

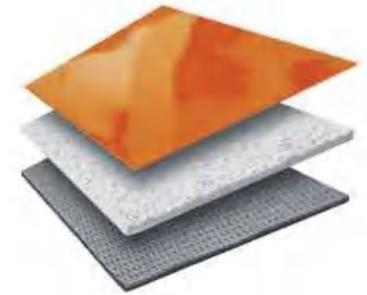
# Leichtbauwerkstoff Magnesium

Dr. Jan Bohlen, Prof. Karl Ulrich Kainer,

Magnesium Innovation Centre MagIC, Helmholtz-Zentrum Geesthacht



Technische und funktionelle Oberflächen



# Sie kennen Magnesium ....



... aus der Apotheke ...



... als brennendes Metall ...



.... aber als metallischen Werkstoff ??

# Motivation

## Herausforderung

- Verringerung des Energieverbrauchs
- Emissionsreduktion
- Kosteneffiziente Produktion
- Ressourceneffizienter Umgang (Recycling)

## Ansatz

- Metallischer Leichtbau
- Magnesium als metallischer Werkstoff



Quelle: Alkan

Karosserie (Aluminium)



„Allard“ Sportfahrzeug (1952)  
Karosserie (Magnesium)

# Vortragsübersicht

---

- Motivation
- Einleitung: → Warum Magnesium?  
→ Leichtbaupotenzial
- Historie: Magnesiumanwendungen
- Stand der Forschung und Anwendung
- Anwendungen Magnesiumguss
- Anwendungen und Potentiale Magnesiumknetlegierungen
- Gießwalzen von Magnesium
- Life-Cycle-Aspekte
- Zusammenfassung und Ausblick

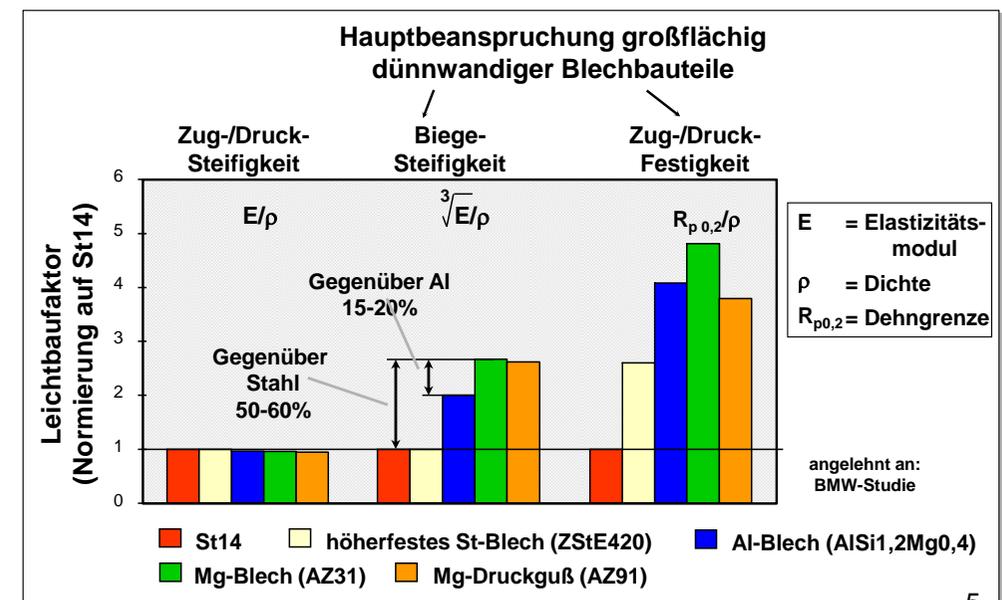
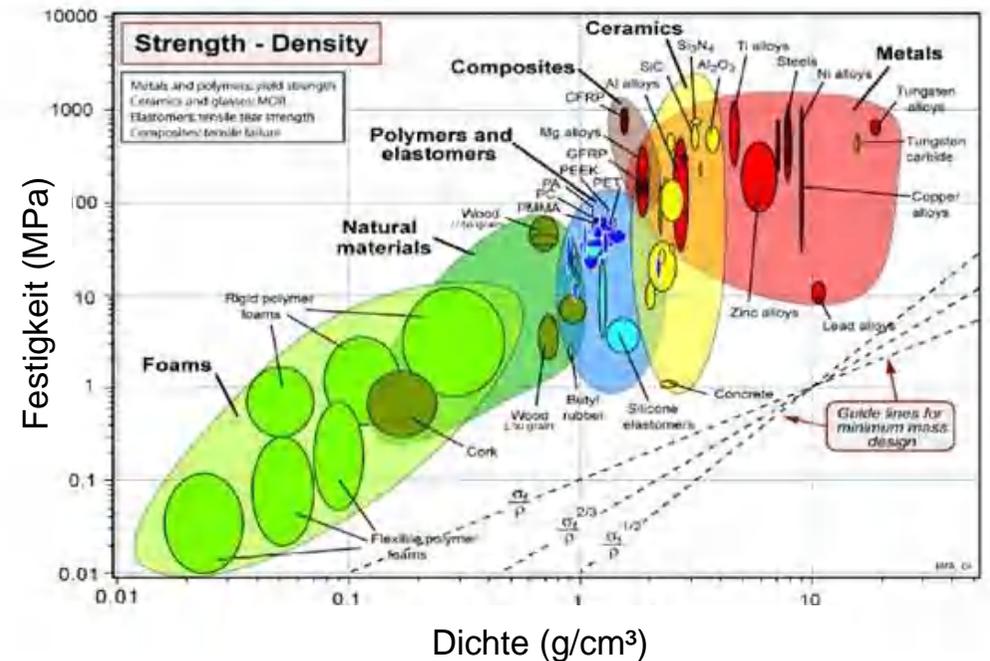
# Warum Magnesium?

## Vorteile:

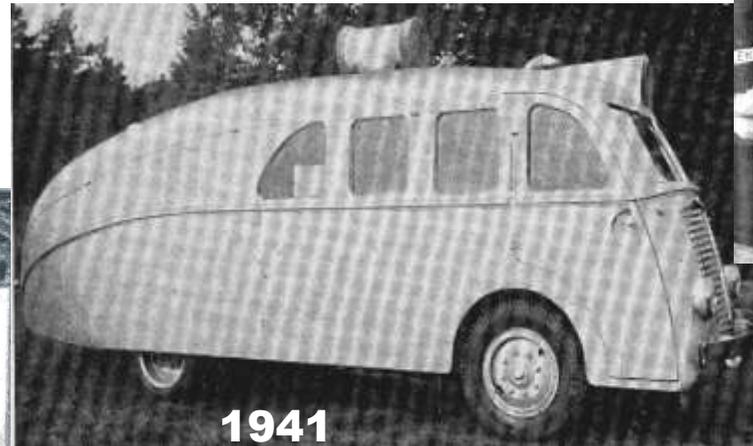
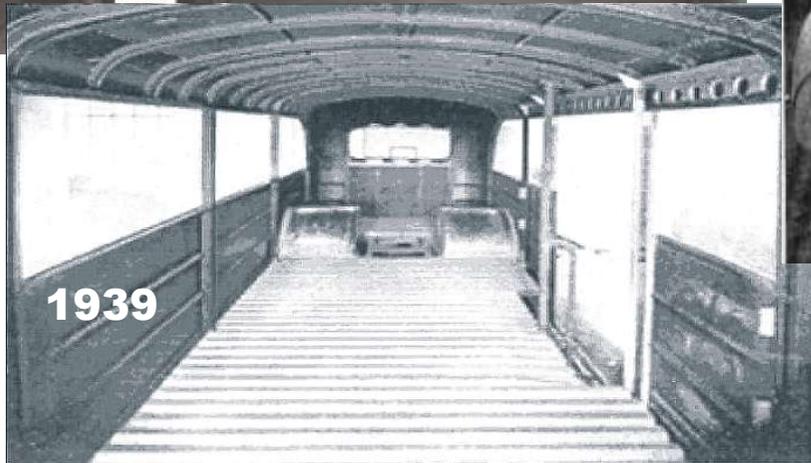
- metallischer Werkstoff mit geringer Dichte ( $\sim 1.8\text{g/cm}^3$ )
- Hohe spez. Festigkeiten
- Gute Gießbarkeit
- Gute spanende Bearbeitbarkeit
- Praktisch unbegrenzt verfügbar
- Recyclebar

## Nachteile:

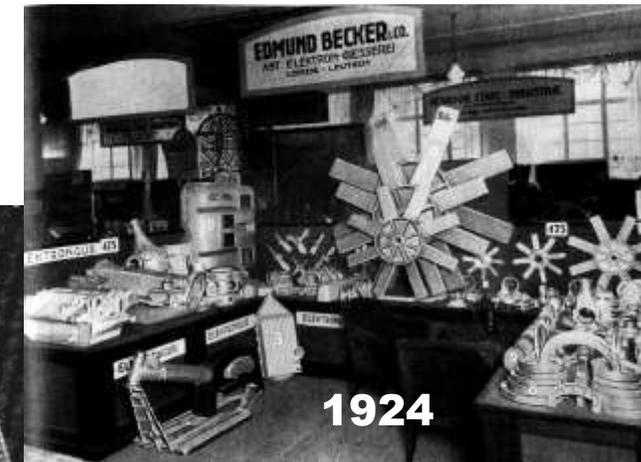
- Eingeschränkte Korrosionseigenschaften
- Limitierte Hochtemperatureigenschaften
- Eingeschränkte Verformbarkeit (hex. Kristallstruktur)



# Historie: Magnesiumanwendungen



Vor 1945



Nach 1945



## Motor und Getriebegehäuse: Volkswagen Käfer und Bus



### **Motor und Getriebegehäuse 20kg/Auto**

Volkswagen Käfer: Prototyp 1934-1946

Serie 1946-1978/Cabriolet 1980/

Mexico/Brasilien 2003, Karman Ghia,

Bus, VW Typ 3 und 4, Porsche 911

1100, 1200, 1300, 1500, 1600 ccm

24.5, 30, 34, 44, 54 PS

**1971: 42.000t Mg-Legierungen AS21/41**

**1993: 3.616t**



# Stand der Forschung und Anwendung

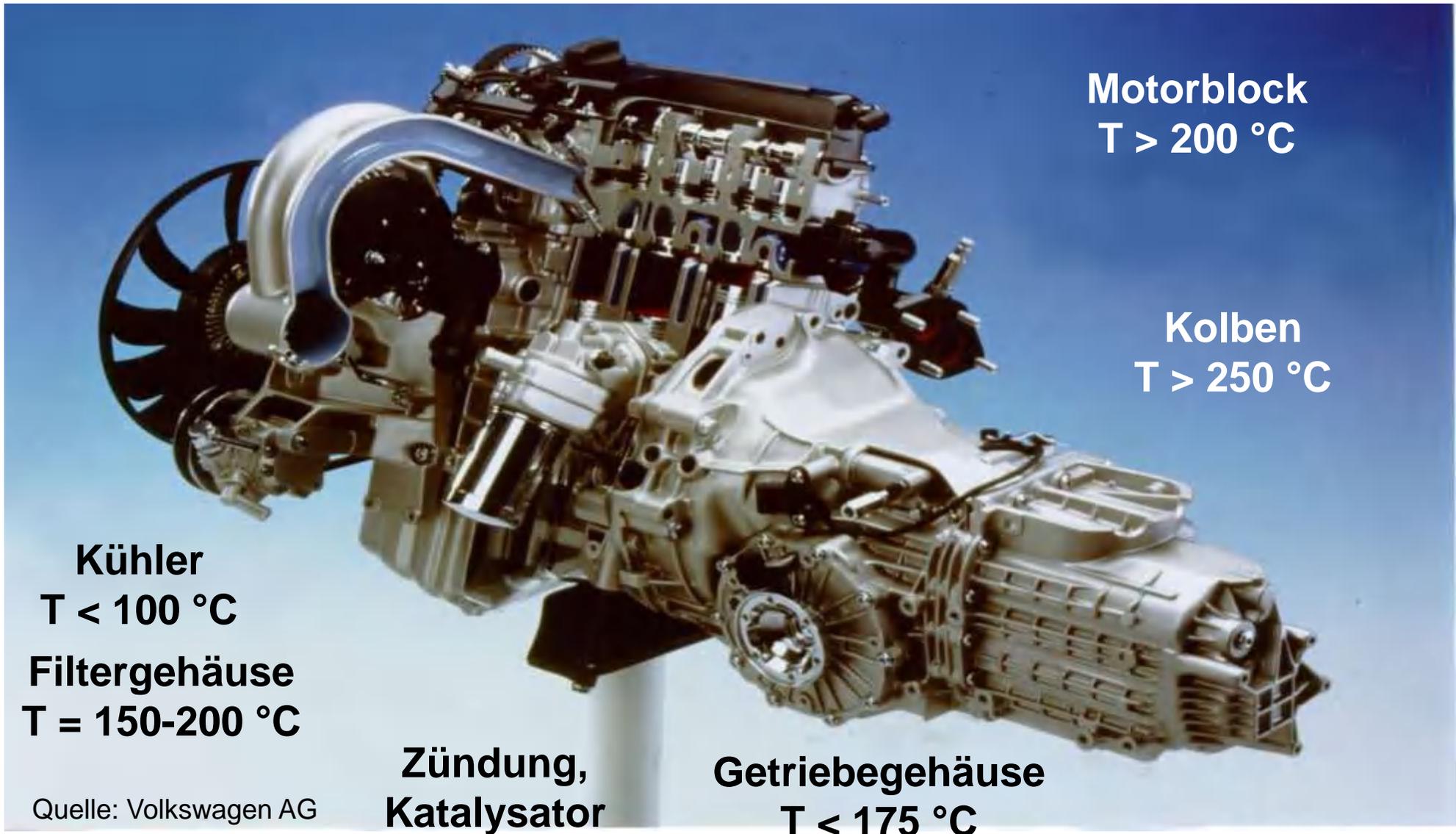
---

- Magnesium-Legierungen haben ihren Durchbruch für Anwendungen als druckgegossene Bauteile in der Automobiltechnik gefunden.
- Weitere Anwendungen finden sich in etablierten oder neueren Verfahren, z.B. Kokillenguss, Sandguss, Thixomolding, Squeeze Casting.
- Ein Interesse an Halbzeugen aus Knetlegierungen ist gestiegen, um Aluminium-Werkstoffe, Stähle oder Polymere zu substituieren und den Anwendungsbereich zu erweitern.
  - Erweiterung des Gestaltungsspielraums
  - Verbesserte mechanische Eigenschaften
  - Geringer Markt
    - ☞ Anforderungen erfordern große F&E-Aktivitäten unter Einbeziehung der kompletten Wertschöpfungskette
- Die Verarbeitung von Magnesium als Knetlegierungen erfolgt in typischen Prozessen, wie den Walzen, Strangpressen, Tiefziehen und Schmieden.
- Eine Besonderheit stellt die aktuelle Fokussierung auf die Herstellung von Blechen mittels Gießwalzen dar.

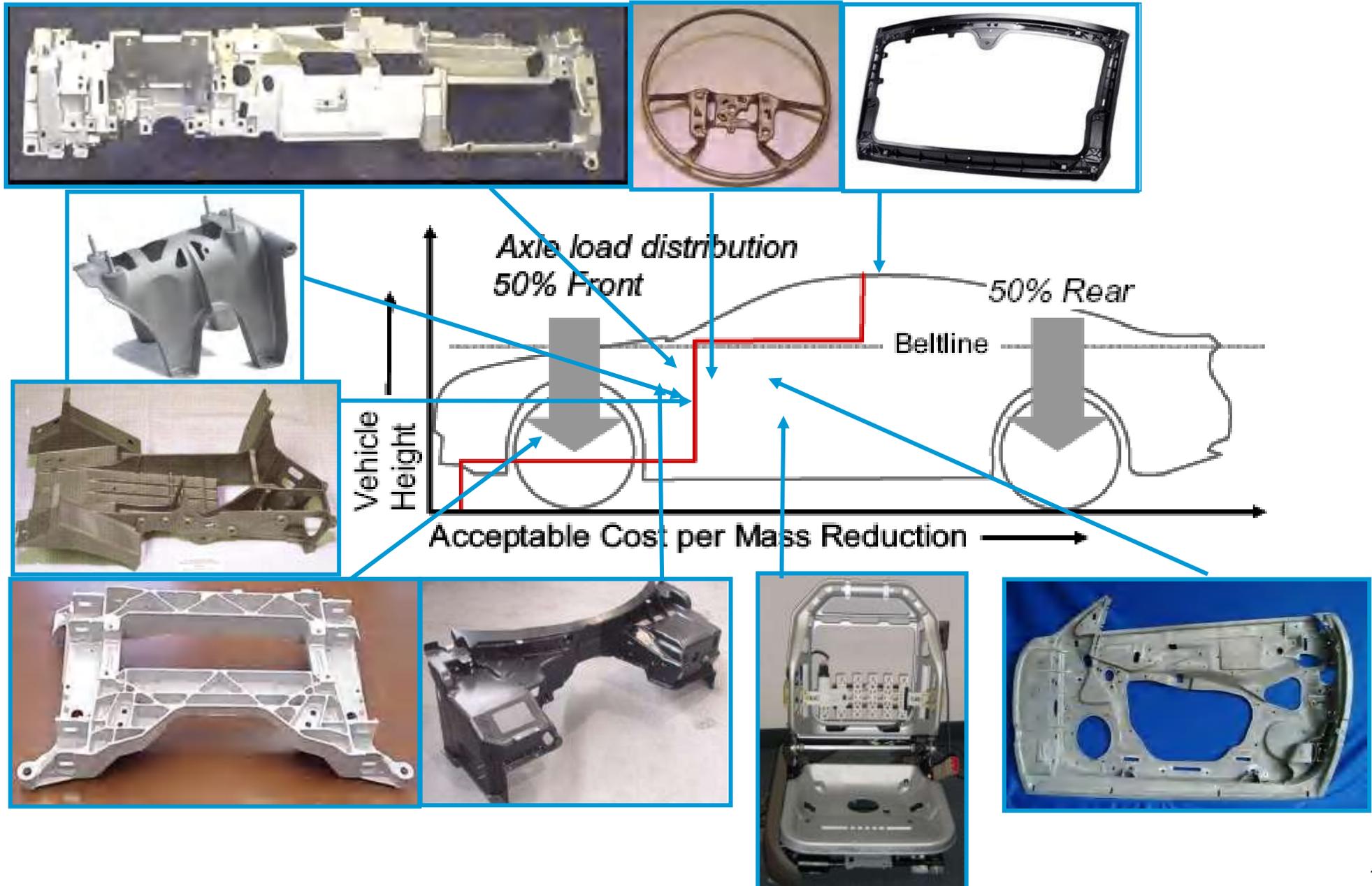
# Magnesium-Druckgusslegierungen

- AZ (Mg-Al-Zn)
  - Gute Raumtemperatur-eigenschaften
  - Geringe Warmfestigkeit
  - Geringe Duktilität
  - AZ91
- AM (Mg-Al-Mn)
  - Höhere Duktilität
  - Mäßige Raumtemperatur-eigenschaften
  - Eingeschränkte Gießbarkeit
  - AM20/AM50/AM60
- AS (Mg-Al-Si)
  - Verbesserte Festigkeit
  - Besseres Kriechverhalten
  - Eingeschränkte Gießbarkeit
  - AS21/AS31/AS41
- AE (Mg-Al-SE)
  - Gute Hochtemperatur-eigenschaften
  - Gutes Kriechverhalten
  - Eingeschränkte Gießbarkeit
  - AE42/AE44
- AJ (Mg-Al-Sr)
  - Gute Hochtemperatur-eigenschaften
  - Gutes Kriechverhalten
  - Eingeschränkte Gießbarkeit
  - AJ62X
- MRI (Mg-Al-Mn-Ca-RE)
  - Gute Hochtemperatur-eigenschaften
  - Gutes Kriechverhalten
  - Gute Gießbarkeit

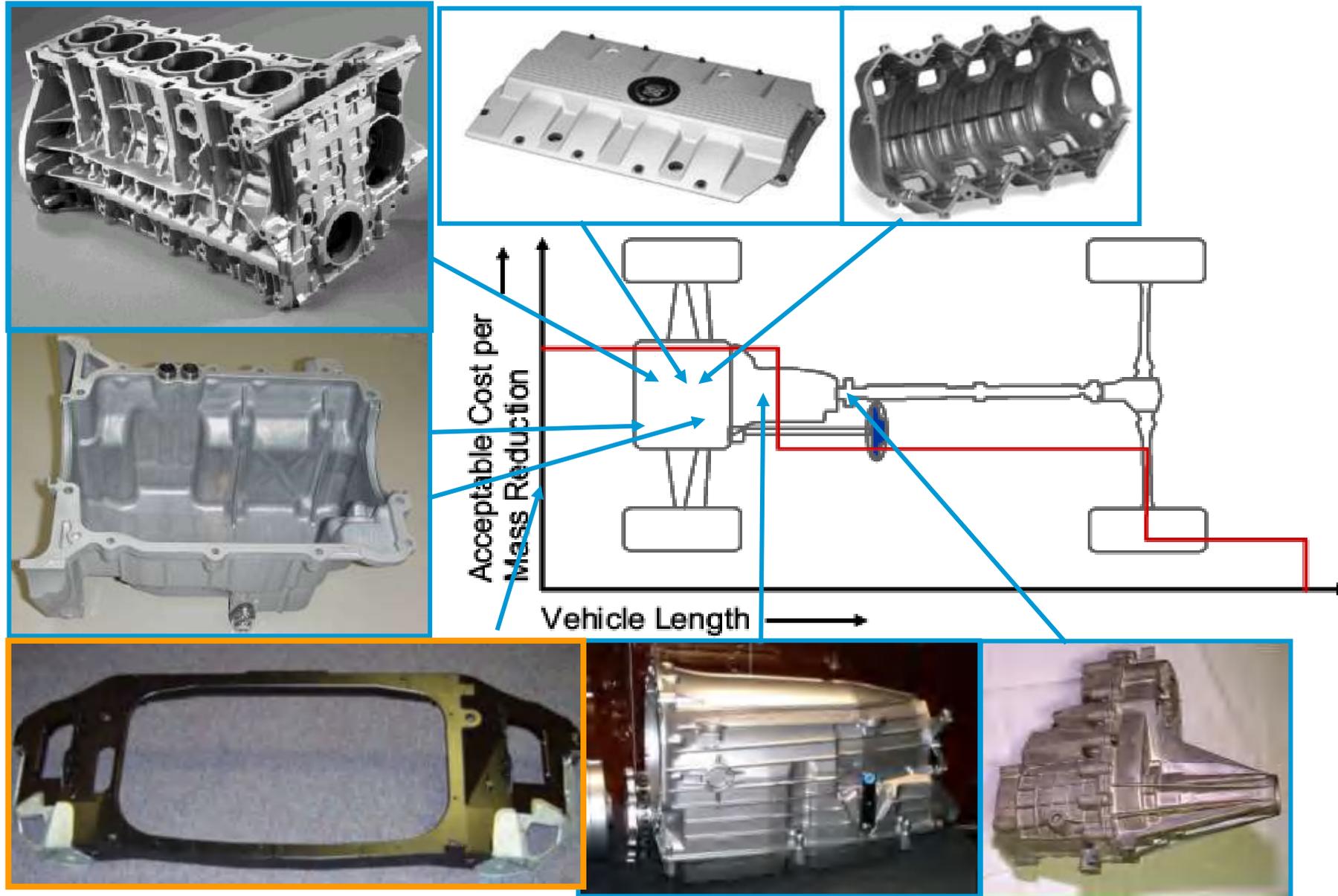
# Anwendungstemperaturen im Antriebsstrang



# Magnesium - Anwendungen heute: Druckguss



# Magnesium - Anwendungen heute: Druckguss



# Aktuelle Magnesium-Anwendungen

## Interieur

Sitzteile

Instrumententräger

Kniepolster

Lenksäule

Lenkrad

Brems- und Gaspedale

Airbag-Halterungen

Träger

Radio-Rahmen

Sonnendach-  
Komponenten



## Interieur

Spiegelhalter

Dachhimmelträger

Türinnenrahmen

## Antriebsstrang

Getriebegehäuse

Differentiale für Allrad-Antriebe



## Motor

Zylinderkopf

Ansaugstutzen

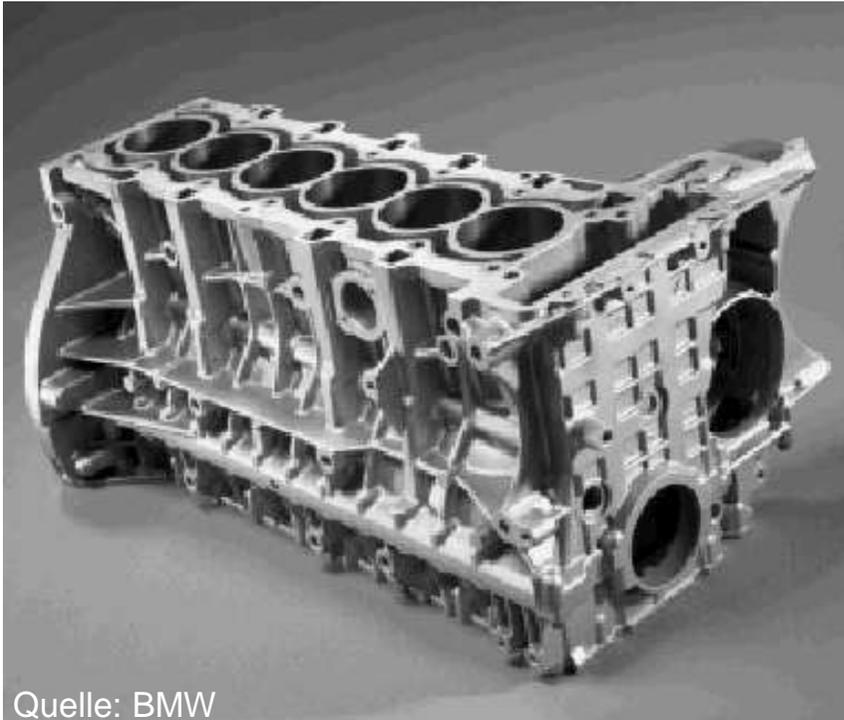
Elektrobauteile

Ölpfannen

Motorblock



# Verbundkurbelgehäuse: Magnesium / Aluminium



Quelle: BMW

- Magnesium/Aluminium- Motorblock und Bodenplatte
- Mg Gewicht: 15,6 kg
- Mg Platte Gewicht: 4,0kg
- HPDC
- Legierung: AJ62x

## Vorteile:

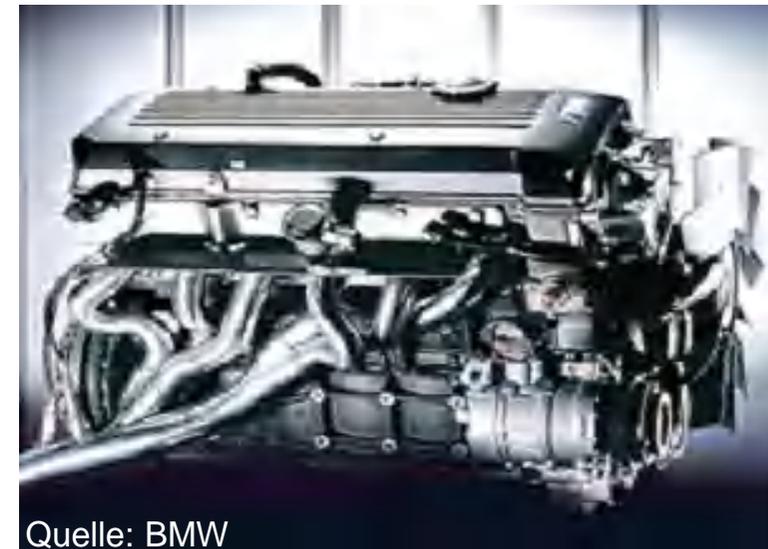
- kriechbeständige Legierungen
- 25% Gewichtsreduktion im Vergleich zu Alu-Motor
- Entspricht 10 kg Gewichtersparnis auf der Vorderachse
- Recyclierbar

## Automobile:

- BMW Fahrzeuge mit Sechszylinder- Motoren

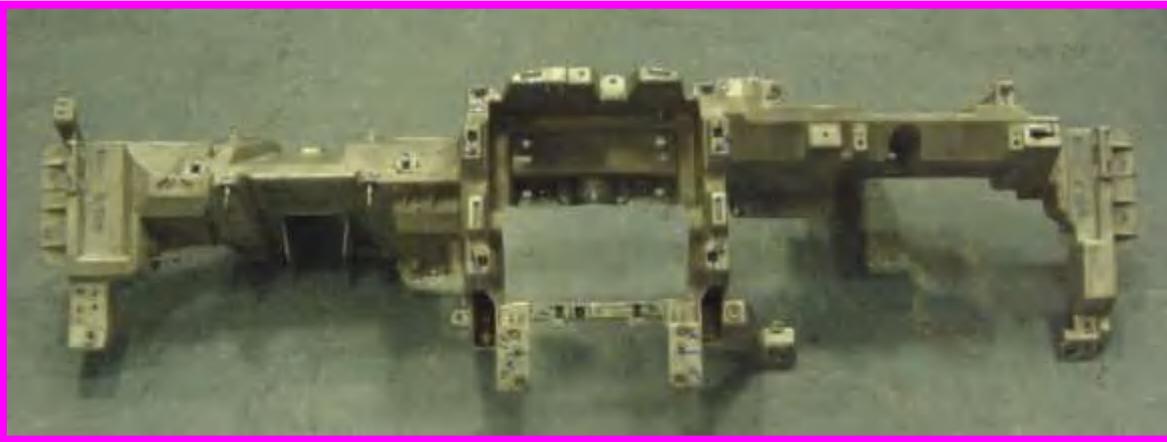
## Druckgießer:

- BMW Landshut
- Brabant Alucast Oss



Quelle: BMW

# Instrumenten -Tafelträger



## Description:

Dimension: 1458 x 385 x 472 mm

Weight: 5.25 kg

High Pressure Die Casting

**Material:** Magnesium

Alloy: AM60B

Source: Magontec

## Advantages:

-  Thin-walled application
-  Function integration
-  Weight reduction
-  High NVH
-  Machining and assembly
-  High crash and safety performance
-  Recyclability

## Vehicle:

-  Jaguar S Type

## Die Caster:

-  Meridian Technologies, Inc.

# Instrumenten - Tafelträger (Funktionsintegration)

## Stahl Design (Laserstrahl-Schweißen)



## Magnesium Design (HPDC)



## Re-design

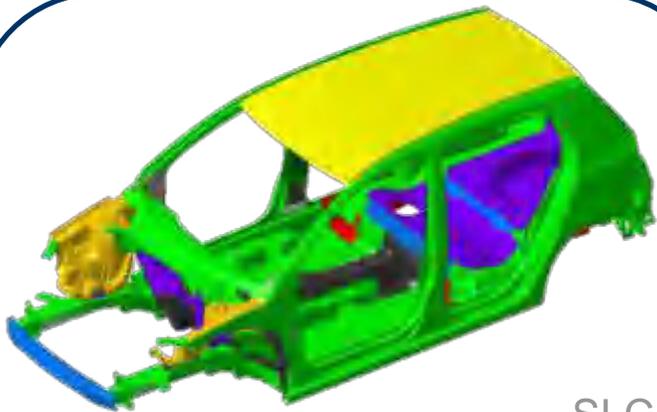
### Magnesium /Stahl Hybrid Design



### Stahlrohr Design



# SLC Karosserie Konzept „Greenhouse Structure“



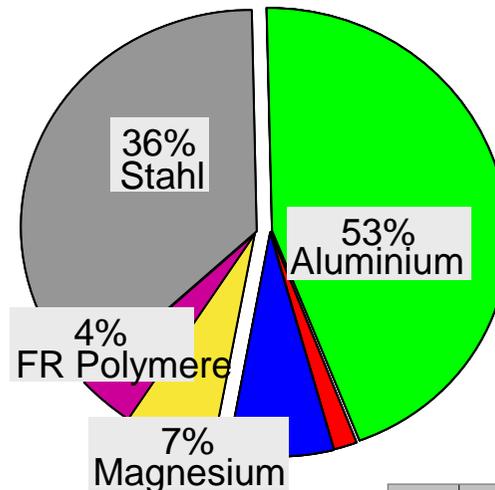
SLC

**Gewichtsreduzierung: 100kg (35%)**

**Strukturelle Anforderungen:  
Referenz (2005) Stahl Karosserie**

**Highlights:**

- Größerer Anteil warmgeformter Stähle
- Intensive Aluminium Blechstrukturen
- Integrierter Al-HPDC hinterer Längsträger
  - Magnesium-Blechdach/Dachträger
    - Integrierter Magnesium HPDC Federbeindom
  - Hinterer Boden aus Langfaser-verstärktem Polymer



## Eingesetzte Werkstoffe

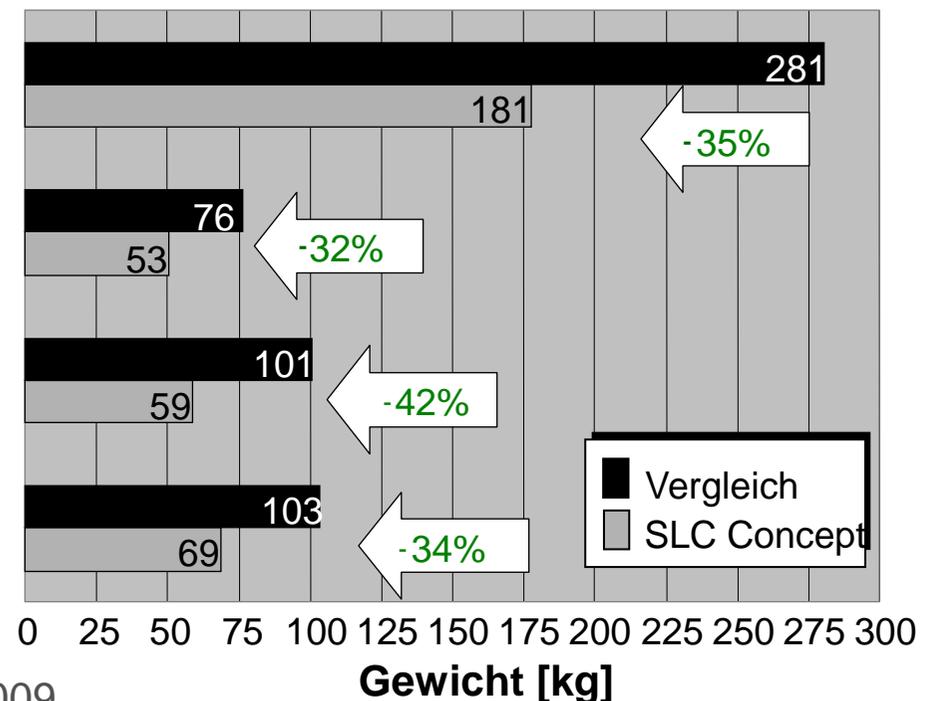
- Aluminium Blech (80kg)
- Aluminium Guß (13kg)
- Aluminium Profile (3kg)
- Stahl (67kg)
- Magnesium (11kg)
- Faserverstärkte Polymere (7kg)

### BIW

### Front struktur

### Boden struktur

### Green-house



# Studien zum Einsatz von Knetlegierungen

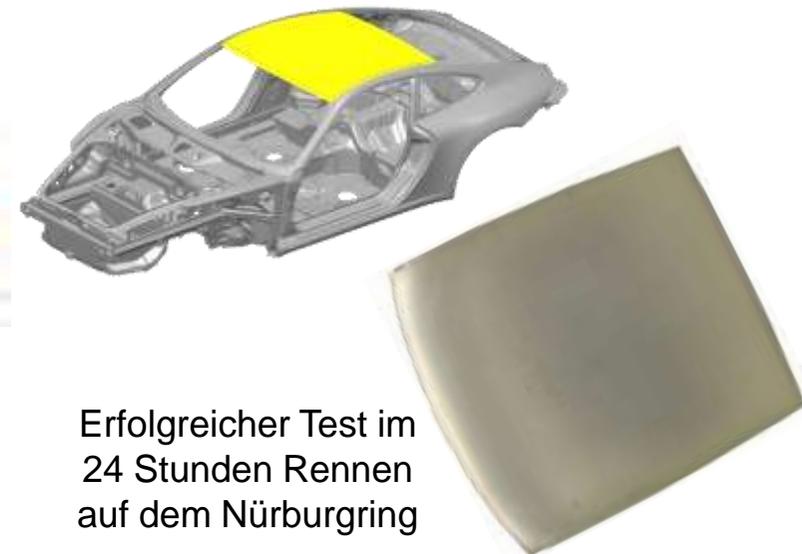


Rücksitzlehne für die neue BMW  
3er-Modellreihe



## PORSCHE

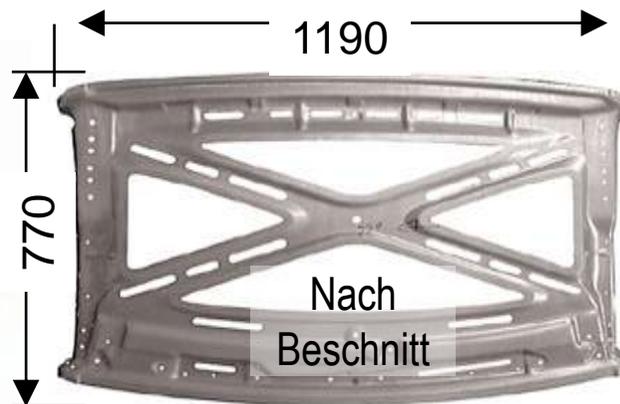
Dachelement für Porsche  
GT3 R Hybrid



Erfolgreicher Test im  
24 Stunden Rennen  
auf dem Nürburgring

## DAIMLER

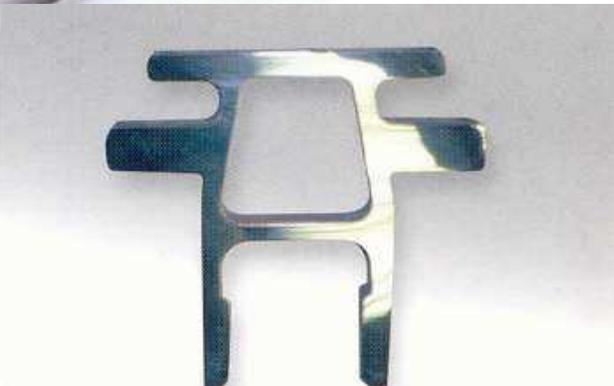
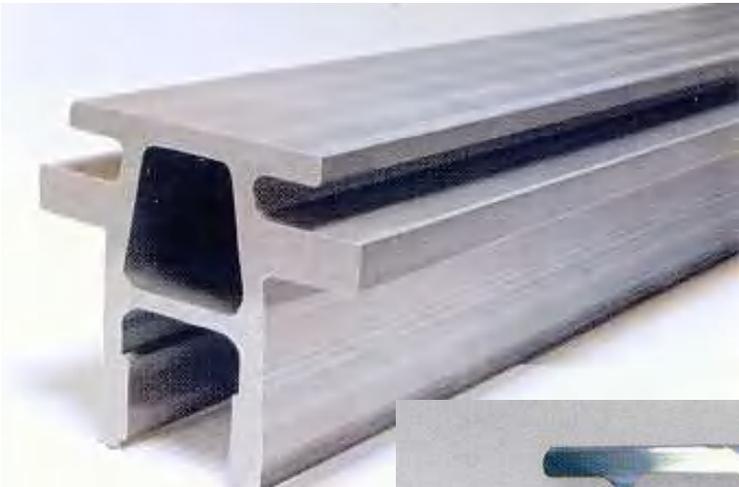
Innenteil für Cabrio-Hardtop SLK



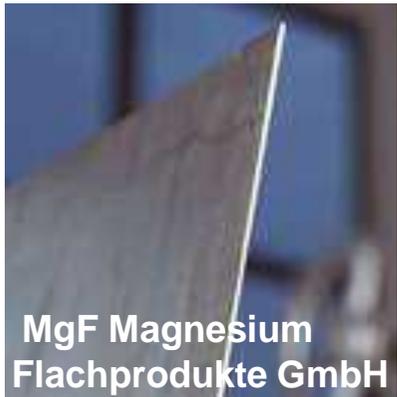
### Gewichtseinsparung:

7,5 → 2,3 kg (- 69 %)  
Stahl → Magnesium

# Anwendungen Magnesiumknetlegierungen



# Herausforderungen: Magnesiumblech



## Anforderungen

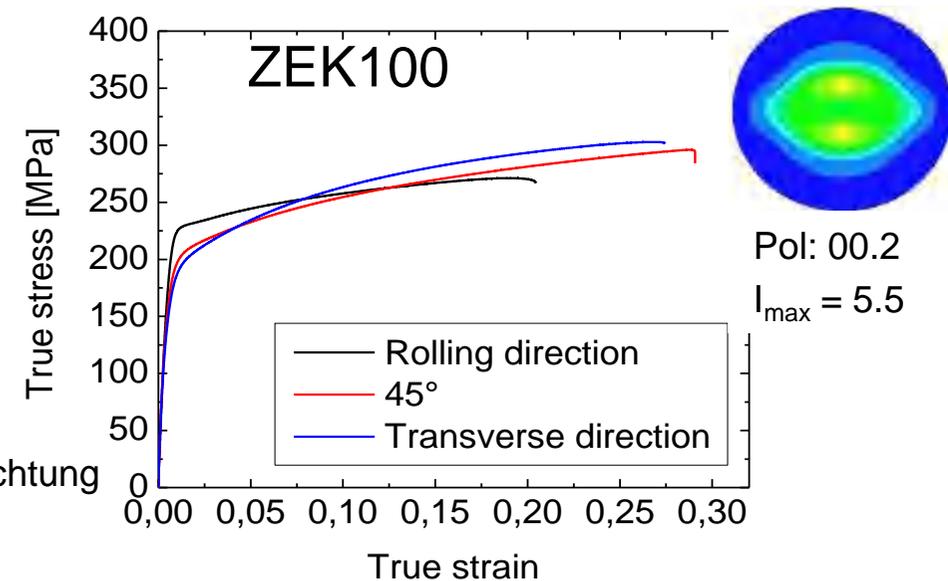
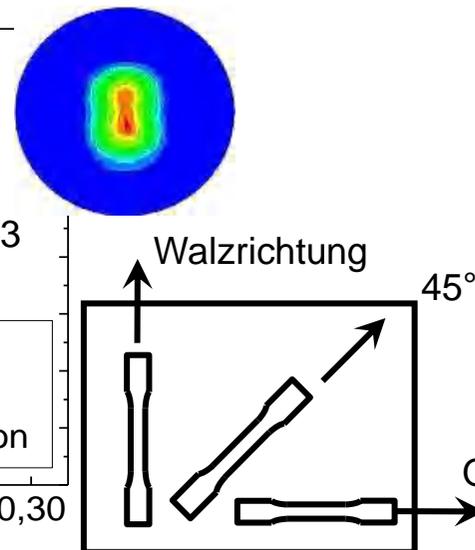
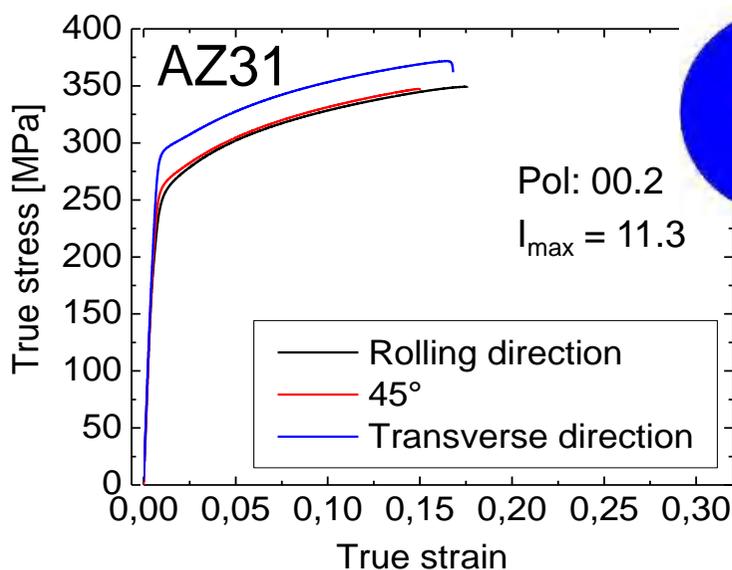
- gute Umformbarkeit
- isotrope Eigenschaften
- Korrosionsschutz
- kostengünstig

Prototyp eines Dachinnenteils (Mercedes SLK)

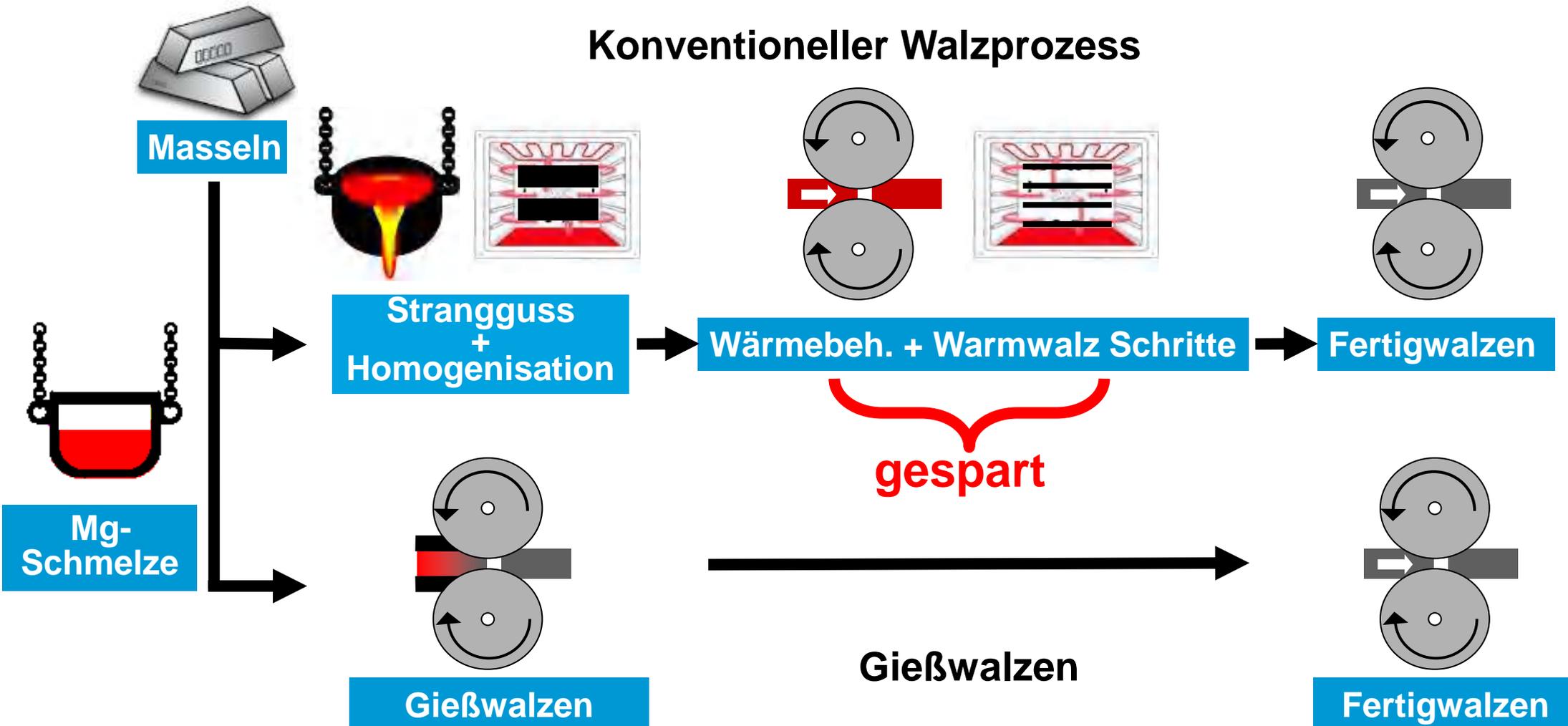


Quelle: Daimler Benz

- Erfahrung im Bereich Gießen und konventionellem Walzen
- Beeinflussung der Mikrostruktur und Textur durch Legierungsdesign

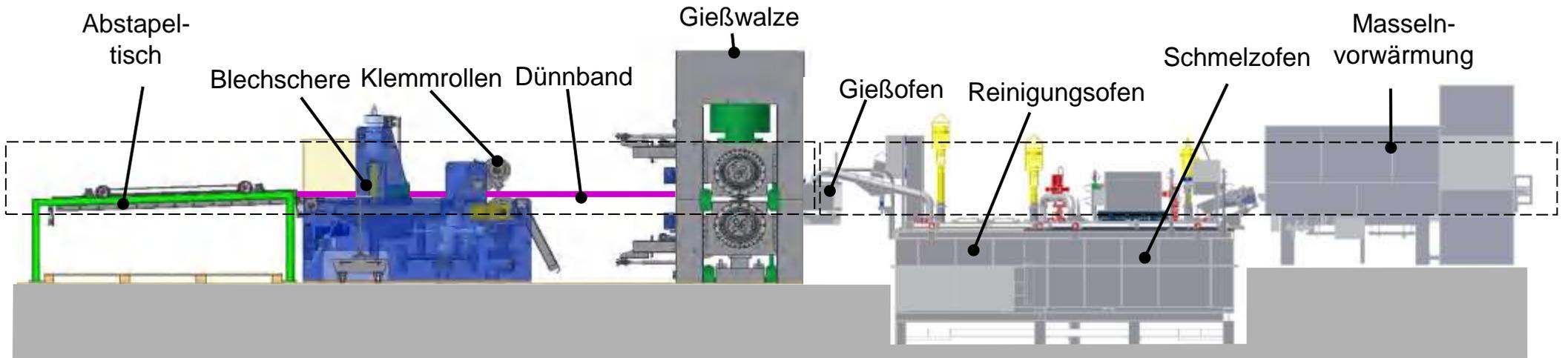


# Vergleich der Prozessketten zur Blechherstellung

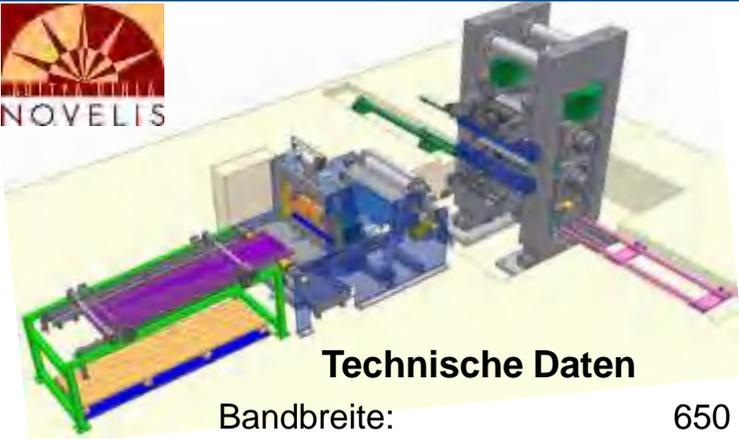


- Gießgewalzttes Band hat eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur
- Der Gießwalzprozess benötigt weniger Walzschrirte, was zu einer geringeren Gesamtverformung führt
- Der Gießwalzprozess kann Energie und Kosten sparen

## Gießwalzanlage am HZG



### Gießwalze



#### Technische Daten

Bandbreite:	650 mm
Walzendurchmesser:	600 mm
Max. Geschwindigkeit:	6 m/min
Min. Banddicke:	4 mm
Walzkraft:	7600 kN

### Ofenlinie

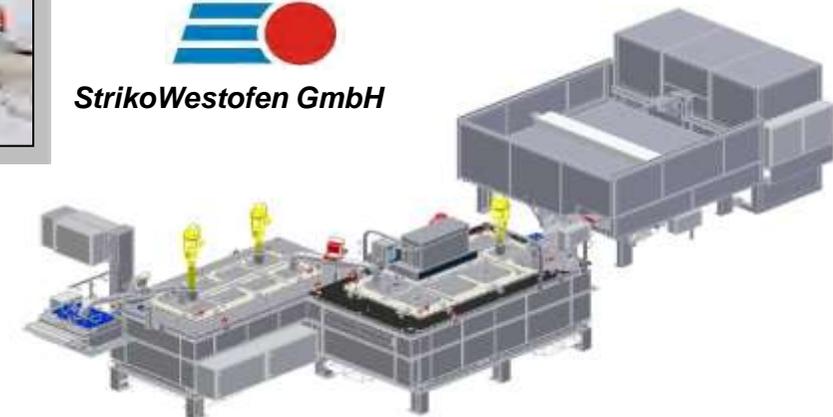


#### Technical Data

Max. Schmelzleistung:	1000 kg/h
Max. Temperatur:	750 °C
Temperaturgenauigkeit:	+/- 3 °C



StrikoWestofen GmbH



# Aktivitäten im Bereich Gießwalzen



- ThyssenKrupp MgF (Deutschland):**
- Hersteller von Magnesiumblechen
  - Produktion von Blechen mit max. Breite von 700 mm
  - Legierung AZ31



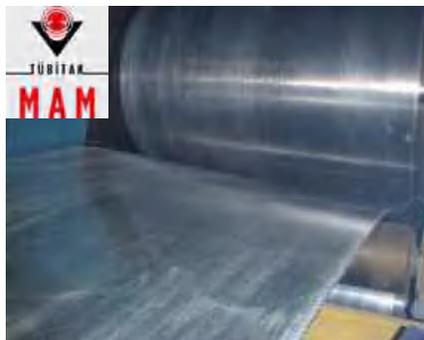
- CANMET Materials Technology Laboratory (Kanada):**
- Forschungsinstitut
  - Gießwalzen mit einer Breite von 250mm
  - Legierung AZ31



- Brunel Centre for Advanced Solidification Technology (BCAST) (Großbritannien):**
- Forschungsinstitut
  - Schmelzaufbereitung für den Gießwalzprozess
  - AZ-Legierungen



- CSIRO Materials Science and Engineering (Australien):**
- Forschungsinstitut
  - Gießwalzen mit einer Breite von 600 mm
  - Legierung AZ31



- TUBITAK MRC, Materials Institute (Türkei):**
- Forschungsinstitut
  - Upscaling des Gießwalzprozesses auf eine Breite von 1500 mm
  - Legierung AZ31



- POSCO / POSTECH (Korea)**
- Hersteller / Forschungsinstitut
  - Produktion von Blechen bis zu einer Breite von 2000 mm
  - Neue Legierungen z.B. ZW61, ZMA611, ZMA613

Zahlreiche Aktivitäten in China

<b>Legierungsfamilie AZ:</b>	AZ21, AZ31, AZ41, AZ61, AZ91
<b>Legierungsfamilie AM:</b>	AM50, AM50+0,3Cu+0,02Zr, AM60
<b>Legierungsfamilie Z:</b>	ZK60, ZW41, ZW61, ZMA611, ZMA613, Mg-2,4Zn-0,1Ag-0,1Ca-0,1Zr

# Anwendungen Magnesiumknetlegierungen

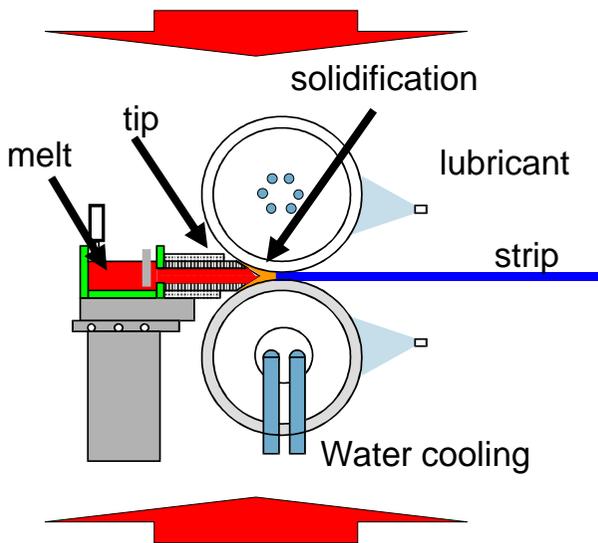
“POSCO is developing market for applying Mg flat product to every mobile industry.”



# Forschungsschwerpunkte bei der Blechentwicklung

## Material:

- Legierungselemente
- Viskosität der Schmelze



## Prozessparameter:

- Walzgeschwindigkeit
- Schmelztemperatur
- Metallfüllstand im Gießofen
- Design der Gießdüse

Gießwals-  
prozess

Strip AZ31



## Gießwalsband- eigenschaften

- Erstarrung
- Segregation
- Mikrostruktur
- Textur

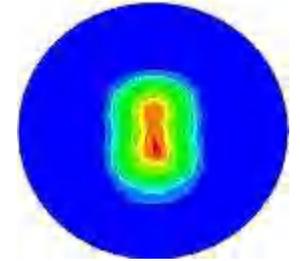


Dünnband AZ31

Walz-  
prozess

Pol: 00.2

$I_{\max} = 11,3$



Blech AZ31

## Blecheigenschaften

- Textur
- Mikrostruktur
- Umformbarkeit
- Mech. Eigenschaften
- Korrosion

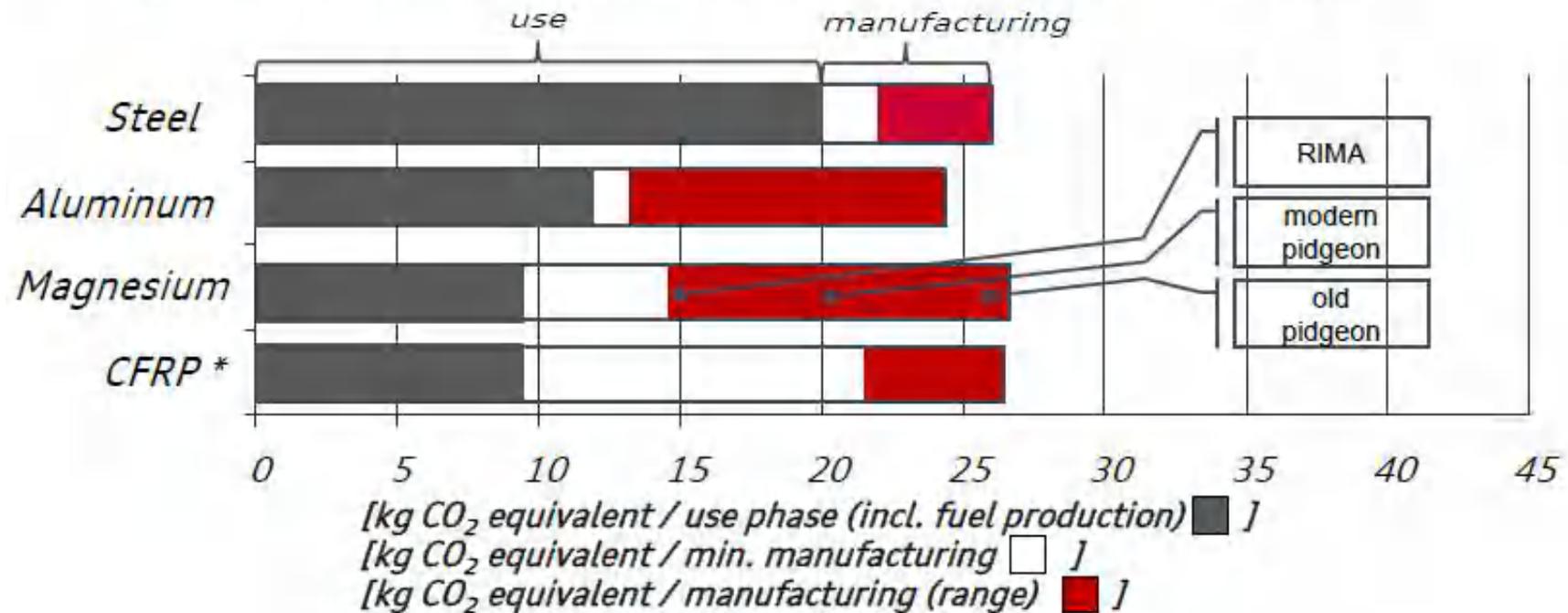


Blech AZ31

# Greenhouse Gas Emissions

## Use of sustainable materials

- ▶ *Greenhouse gas emissions from various materials due to use and manufacturing*



*assumptions: for a functionally equivalent component,  
 base is 1 kg steel and the movement of 1 kg component will cause  
 0.1 g CO<sub>2</sub>/km (internal combustion engine, incl. fuel production)*

- *Improving the overall balance by choosing sustainable materials and manufacturing processes*

Haberling 2013

# Volkswagen XL1 Super Efficient Vehicle

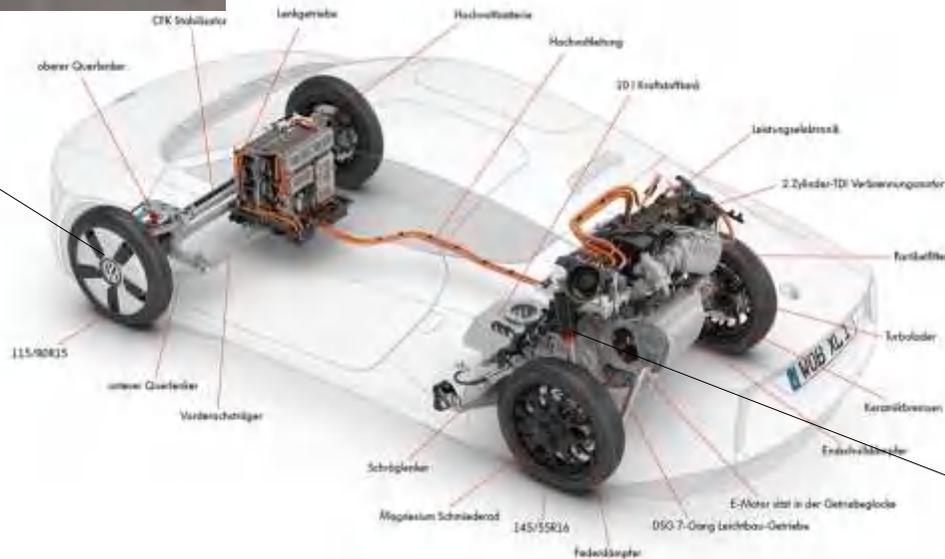


- Weight: 795 kg, 2 seats,
- Fuel consumption of 0.9 l/100 km (approx. 261 mpg US), CO2 emissions 21 g / km
- Two-cylinder 0.8-liter diesel TDI engine (35kW/47hp), E-motor (20 kW / 27 hp), 7-speed dual clutch gearbox (DSG) and 5.5 kWh lithium-ion battery pack
- Range up to 499 km with a full tank of gas
- Distance of up to 50 km (31 miles) in all-electric mode
- Was presented at the 2013 Geneva Motor Show

Forged Mg wheels



Mg steering parts



Mg gearbox housing

[jalopnik.com/this-is-volkswagens-crazy-awesome-261-mpg-car-328215660](http://jalopnik.com/this-is-volkswagens-crazy-awesome-261-mpg-car-328215660)

<http://www.greencarcongress.com/2013/02/xl1-20130221.html>

# MagIC – Magnesium Innovation Centre



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**