

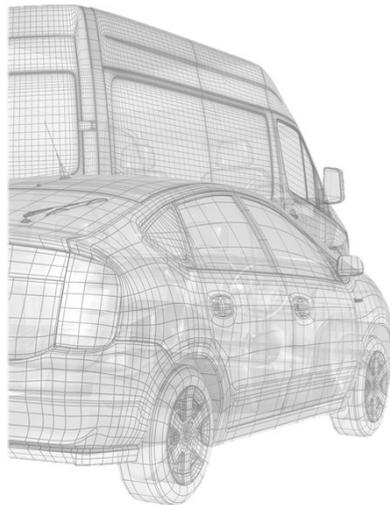
Die Initiative Massiver Leichtbau Zwei Branchen, ein Ziel



massiverLEICHTBAU

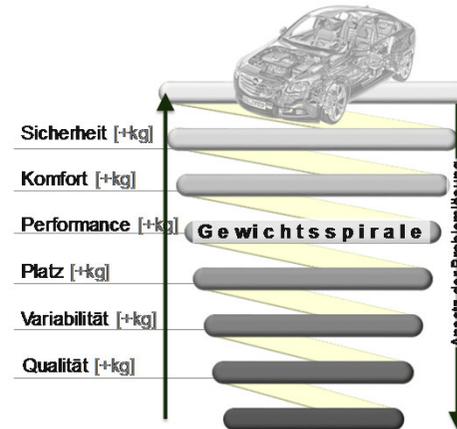
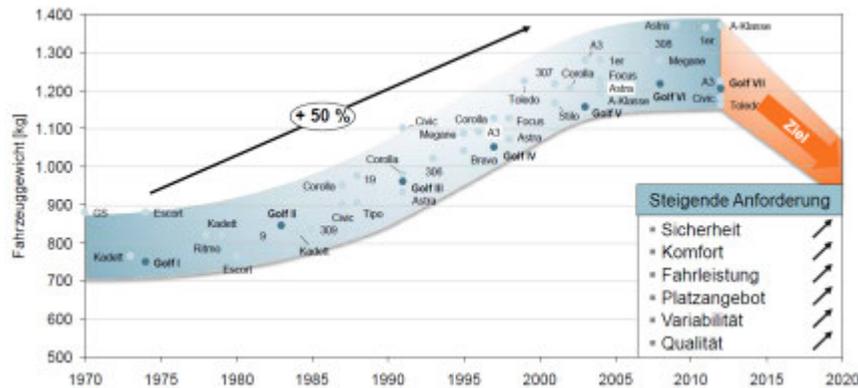
Automobiler Leichtbau durch Massivumformung

Dr. Udo Zitz, Hammerwerk Fridingen GmbH



Die Initiative Massiver Leichtbau

Motivation

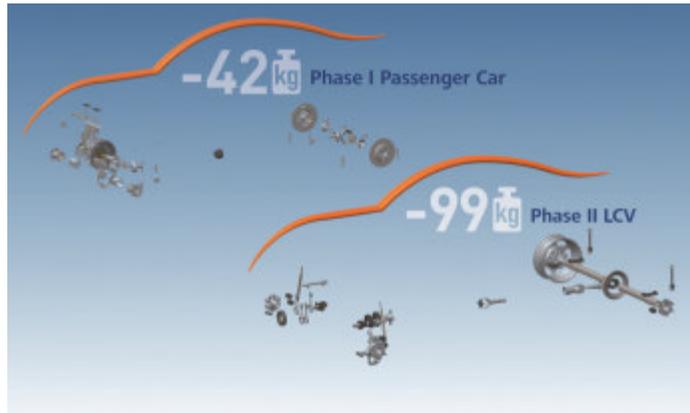


Leichtbau zur Umkehrung der Gewichtsspirale

- Fahrzeuge wurden immer schwerer durch gestiegene Sicherheit, Komfort, Fahrleistung, Platz, Variabilität, Qualität
- Emissionen müssen sinken
- Automobiler Leichtbau bisher auf die Karosserie konzentriert, schwerste Baugruppen **Fahrwerk, Motor** und **Getriebe** ohne vergleichbare koordinierte Leichtbau-Anstrengungen wie bei der Karosserie in der Vergangenheit
- Zusammenhängende Betrachtung des Innovationspotenzials neuer Werkstoffe, neuer Fertigungsmethoden und moderner Auslegungsrichtlinien fehlt

Die Initiative Massiver Leichtbau

Phasen I und II, 2013-2016

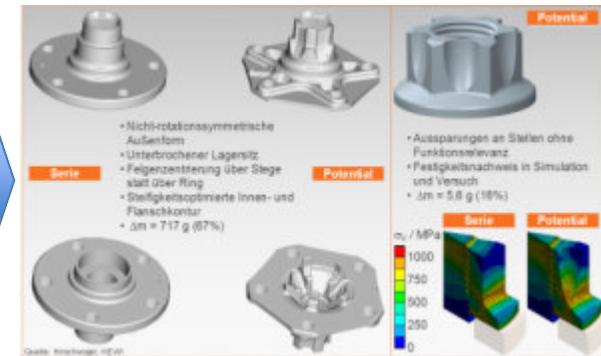
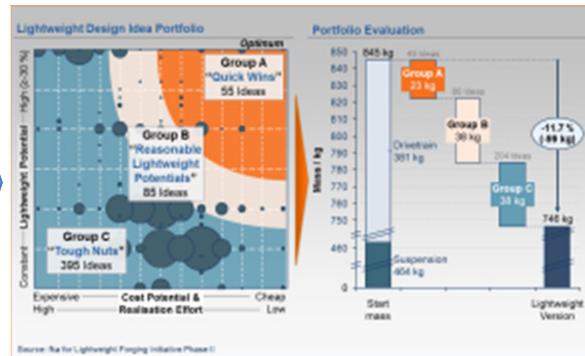


Phase I (2013): PKW (Mittelklasse)

- 15 Schmieden
- 9 Stahlhersteller
- 42 kg Leichtbaupotential

Phase II (2015): Leichter Transporter

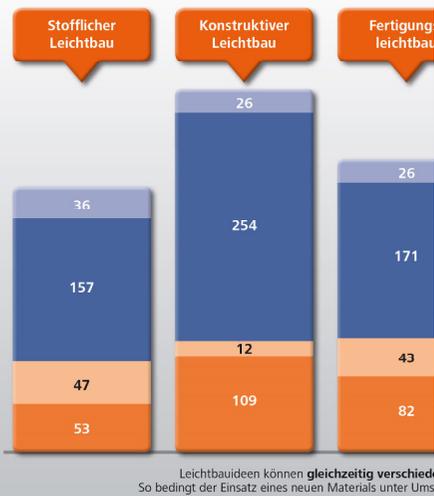
- 17 Schmieden / 1 Entw.-Dienstleister
- 10 Stahlhersteller
- 99 kg Leichtbaupotential
- stärkere Werkstoffokussierung



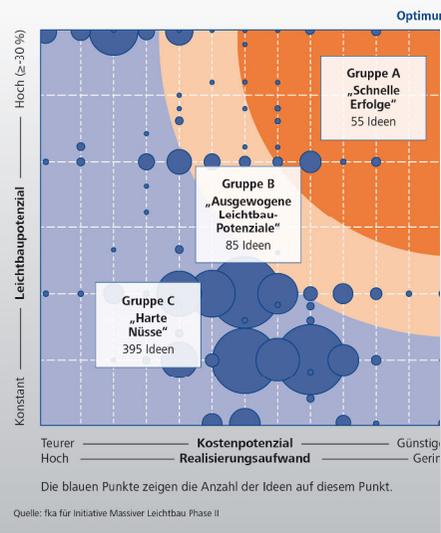
Die Initiative Massiver Leichtbau

Ergebnisse der Phase II

Auswertung der 535 Leichtbauiden

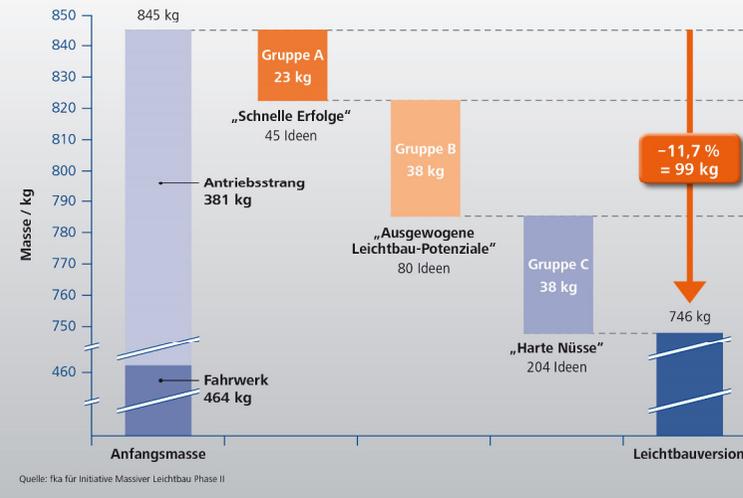


Portfolio der Leichtbauiden



Portfolio-Auswertung ...

... nach Leichtbaupotenzial, Kosten und Umsetzungsaufwand



detaillierte Ergebnisse auf www.massiverleichtbau.de

Die Initiative Massiver Leichtbau

Leichtbaubeispiele aus der Phase II

Ausgewählte Leichtbaupotenziale

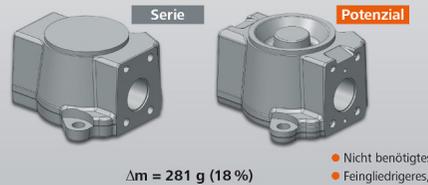
Leichtbau Motor

Die Prozentzahl bei den Beispielen

Pleuelstange



Gehäuse Dieselpumpe



Quellen (von links oben im Uhrzeigersinn): Schmiedetechnik Plettenberg, GMH, Saarstahl, sachts engineering

Ausgewählte Leichtbaupotenziale

Leichtbau Getriebe

Abtriebsflansch



Gangrad

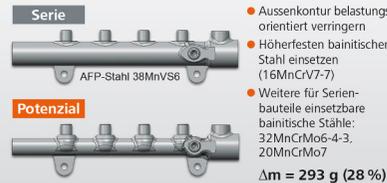


Quellen: Hammerwerk, Fridingen, Fels Group, Stahlwerk Annahütte, Hirschvogel Automotive Group, GMH

Ausgewählte Leichtbaupotenziale

Leichtbau Motor und Getriebe

Common-Rail-Leiste



Zahnrad Antrieb Vorgelegewelle



Quellen: Hirschvogel Automotive Group, GMH, Saarstahl, EZM, Linamar Seissenschmidt (LSF), SONA BLW Group

Gangrad der Abtriebswelle



Gangrad der Vorgelegewelle



detaillierte Ergebnisse auf www.massiverleichtbau.de

Die Initiative Massiver Leichtbau

Ein Beispiel mit überraschendem Ergebnis

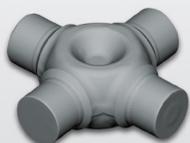
Leichtbau weiterer Antriebsstrang

Kreuzgelenksterne

Serie

Potenzial 1

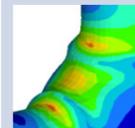
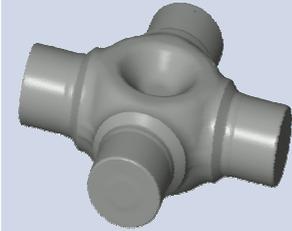
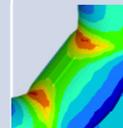
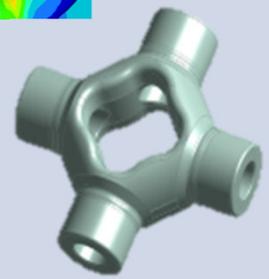
- Radial gebohrte Bolzenlöcher
- Mittiges Loch
- $\Delta m = 88 \text{ g (15\%)}$




Potenzial 2

- Mittiges Loch
- $\Delta m = 55 \text{ g (9\%)}$



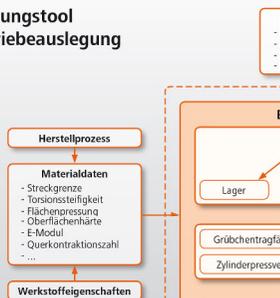

	Original	Stark optimiert
Gewicht	669 g	432 g
Gewichtsreduktion		- 237 g (-35 %)
Max. Verschiebung	0,131 mm	0,176 mm (+34%)
Max. Vergleichsspg. (Mittelber./Überg.)	450 MPa 560 MPa	390 MPa (-13%) 580 MPa (+4%)
Annahmen: • Max. Drehmoment: 3000 Nm	 	 

Die Initiative Massiver Leichtbau

Getrieberechnung aus Phase I & II

Höherfester Stahl für leichtere Getriebe

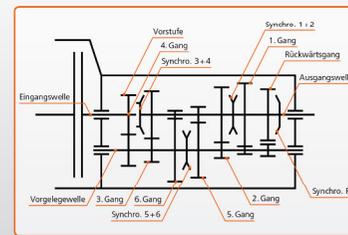
Berechnungstool zur Getriebeauslegung



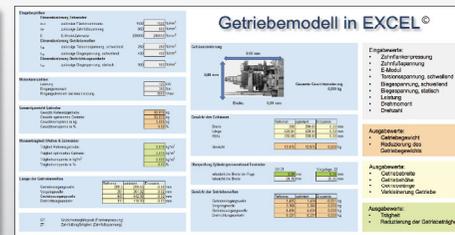
- Aufbau eines Modells zur überschlüssigen Auslegung
- Modell erstellt und abgeglichen für:
 - 6-Gang-Handschalte Leichtes Nutzfahrzeug
 - 6-Gang-Doppelkupplungsgetriebe (DKG)
- Bewertung der Einflussgrößen der mechanischen Auslegung
- Betrachtung der realen Einflüsse höherfester Werkstoffe
- Bewertung der „weichen Faktoren“ aus Getriebeherstellung

Höherfester Stahl für leichtere Getriebe

Leichtbau-Getriebe durch alternative Werkstoffe



Zu berechnende Getriebekomponenten mit dem im Pkw eingesetzten Werkstoff **20NiMoCr6-5**



Aufbau eines Modells zur überschlüssigen Auslegung / Gewichtsberechnung von Getrieben

▶ Werden die Werkstoffkennwerte des **20NiMoCr6-5** in das Getriebemodell des LNFz eingesetzt, so ergibt sich ein Gewichtseinsparungspotenzial von **2,45 kg**

▶ Zusätzliche Kosten für höherlegierten Stahl führen zu **weniger als 1 € pro kg Gewichtseinsparung**

▶ Das Modell zeigt zudem: Weitere Steigerung der Festigkeit der Getriebebestände könnte zu weiteren Gewichtseinsparungen führen

Quellen: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), IPEK-Institut für Produktentwicklung

- Dimensionierung der Zahnräder nach DIN 3990 (und DIN 7190)
- Dimensionierung der Wellen nach DIN 743

- Werkstoff aus dem PKW-Getriebe eingesetzt in das NKW-Getriebe => **2,45 kg Gewichtsreduktion**
- Werkstoff mit max. DIN-Werten => **ca. 2,5kg zus. Reduktion**

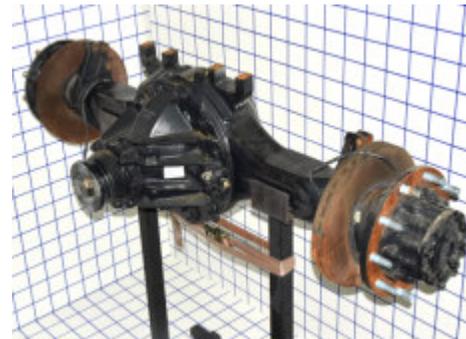
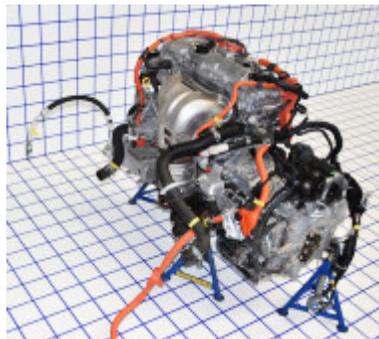
!!! nur durch Werkstoffsubstitution, Getriebeübersetzung, Sicherheitsfaktoren zur Dimensionierung und die Anordnung der Komponenten ist unverändert. !!!

=> **Notwendigkeit für höher belastbare Getriebewerkstoffe**

detaillierte Ergebnisse auf www.massiverleichtbau.de

Die Initiative Massiver Leichtbau

Phase III seit 2017, Ende Juli 2018

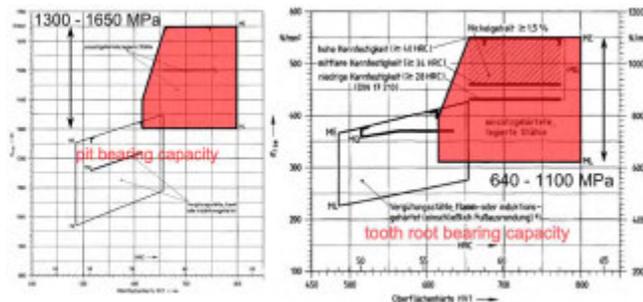


Phase III (2017-2018):
 PKW (Hybrid)
 LKW (12-Gang-Getriebe)
 LKW (Hinterachse)
 39 internationale
 Projektpartner



Phase III:
 - ?? kg Hybrid
 - ?? kg LKW

Parametervariation nach DIN 3990 Diagramm & Wellen-Dimensionierung nach DIN 743



Auslegung mit max. DIN-Werten:

- Potential Hybrid-Getriebe
 => **bis 4 kg Gewichtsreduktion**
 und 28% Trägheitsreduktion
 - Potential LKW-Getriebe
 => **bis 19,5 kg Gewichtsreduktion**
 und 24% Trägheitsreduktion
- => **Notwendigkeit für höher belastbare Getriebewerkstoffe**

detaillierte Ergebnisse *dann auch* auf
www.massiverleichtbau.de

Forschungsverbund für den Leichtbau mit Massivumformung staatlich gefördert im Rahmen der „Leittechnologien für KMU“



Massiver Leichtbau - Innovationsnetzwerk für Technologiefortschritt in Bauteil-, Prozess- und Werkstoff-Design für massivumgeformte Bauteile der Automobiltechnik

- 60 Partner der Industrie
- 10 Forschungsinstitute aus 5 Bundesländern
- 6 Teilprojekte
- 4 Forschungsvereinigungen
- 1 Ziel Leichtbau

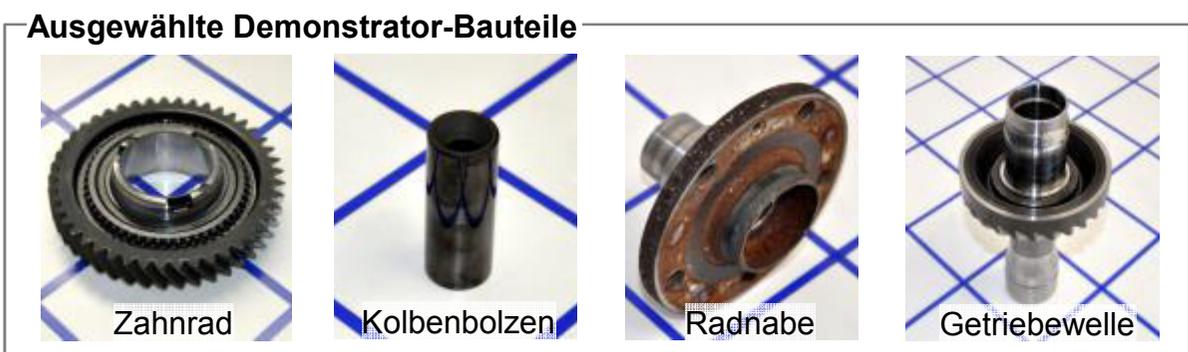
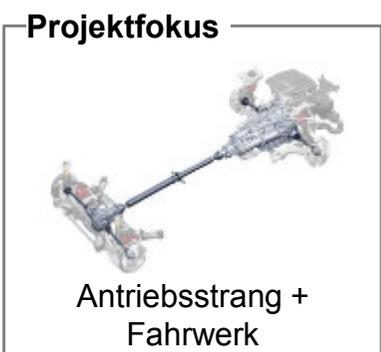


Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektstruktur ausgewählte Demonstrator Bauteile



TP- Arbeitstitel	Zahnkranz / Nabe	Kolbenbolzen	Radnabe	Getriebewelle
TP 1 Leichtbaustähle mit höherer Beanspruchbarkeit	+ / +	+		+
TP 2 Leichtbau durch Mehrkomponentenverfahren	+ / +			
TP 3 Lokale Bauteileigenschaft durch Umformung und Zerspanung	/ +	+	+	
TP 4 Technologieerweiterung Massivumformung	+ /	+	+	+
TP 5 Potenziale u. Innovationshemmnisse	Gesamtfahrzeug-Betrachtung (Antriebsstrang + Fahrwerk)			
TP 6 Verbundschmieden			+	

TP 1: Leichtbaustähle höherer Beanspruchbarkeit

Zielsetzung und Lösungswege

Zielsetzungen:

- A: Ermittlung aktueller Leistungsgrenzen durch High Performance-Stahl
- B: Entwicklung von Stählen für das Carbonitrieren
- C: Optimierung von Wärmebehandlungs- und Beschichtungsprozessen
- D: Werkstoffoptimierung für Anwendungen in der Kaltmassivumformung

Lösungswege:

	Werkstoff	Wärmebehandlung	Tragfähigkeitsuntersuchungen, Ableitung von Festigkeitskennwerten
A: Benchmark	 hochlegierter Einsatzstahl 13MoCrNi42-16-14	 Einsatzhärten + Plasmanitrieren	 Experimentelle Untersuchungen zur Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit am Bauteil Zahnrad
B: Alternative Wärmebehandlung konventioneller Stähle	Vergütungsstahl	 Borieren + Induktionshärten	
C: Neue Stähle mit optimierter Wärmebehandlung	 Carbonitrierstahl	 Carbonitrieren	
D: Prozessgerechte Stähle für die Kaltmassivumformung	 Mittel-Mn-Stahl		

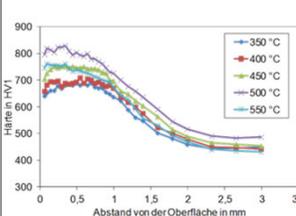
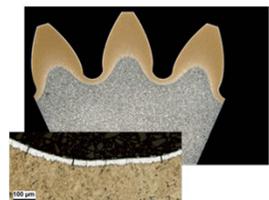
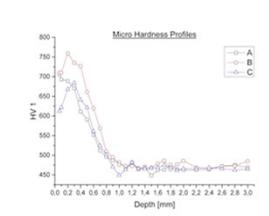
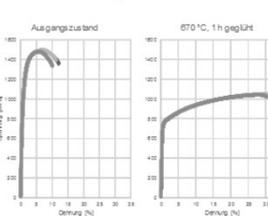
TP 1: Leichtbaustähle höherer Beanspruchbarkeit

Zielsetzung und Lösungswege

Zielsetzungen:

- A: Ermittlung aktueller Leistungsgrenzen durch High Performance-Stahl
- B: Entwicklung von Stählen für das Carbonitrieren
- C: Optimierung von Wärmebehandlungs- und Beschichtungsprozessen
- D: Werkstoffoptimierung für Anwendungen in der Kaltmassivumformung

Lösungen:

<p>A: Benchmark</p>  <p>Werkstoff: M50NiL (13MoCrNi42-16-14)</p> <p>Wärmebehandlung: Einsatzhärten (Direkthärten)</p> <p>Zeit-Temperatur-Folge:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niederdruckaufkohlen: 1.050 °C • Gasabschrecken: N₂, 10 bar • Tiefkühlen: flüssiger Stickstoff • Anlassen (x °C → RT → x °C → RT) <p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Wärmebehandlungsparameter für Referenz 	<p>B: Borieren&Induktionshärten</p>  <p>Wärmebehandlung: Borieren + Ind. Randschichthärten</p> <p>Bauteil: Ritzel, m = 2, ohne Flansch boriiert</p> <p>Werkstoff: C56E2 +F/P</p> <p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • heller Saum: Boridschicht (Fe₂B) • Verzahnung: randschichtgehärtet • Kern: Zustand nach Borieren 	<p>C: Neuer Carbonitrierstahl</p>  <p>Werkstoff: Versuchsschmelze 18CrNiMoVNb7-6</p> <p>Anlage: Haubenofen SOLO</p> <p>Wärmebehandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gascarbonitrieren: • Stickstoff-Methanol + Ammoniak • Abschrecken: Öl • Anlassen: Luft <p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss auf die Plateauhärte • Kein Effekt auf die Kernhärte 	<p>D: Mittelmanganstahl</p>  <p>Werkstoff: X20MnSiAlMoB5-1-1</p> <p>Wärmebehandlung: interkritisch geglüht im α-γ-Zweiphasengebiet</p> <p>Ergebnis: Parameter wie Fließgrenze und Zugfestigkeit lassen sich über Zeit und Temperatur kontrolliert einstellen</p>
---	---	---	---

TP 2: Leichtbau durch Mehrkomponentenverfahren

Innovationsansatz

Ausgangssituation

Zahnradkörper aus Vollmaterial (Referenz)



Werkstoffauswahl vom Zahnrad entsprechend der Belastung der Zähne

Innovationsansatz: Mehrkomponentenverfahren



Schrägverzahnt
18CrNiMo7-6
zerspannt
einsatzgehärtet



Geradverzahnt
18CrNiMo7-6/
Carbonitrierstahl
geschmiedet
carbonitriert

Massivumformung – 1 Fertigungsschritt
Fügen durch Umformen IFU

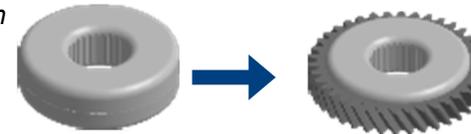


Blechumformung – 2 Fertigungsschritte

Schneiden und
Pakettieren



Tiefziehen



Thermisch
Fügen

Tragfähigkeit
Statisch und
Dynamisch



Bewertung
Leichtbaupotential



TP 2: Leichtbau durch Mehrkomponentenverfahren Innovationsansatz

Ausgangssituation

Zahnradkörper aus Vollmaterial



Werkstoffauswahl vom Zahnrad entsprechend der Belastung der Zähne

Innovationsansatz: Mehrkomponentenverfahren



aus TP 1

Massivumformung

Steel wheel body



Aluminium wheel body



Multi-component gear



Blechumformung



Prüfung - FZG

Statisch und Dynamisch

overload test



dynamic test



stat. deformation Test



TP 3: Lokale Bauteileigenschaften

Zielsetzung

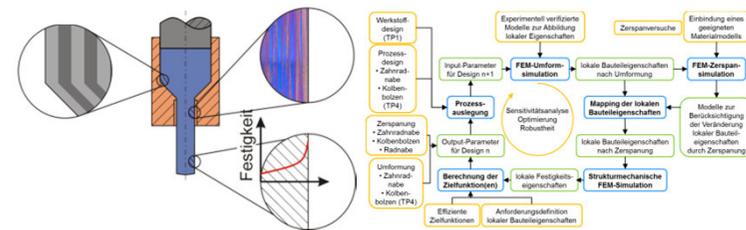
Motivation

Fokussierung auf die methodische Vorgehensweise zur Verbesserung der lokalen und globalen Anforderungen kaltfließgepresster Bauteile mit nachfolgender Zerspanung

Zielsetzung

- Definition und gezielte Einstellung lokaler Eigenschaften der Demonstratorbauteile mit optimierten Prozessketten
- Optimierte Betrachtung von Werkstoff /Umformung/ Zerspanung/Betrieb
- Fokussierung auf das methodische Vorgehen, weniger auf das Einzelteil/ auf den einzelnen Prozess

Betrachtung und Optimierung der lokalen Bauteileigenschaften innerhalb der Prozesskette



Kostenneutrales Leichtbaupotential

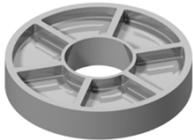


TP 3: Lokale Bauteileigenschaften

Lösungsweg

Prozessroute Optimierung Zahnradnabe

Optimierte Prozessführung für die Zahnradnabe



Kaltfließpressen



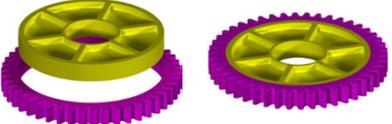
Zahnkranz aus neu entwickeltem Werkstoff



Schmieden

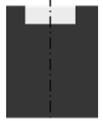


Zusammenführen des Zahnkranzes (IFUM) und des Zahnradkörpers (IFU)



Fügen aus der Ofenwärme

Prozessroute Optimierung Kolbenbolzen



Setzen



Napf-Rückwärts-Fließpressen



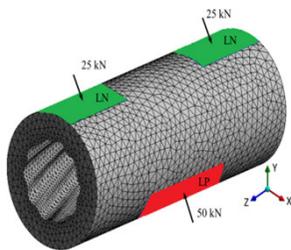
Abstreck-gleitziehen



Lochen



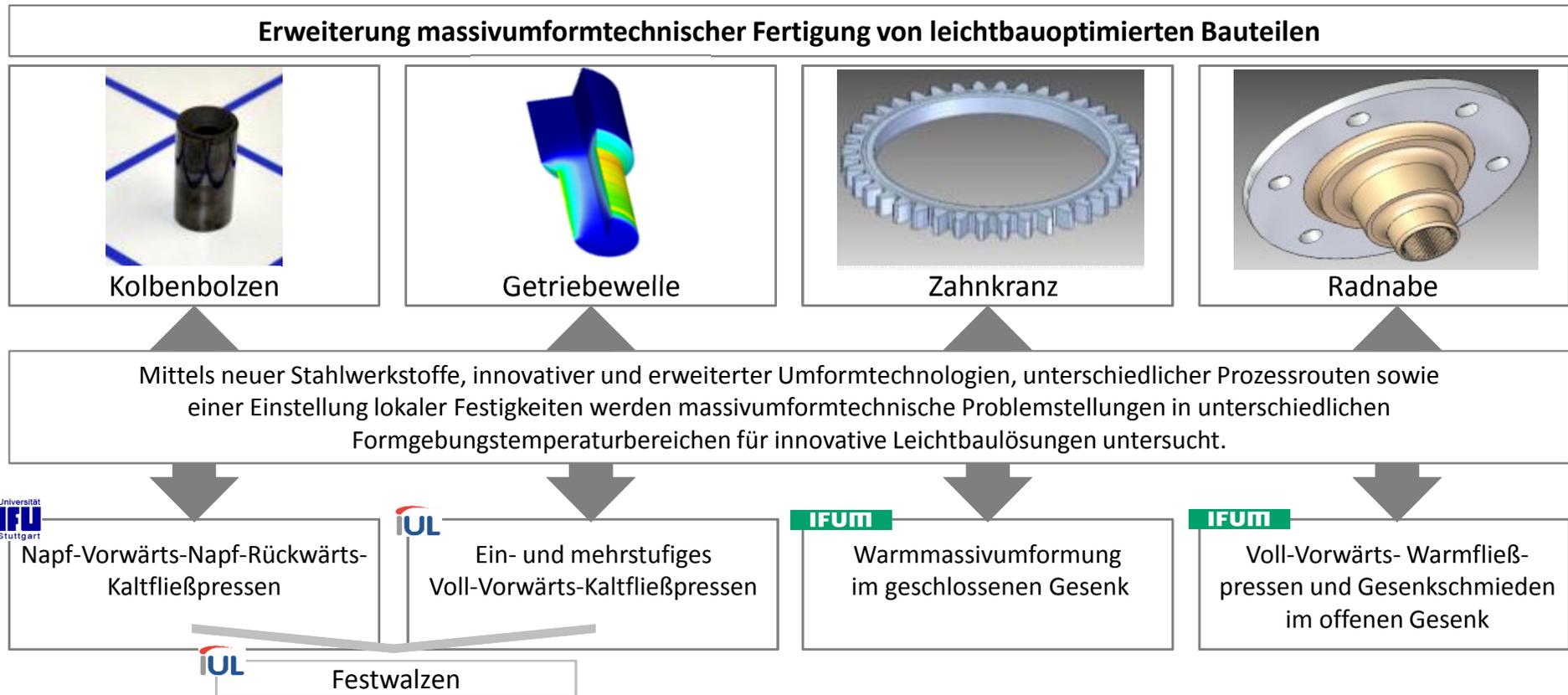
Festwalzen



Strukturmechanische FEM-Simulation

TP 4/6: Technologieerweiterung Massivumformung

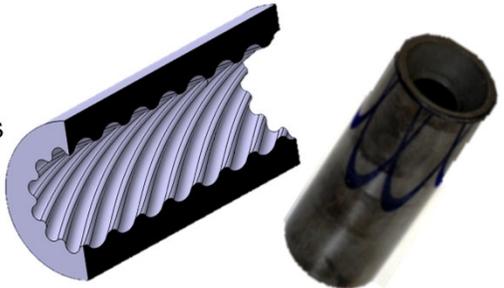
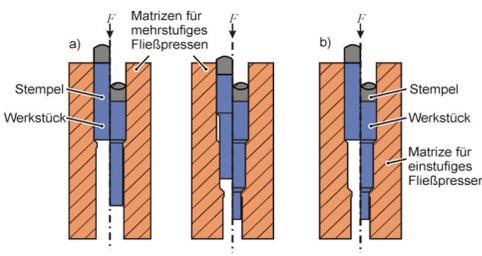
Zielsetzung und Leichtbaupotenzial



TP 4/6: Technologieerweiterung Massivumformung

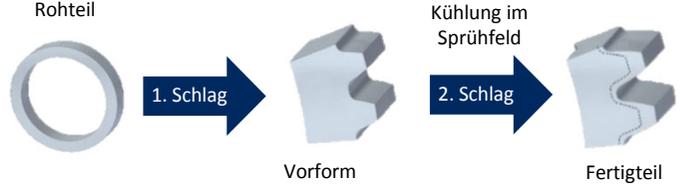
Lösungsweg

Herstellung eines dünnwandigen Kolbenbolzens mittels Kaltfließpressen

Entwicklung und Umsetzung alternativer Prozessführungsstrategien für die Umformung von Getriebewellen

Rohteil



1. Schlag

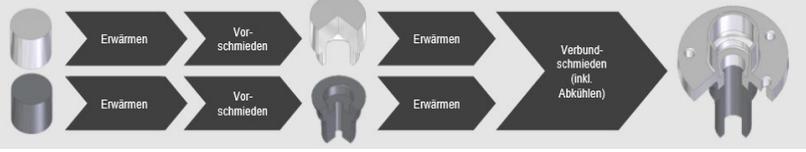
Vorform

Kühlung im Sprühfeld

2. Schlag

Fertigteil

Untersuchungen zum Präzisionsschmieden eines Zahnkranzes



Erwärmen

Vor-schmieden

Erwärmen

Verbund-schmieden (inkl. Abkühlen)

Untersuchungen zum Verbundschmieden unterschiedlicher artfremder und artgleicher Materialkombinationen

TP 5: Technologietransfer und Innovationshemmnisse

Zielsetzung

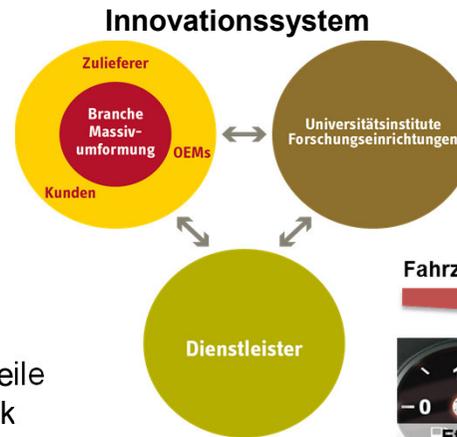
 1. Funktionsweise und Organisation des sektoralen Innovationssystems

 2. Innovationshemmnisse für Leichtbau

 3. Ermittlung primär gewichtsreduzierter Bauteile auf den Energieverbrauch und Fahrdynamik

 4. Quantifizierung des sekundären Gewichtseinsparpotenzials

 5. Energetische, ökologische und wirtschaftliche Produkt- und Prozessbewertung



Fahrzeugtechnische Bewertung der Leichtbauergebnisse



massiverLEICHTBAU

Automobiler Leichtbau durch Massivumformung

Dr. Udo Zitz, Hammerwerk Fridingen GmbH

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

