilwerkstoff 1

ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,4

### Fügeteilwerkstoff 2

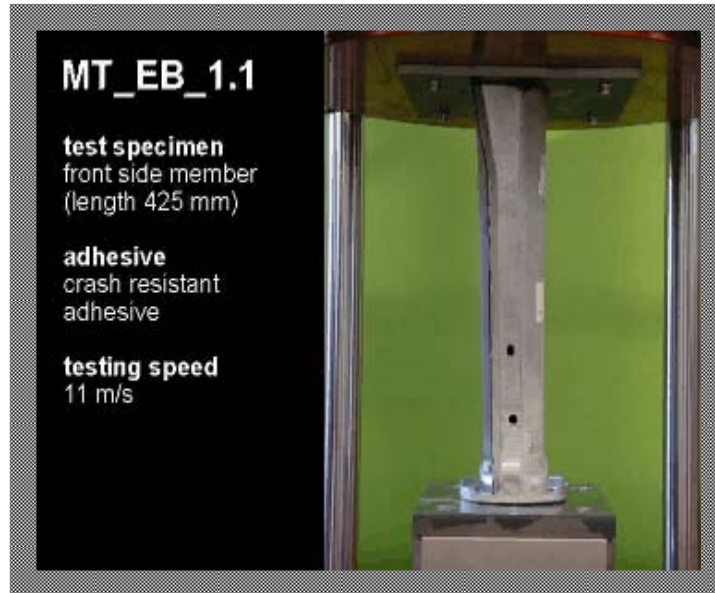
ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,5

**Alterung**  
ungealtert

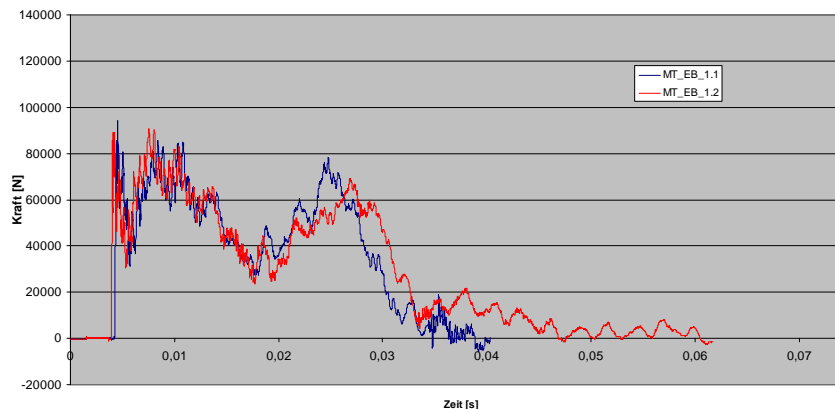
**Prüftemperatur**  
RT

**Prüfgeschwindigkeit**  
11 m/s





Kraft-Zeit Diagramm



Probekörper	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
MT_EB_1.1	94,0	1,5
MT_EB_1.2	90,6	1,7

n = 2	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
max	94,0	1,7
min	90,6	1,5
Mittelwert	92,3	1,6

### Fügeteilwerkstoff 1

ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,4

### Fügeteilwerkstoff 2

ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,5

### Klebstoff

EFBOND EA 100

### Aushärtung

180 °C, 20 min

### Ausführung der Klebung

Klebung auf Stahloberfläche

### Alterung

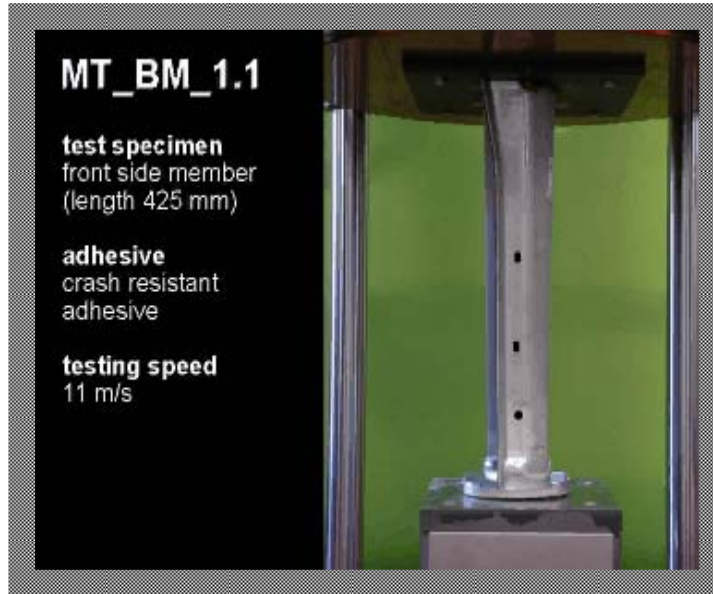
ungealtert

### Prüftemperatur

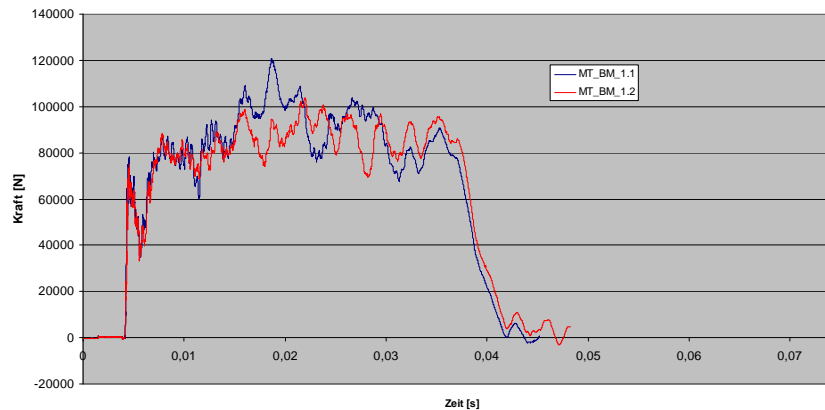
RT

### Prüfgeschwindigkeit

11 m/s



Kraft-Zeit Diagramm



Probekörper	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
MT_BM_1.1	120,7	3,0
MT_BM_1.2	103,8	3,0

n = 2	Fmax [kN]	Kraftstoß [kNs]
max	120,7	3,0
min	103,8	3,0
Mittelwert	112,3	3,0

### Fügeteilwerkstoff 1

ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,4

### Fügeteilwerkstoff 2

ZStE 260 BH (ZE 75/0), 1,5

### Klebstoff

Betamate 1493

### Aushärtung

180 °C, 20 min

### Ausführung der Klebung

Klebung auf Stahloberfläche

### Alterung

ungealtert

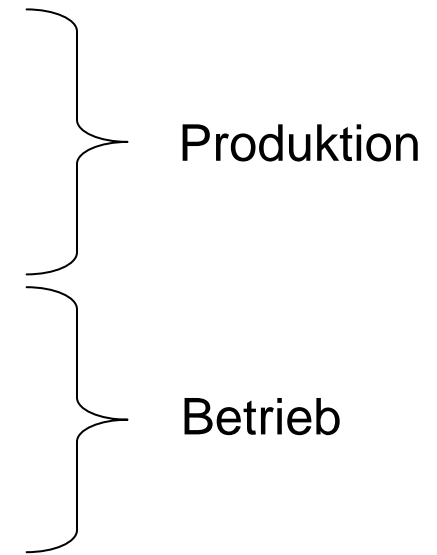
### Prüftemperatur

RT

### Prüfgeschwindigkeit

11 m/s

- Materialeffizienz durch beanspruchungsgerechte Materialauswahl, Energieeffizienz durch optimierte Fügeverfahren
- Energieeffizienz durch Leichtbau



**Wirtschaftlichkeit durch  
Materialvielfalt**







- **Ältere Arbeitnehmer sind weniger körperlich belastbar**
- **Ältere Arbeitnehmer benötigen ein spezielles Arbeitsumfeld**
- **Die Arbeitsleistung sollte trotzdem wirtschaftlich sein**



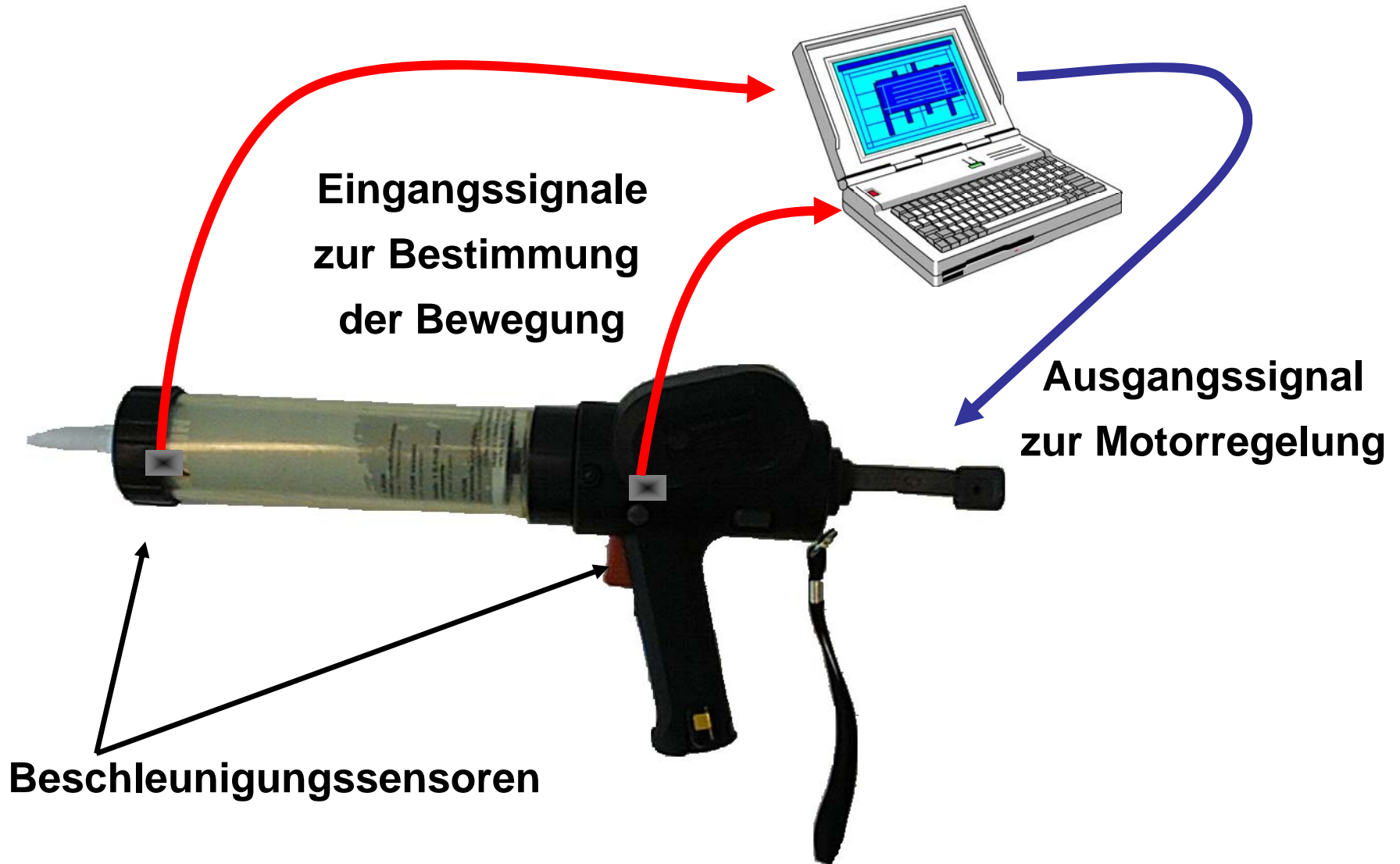
**Es ist notwendig neue  
Betätigungsfelder/-umfelder für  
Ältere zu schaffen**



- Audi – Silver Line
- Spezielles Produkt
- Spezielle Fertigungsrandbedingungen
- Wirtschaftlichkeit von untergeordneter Relevanz



Altersgerechte Produktion in Nischen teilweise umgesetzt





### Ungeregelter Handauftrag



### Geregelter Handauftrag



- **Ein spezieller Sensor bestimmt**
  - Orientierung
  - Ort
  - Geschwindigkeit
  - Gewünschte Durchflussrate

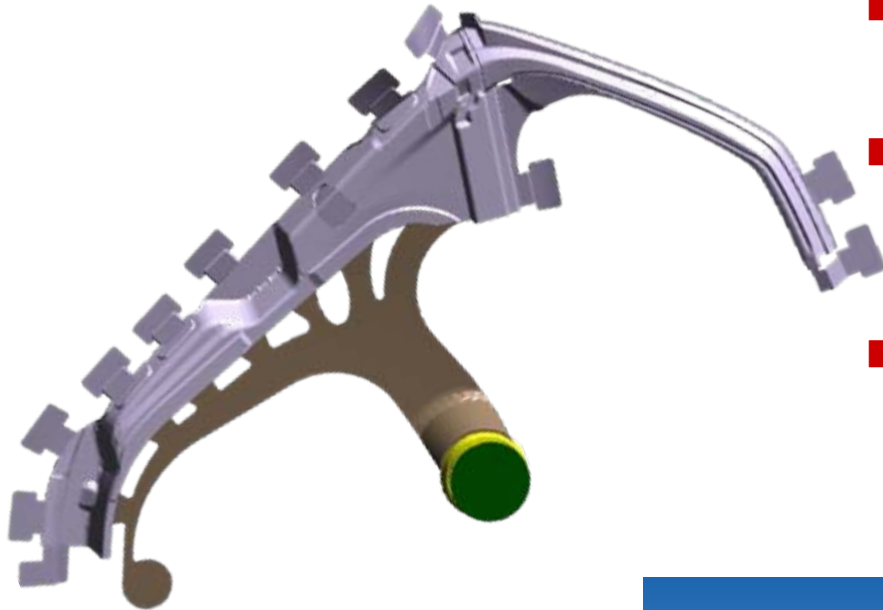
- **Durch die Etablierung intelligenter Prozesse können auch manuelle Prozesse effizient und sicher dargestellt werden.**

**Dies ermöglicht eine Ausdehnung manueller Prozesse und eine Arbeitserleichterung, die vor allem auch älteren Personen zu Gute kommt.**

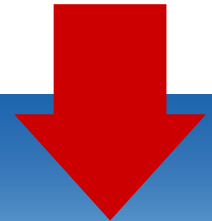
Produktion



## Zusammenfassung – Effizienz



- **Neue Werkstoffe und Bauweisen benötigen neue Produktionsverfahren**
- **Neue, effiziente Prozesse sind kostengünstiger!**
- **Zur Planung und Durchführung dieser Prozesse wird erhebliches Know-how benötigt!**
- **Die Darstellung einer effizienten Produktion ist Standort sichernd und Standort erhaltend!**



**Es folgt ein Alptraum!**



# *Produktionstechnik: Der Schlüssel zur Nutzung innovativer Werkstoffe in modernen Produkten*

