



Stahlinstitut
VDEh

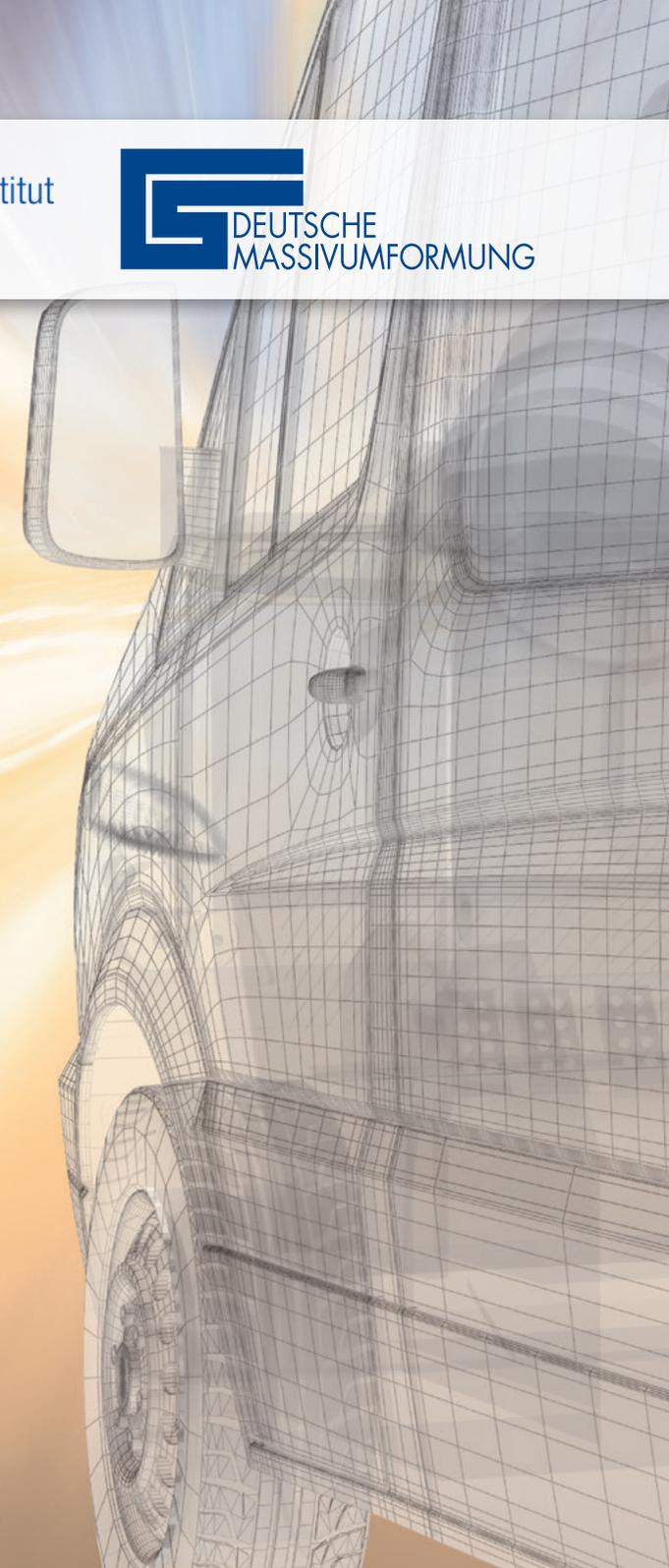


massiver LEICHTBAU

www.massiverLEICHTBAU.de

Phase II Leichtes Nutzfahrzeug (LNfz)

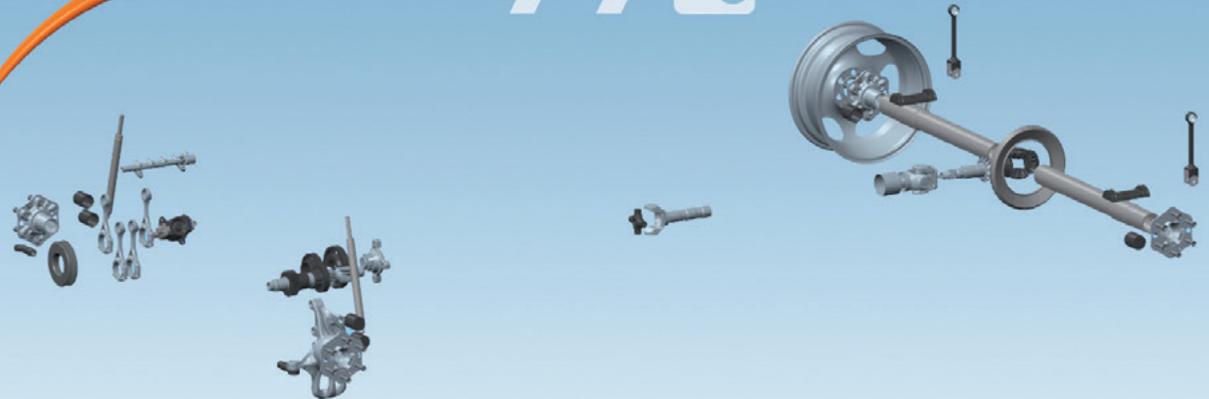
2015 – 2016



-42 kg Phase I Pkw



-99 kg Phase II LNfz



... im Antriebsstrang und Fahrwerk

Ausgewählte Leichtbauprojekte im Automobil ...

Projekt		Jahr	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Konsortium		
Allgemeine Automobilindustrie	 SuperLIGHT-Car (SLC) – Sustainable Production Technologies for CO ₂ Emission Reduced Light Weight Concepts																					EUCAR	
	 InCar – Innovative Car																						TKSE
	 Lotus LDV – An Assessment of Mass Reduction Opportunities for a 2017 – 2020 Model Year Vehicle Program																						Lotus Engineering
	 FutureSteelVehicle																						WorldAutoSteel
	 LDV Mass Reduction – Light-Duty Vehicle Mass Reduction and Cost Analysis – Midsize Crossover Utility Vehicle																						FEV / EDAG
	 EDAG - LDV – Mass Reduction for Light-Duty Vehicles for Model Years 2017 – 2025																						EDAG
	 CULT – Cars' Ultralight Technologies																						Magna
	 E-LIGHT – Advanced Structural Light-Weight Architectures for Electric Vehicles																						Fundación Cidaut
	 InCar plus – Innovative Car																						TKSE
	 Alive – Advanced High Volume Affordable Light-weighting for Future Electric Vehicles																						Volkswagen
	 Initiative Massiver Leichtbau Leichtbaupotenziale im Antrieb und Fahrwerk bei Pkw und Leichten Nutzfahrzeugen																						IMU / VDEh / FOSTA
LNfz	 UnicellTruck – Lieferfahrzeug mit CFK-Aufbau																					Unicell	
	 IE DELIVERY VAN – Lightweight Ultra Low Emissions Delivery Van																					Intelligent Energy	
	 Leithyb – Leichtbau-Hybridstruktur für das Chassis von Reisemobilen																						HS Landshut

► Nur sehr wenige öffentliche Projekte für Leichtbau an Komponenten im Leichten Nutzfahrzeug (LNfz)



**Initiative
Massiver Leichtbau**
Massivumformung und Stahlindustrie

**Industrielle
Leichtbau-
Potenzialstudie
mit 24 Partnern**

**Phase I
Pkw
2013 – 2014**

**Industrielle
Leichtbau-
Potenzialstudie
mit 28 Partnern**

**Phase II
LNfz
2015 – 2016**

**Forschungs-
verbund
„Massiver
Leichtbau“**

2015 – 2018

- **Phase I (2013 – 2014) – Mittelklasse-Pkw**
 - 15 Umformunternehmen
 - 9 Stahlhersteller
 - 42 kg Leichtbaupotenzial durch Einsatz und Optimierung von massivumgeformten Komponenten
- **Phase II (2015 – 2016) – Leichtes Nutzfahrzeug (bis 3,5 t)**
 - 17 Umformunternehmen
 - 10 Stahlhersteller
 - 1 Ingenieurdienstleister
 - Fokus auf Bauteiloptimierung und verstärkt auf neue Werkstoffe im Antriebsstrang und Fahrwerk
- **Forschungsverbund „Massiver Leichtbau“ (Laufzeit 3 Jahre ab Mai 2015)**
 - 64 Unternehmen aus der gesamten Prozesskette, 4 Forschungsvereinigungen, 10 Forschungsstellen und 2 Hochschulen
 - Ziel: mit modernen Stahlwerkstoffen, Bauteilkonstruktionen und Fertigungsmethoden Fahrzeuge leichter machen

▶ **Deutliche Minderung des Energieverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes durch NEUE konstruktive und stoffliche Leichtbaulösungen mit massivumgeformten Komponenten**

Das Konsortium der Initiative Massiver Leichtbau

 <p>ArcelorMittal</p>	 <p>BGH</p>	 <p>Buderus Edelstahl</p>	 <p>DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE Providing special steel solutions</p>	 <p>EZM EDELSTAHLZIEHEREI MARK</p>	 <p>FELSS SHORTCUT TECHNOLOGIES</p>
 <p>FUCHS</p>	 <p>Georgsmarienhütte GmbH · seit 1856 · Edelstahl</p>	 <p>Hammer Fridingen Werk</p>	 <p>HAY GROUP</p>	 <p>HEWI</p>	 <p>Hirschvogel Automotive Group</p>
 <p>KAMAX</p>	 <p>LSW Lech-Stahlwerke</p>	 <p>LEIBER GROUP</p>	 <p>metaldyne</p>	 <p>NEUMAYER</p>	 <p>FUCHS</p>
 <p>RG Ruhrtaler Gesenkschmiede F. W. Wengeler GmbH & Co. KG</p>	 <p>saarstahl</p>	 <p>sachs engineering ... innovations included!</p>	 <p>SCHMIEDETECHNIK PLETTENBERG</p>	 <p>SCHONDELMAIER PRESSWERK</p>	 <p>LINAMAR SEISSENSCHMIDT FORGING</p>
 <p>sona Driving Tomorrow</p>	 <p>SAH Stahlwerk Annahütte</p>	 <p>SWISS STEEL Providing special steel solutions</p>	 <p>voestalpine EINEN SCHRITT VORAUSS.</p>	In Zusammenarbeit mit:	
				 <p>fka</p>	 <p>IPEK Institut für Produktentwicklung am KIT • o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers</p>

Treiber für Innovationen im Antrieb und Fahrwerk von leichten Nutzfahrzeugen



Regulierung von Emissionen

- Flottenzielwerte LNfz für 2017: 175 g CO₂/km
- Zielvorgabe ab 2020: 147 g CO₂/km



Einfahrbeschränkungen

- Ausweitungen der Umweltzonen
- Verschärfung der Einfahrbeschränkungen in Städten



Anforderungen von Kunden

- Steigende Nutzlast
- Ladevolumen
- Zuverlässigkeit



Reduzierung von Kosten

- Ökonomische Kaufentscheidungen der Kunden
- Fokus auf Total Cost of Ownership (TCO)

Haupttreiber

Sekundärtreiber

Methodische Vorgehensweise

Umfeldanalyse

- Trends und Treiber der LNfz-Branche
- Analyse der Entwicklungen im Antriebsstrang
- Übersicht der öffentlichen Forschung

Benchmarking

- Systematische Zerlegung und Erfassung eines Referenzfahrzeugs
- Aufbau eines Online-Dokumentationstools zur Dokumentation und Auswertung

Workshops

- Durchführung von moderierten Workshops zu Antriebsstrang und Fahrwerk mit Experten des Konsortiums

und zusätzlich ...

1. Bestimmung des Fahrzeuggesamtgewichts

Referenzfahrzeug:

120 kW / 163 PS

2,1 l Turbo-DI Dieselaggregat

Manuelles Getriebe, Standardantrieb (Heck)

Gesamtmasse: 2.394 kg

2. Zerlegung des Gesamtfahrzeugs



Verbrennungsmotor



Getriebe

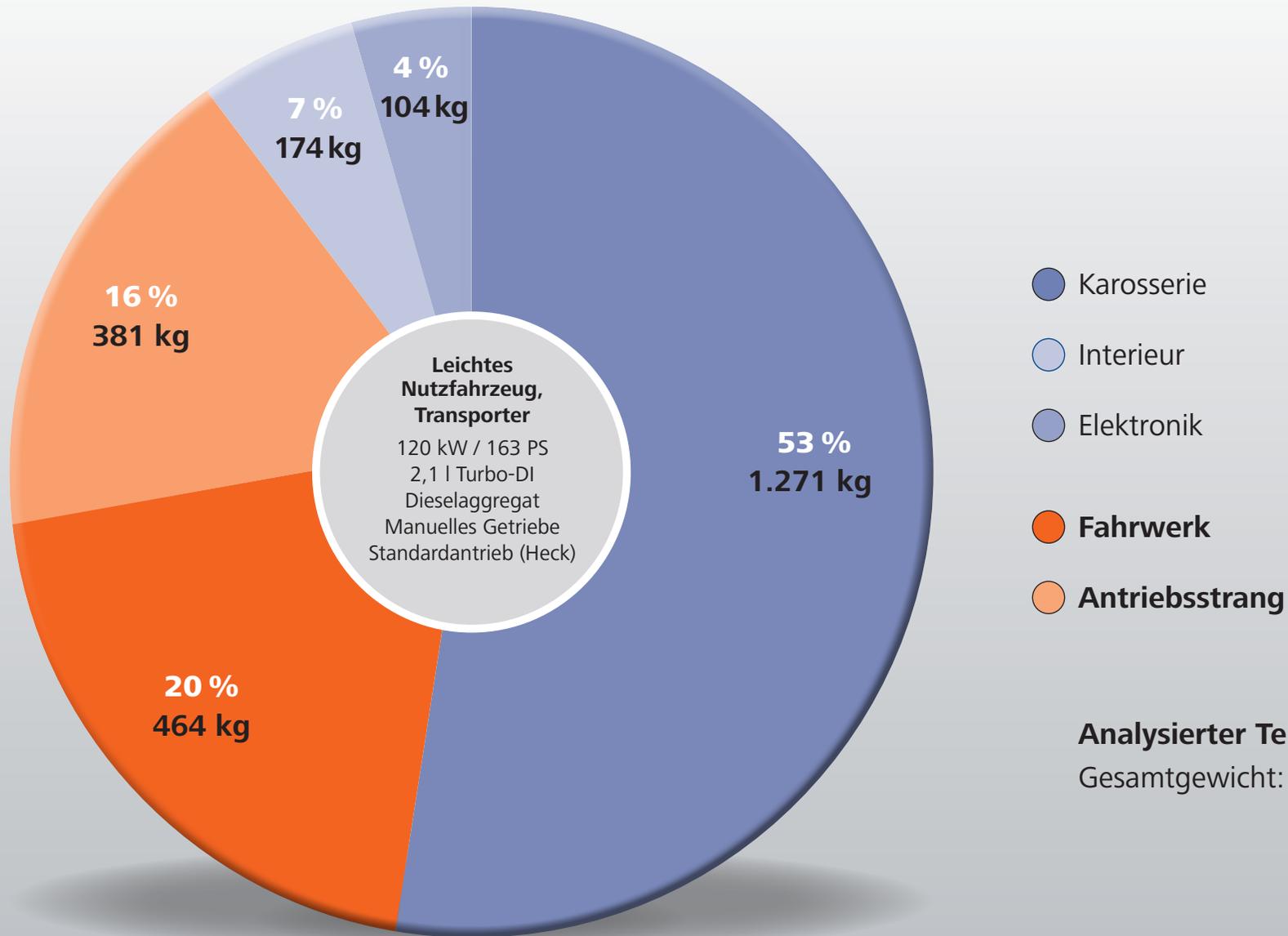


Differenzial

3. Listen und Benennung aller Einzelteile

4. Einzelteilanalyse

Bauteilcode	Bezeichnung	Gewicht [kg]	x [m]	y [m]	z [mm]	Bauteilwerkstoff
22202010112	Ölablassschraube (Typ 1) Gehäuse Differential	0,0278	16	16	40	Stahl
22202010113	Differentialträger	5,62	143	252	143	Stahl
22202010114	Kegelrollenlager 1 Differentialträger	0,1968	70	19	70	Stahl
22202010115	Lagerschale Kegelrollenlager 1 Differentialträger	0,0941	75	14	75	Stahl
22202010116	Distanzscheibe Lagerschale Kegelrollenlager 1	0,0143	75	2	75	Stahl
22202010117	Radialwellendichtung (Typ 1) Kegelrollenlager 1	0,0292	83	8	83	Stahl/Kunststoff
22202010118	Kegelrollenlager 2 Differentialträger	0,2865	84	20	84	Stahl
22202010119	Lagerschale Kegelrollenlager 2	0,1328	89	14	89	Stahl
22202010120	Distanzscheibe Lagerschale Kegelrollenlager 2	0,0213	89	2	89	Stahl
22202010121	Radialwellendichtung (Typ 1) Kegelrollenlager 2	0,0297	83	8	83	Stahl/Kunststoff



Analysierter Teil: 845 kg
Gesamtgewicht: 2.394 kg

Workshops
mit zahlreichen
**Experten aus über 30
Unternehmen
und Forschungs-
gesellschaften**

Analyse
der **Bauteile**
aus **Antriebsstrang,
Fahrwerk und Getriebe**
sowie weiteren aus-
gewählten Komponenten

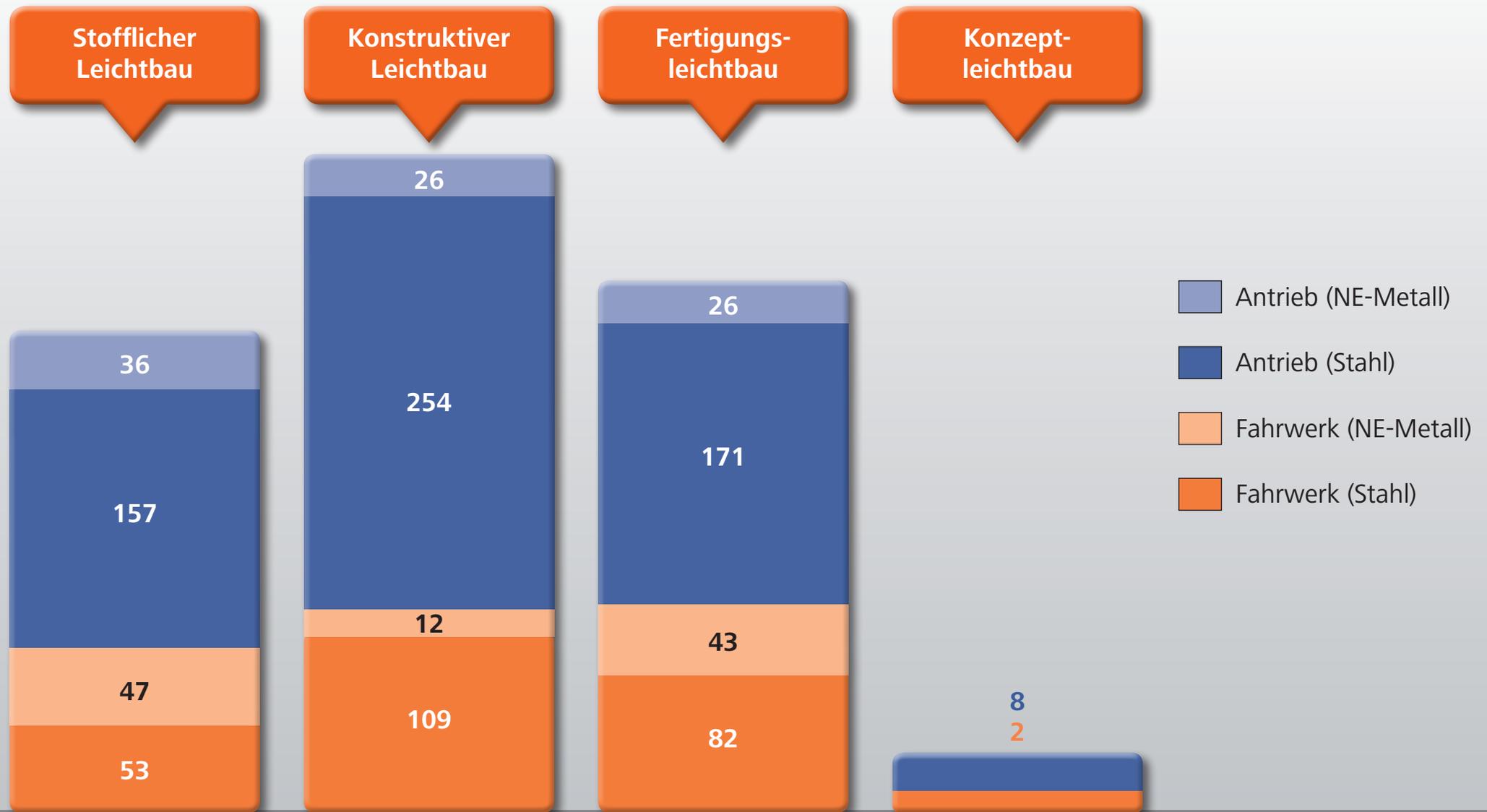
Formulierung von
535 Leichtbauideen,
die sich in verschiedene
Leichtbauarten
gliedern lassen

Hauptdokumentation
in der
**Benchmarking-
Datenbank**

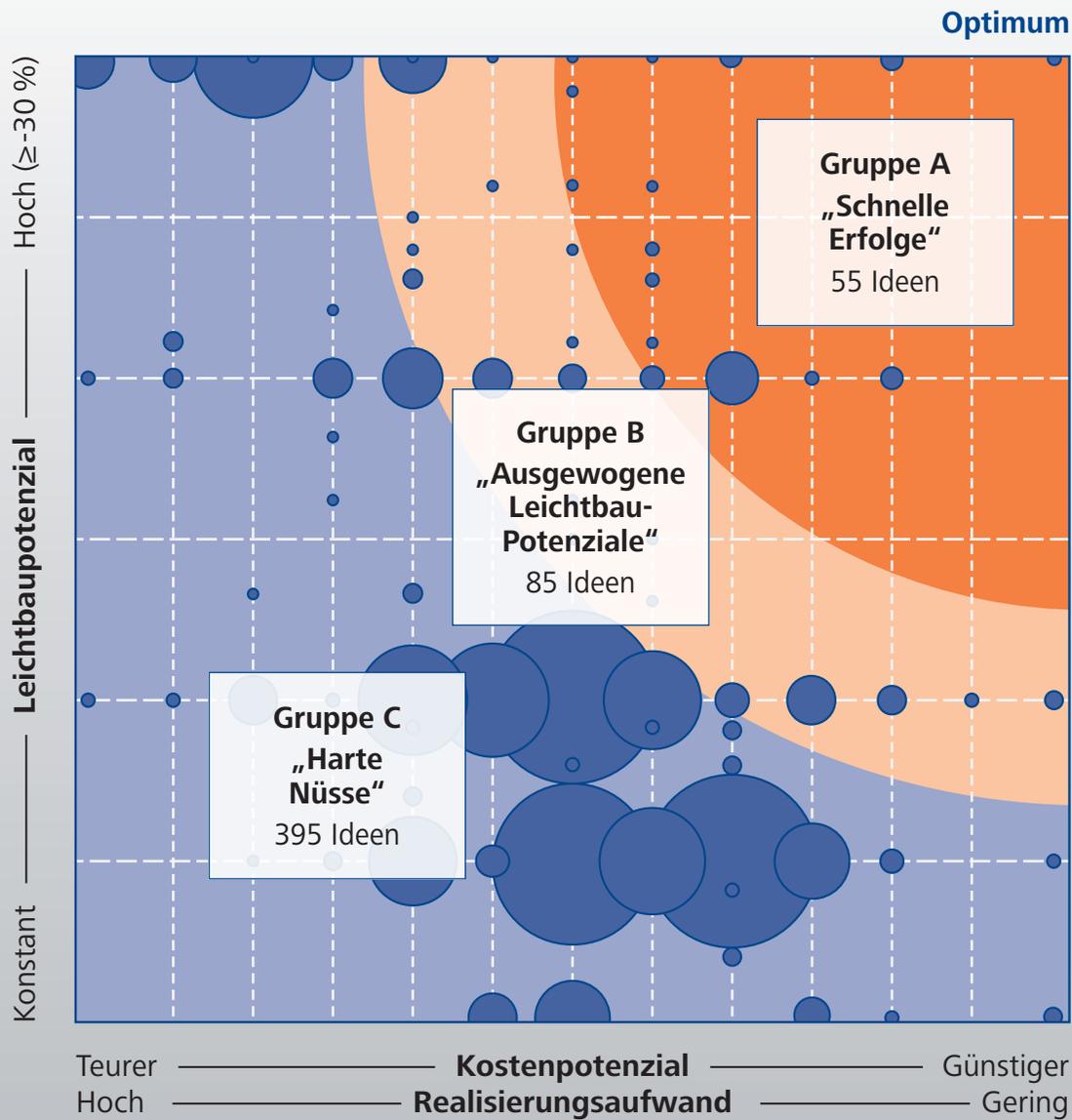
► **Insgesamt wurde ein umsetzbares Leichtbaupotenzial
von 99 kg für die betrachteten Bereiche identifiziert**



Auswertung der 535 Leichtbauideen



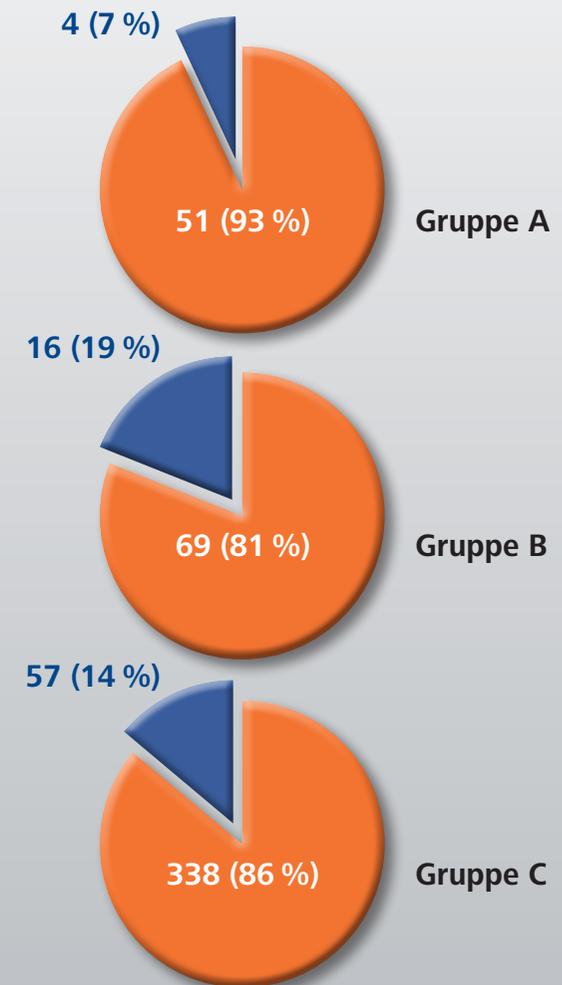
Leichtbauideen können **gleichzeitig verschiedenen** Leichtbauarten zugeordnet werden.
So bedingt der Einsatz eines neuen Materials unter Umständen auch ein adaptiertes Fertigungsverfahren.



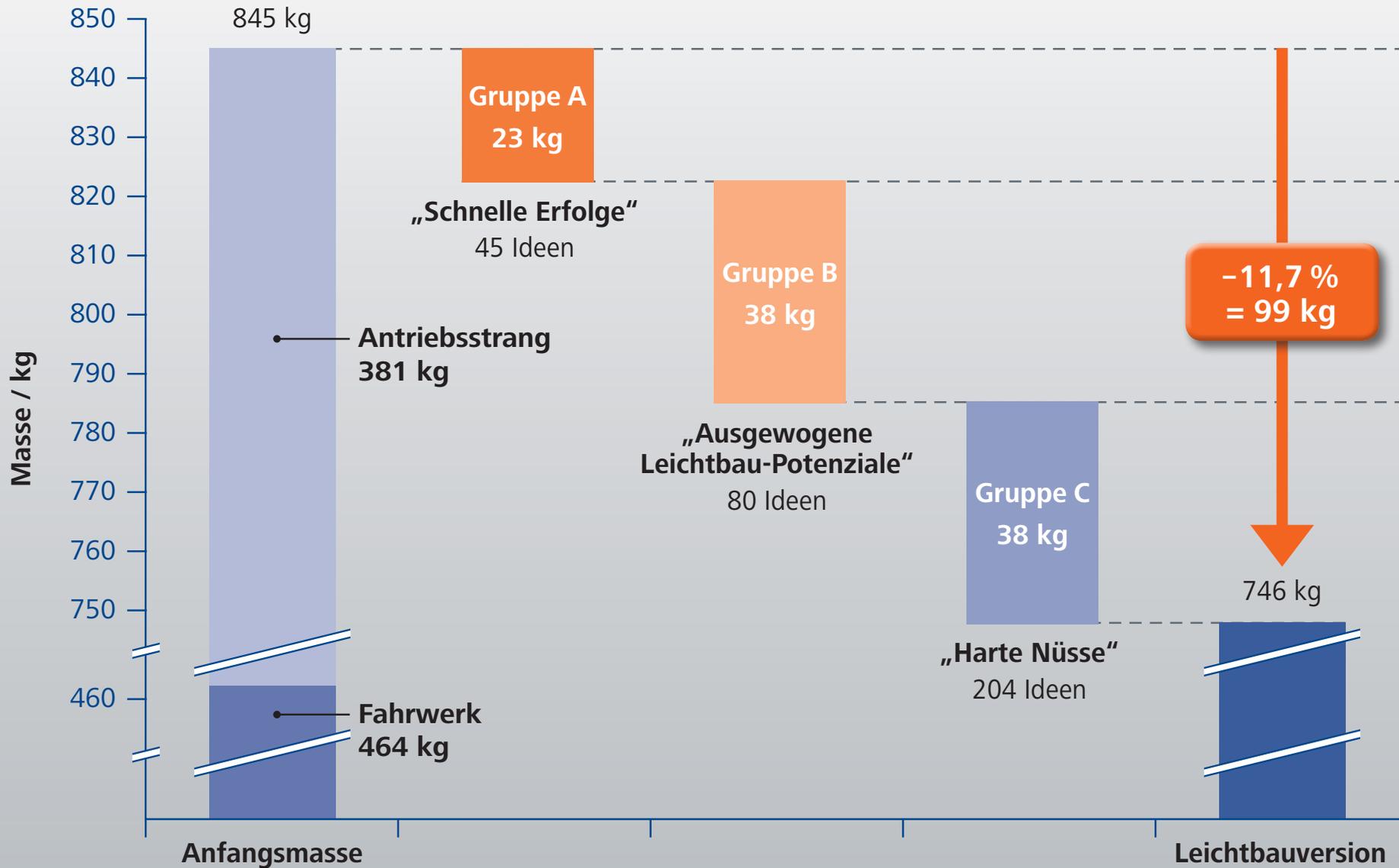
Die blauen Punkte zeigen die Anzahl der Ideen auf diesem Punkt.

Stoffliche Aufteilung der Ideen

- Leichtbau basierend auf Stahl
- Leichtbau basierend auf NE-Metall



... nach Leichtbaupotenzial, Kosten und Umsetzungsaufwand



Leichtbau Motor

Die Prozentzahl bei den Beispielen gibt an, um wieviel % schwerer das derzeitige Bauteil im Vergleich zum Leichtbauvorschlag ist.

Pleuelstange

Serie



C70S6mod

$R_{p0,2} = 650 \text{ MPa}$

$R_m = 1.000 - 1.150 \text{ MPa}$

Potenzial



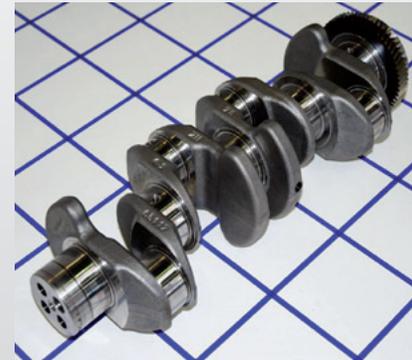
46MnVS6

$R_{p0,2} = 750 \text{ MPa}$

$R_m = 1.000 - 1.150 \text{ MPa}$

$\Delta m = 63 \text{ g (10\%)}$

Kurbelwelle

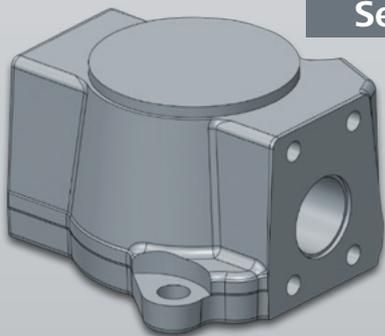


- Bainitischer Stahl (z. B. 32MnCrMo6-4-3)
- Löcher durch Pleuellager bohren
- Lastgerechte Auslegung (Biegemoment variabel über der Länge)

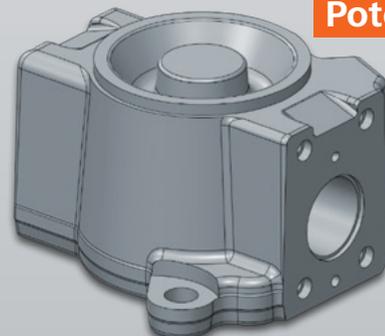
$\Delta m = 10 - 20\% \text{ (von 16,54 kg)}$

Gehäuse Dieselpumpe

Serie



Potenzial

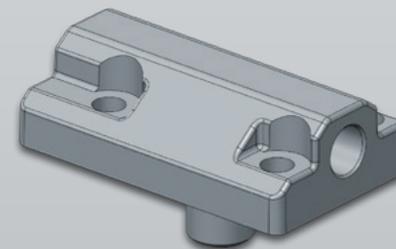


$\Delta m = 281 \text{ g (18\%)}$

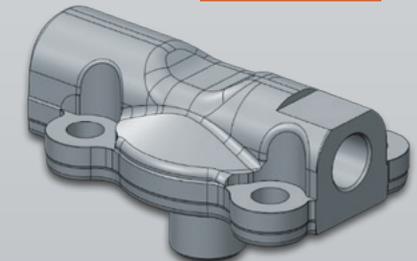
- Nicht benötigtes Material entfernen
- Feingliedrigeres, leichteres Schmiedeteil

Deckel Dieselpumpe

Serie



Potenzial



$\Delta m = 77 \text{ g (36\%)}$

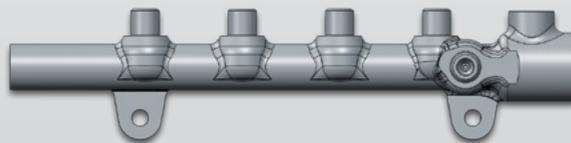
Leichtbau Motor und Getriebe

Common-Rail-Leiste

Serie



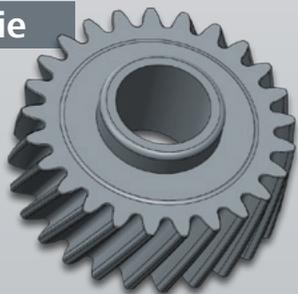
Potenzial



- Aussenkontur belastungsorientiert verringern
 - Höherfesten bainitischen Stahl einsetzen (16MnCrV7-7)
 - Weitere für Serienbauteile einsetzbare bainitische Stähle: 32MnCrMo6-4-3, 20MnCrMo7
- $\Delta m = 293 \text{ g (28 \%)}$

Zahnrad Antrieb Vorgelegewelle

Serie



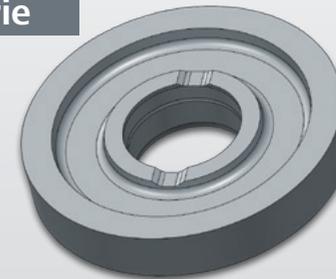
Potenzial



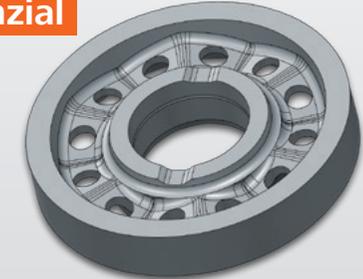
- Gewichtseinsparung durch vorderseitige Freischmiedung
- $\Delta m = 134 \text{ g (8 \%)}$

Gangrad der Abtriebswelle

Serie



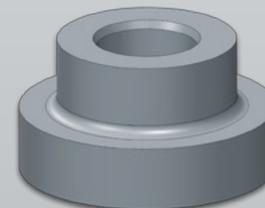
Potenzial



- Löcher auf Teilkreis einbringen
 - Steg mit Wellenprofil, dünnerer Steg
- $\Delta m = 294 \text{ g (21 \%)}$

Gangrad der Vorgelegewelle

Serie

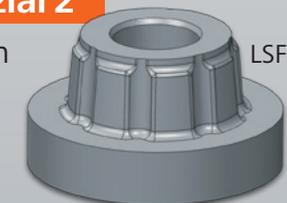


Potenzial 1



- Wandstärke am Konus reduzieren
- $\Delta m = 355 \text{ g (37 \%)}$

Potenzial 2



- Aussparungen, z. B. 10 x 2 mm tiefe Nuten
 - Stahlkranz, Innenring als Werkstoffverbund Metall
- $\Delta m = 116 \text{ g (10 \%)}$

Leichtbau Getriebe

Abtriebsflansch

Serie



Potenzial



- Geringere Wanddicken, mod. Anschraubungen, eingezogene Steckverzahnung

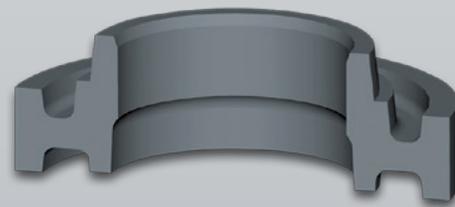
$\Delta m = 129 \text{ g (9 \%)}$

Gangrad

Serie



Potenzial

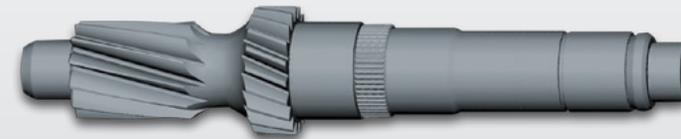


- Geringere Wanddicken und tiefere Nuten

$\Delta m = 322 \text{ g (29 \%)}$

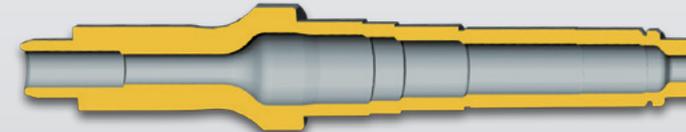
Vorgelegewelle Variante 1

Serie



Vollwelle
25MoCrS4

Potenzial

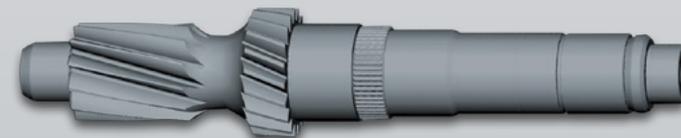


- Welle rundgeknetet aus fließgepresstem Rohling
- Einsatz von höherfestem Stahl 14NiCrMo13-4 möglich

$\Delta m = 1.533 \text{ g (57 \%)}$

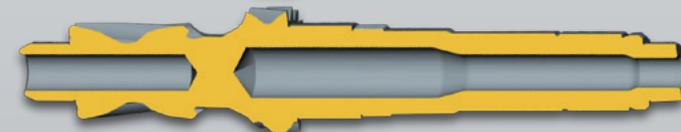
Vorgelegewelle Variante 2

Serie



25MoCrS4

Potenzial



- Hohlwelle mit innerem Hinterschnitt durch Kombination von Umformen – Bohren – Schmieden
- Höhere Belastbarkeit durch schwefelfreie Variante 25MoCr4 erzielbar

$\Delta m = 882 \text{ g (26 \%)}$

Leichtbau weiterer Antriebsstrang (Differenzial)

Differenzial

Serie



Potenzial



- 4-Bolzen- anstatt 2-Bolzen-Auslegung
→ 6 anstatt 4 Kegelräder

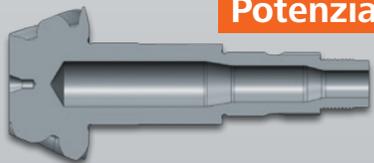
Δm Diff Räder = 194 g (14 %)
 Δm Diff Gehäuse = 642 g (11 %)

Antriebskegelrad Differentialgetriebe

Serie

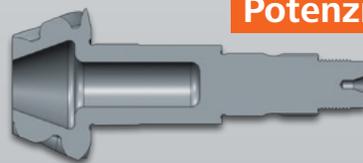


Potenzial 1



- Kaltumformen, Bohren, Hohlfließpressen
- $\Delta m = 506$ g (25 %)

Potenzial 2



- Kaltumformen, Bohren, Hohleinklappen des Kopfs
- $\Delta m = 610$ g (31 %)

Ausgleichsrad Differential

Serie



Potenzial



- Schwimmhaut entfernen
 - Ring mit einbringen
 - Löcher in Zähne einbringen
- $\Delta m = 41$ g (8 %)

Differenzial-Tellerrad

Serie



Potenzial



- Nut auf der Rückseite des Rads

$\Delta m = 317$ g (8 %)

Leichtbau weiterer Antriebsstrang (Antriebswelle)

Kreuzgelenksterne

Serie



Potenzial 1

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



Potenzial 2

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



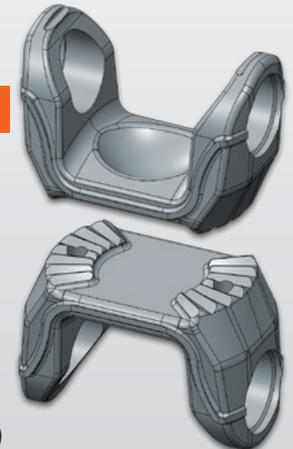
Kreuzgelenkgabel Teil 1 Kardanwelle

Serie



Potenzial

- Flanschzangen eliminieren
- Verbindung über Hirthverzahnung



$\Delta m = 244 \text{ g (29 \%)}$

Anschlussflansch Kardanwelle

Serie



Potenzial

- Nabenbereich und Flanschzangen eliminieren
- Verbindung über Hirthverzahnung oder alternativ Steckverzahnung



$\Delta m = 388 \text{ g (111 \%)}$

Kreuzgelenkgabel Teil 2 Kardanwelle

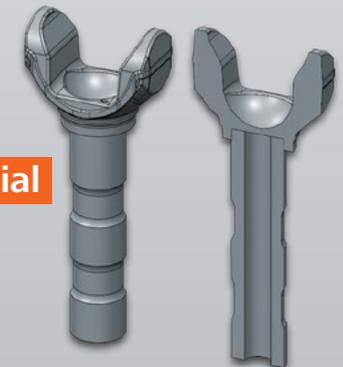
Serie



51CrV4

Potenzial

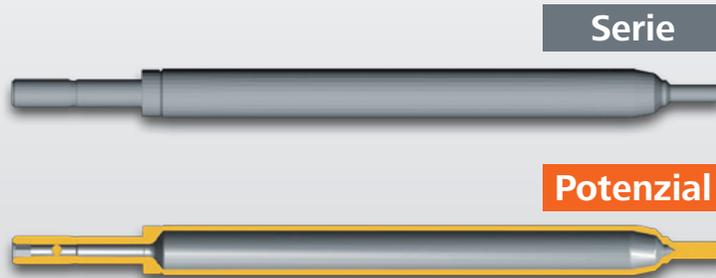
- Steckverzahnung unterbrechen
- Teil 1 und Teil 2 verschweißen
- Einsatz von höherfestem Vergütungsstahl 30CrNiMo8 möglich



$\Delta m = 564 \text{ g (36 \%)}$

Leichtbau Fahrwerk

Kolbenstange Frontdämpfer



- Hohl rundgeknetet ersetzt massives Bauteil
 $\Delta m = 867 \text{ g (124 \%)}$

Muttern (allgemein)



Serie

20MnB4
vergütet



- Neue, patentierte Geometrie
- Einsatz von bainitischem Stahl, der hohe Festigkeit ohne Vergütung erreicht
 $\Delta m = 6 \text{ g/Mutter (30 \%)}$

Schrauben (allgemein)

Serie

Potenzial



$$\begin{aligned} \Delta m &= 12 \text{ g/Schraube} \\ &\rightarrow 24 \text{ Schrauben/Fahrzeug} \\ &= 288 \text{ g/Fahrzeug} \end{aligned}$$

- Zusätzlich können Stähle mit einer höheren Festigkeitsklasse eingesetzt werden (14.9 anstatt 8.8)

$$\begin{aligned} \Delta m &= 0,52 \text{ g} - 10,2 \text{ g (SW 10 - 27 mm)} \\ &\rightarrow \Delta m = 700 \text{ g für Gesamtfahrzeug} \end{aligned}$$

Serie

Potenzial



Leichtbau Fahrwerk

Hinterachse

Serie



Potenzial

- Rohr mit konstanter Wanddicke durch höherfesten Stahl ungleichmäßiger Wanddicke ersetzen

$\Delta m = 2.520 \text{ g (44 \%)}$ (zweifach für gesamte Achse)

Bremskolben

Serie

S235JR



- Geringere Wanddicke der Bremskolben (von 4,8 auf 3,5 mm) und höherfesten Stahl verwenden, z. B. AFP-Stahl 27MnVS6

Potenzial

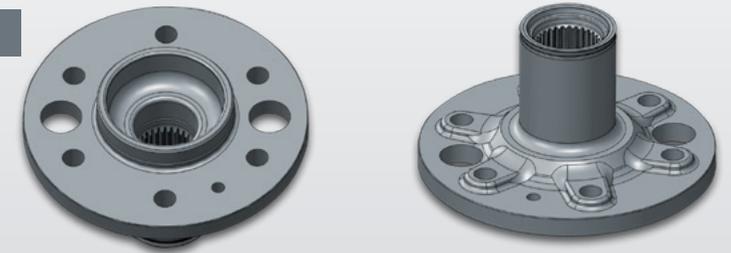


$\Delta m = 102 \text{ g (35 \%)}$ (viermal im Fahrzeug)

Radnabe

Serie

C56E2



- Verschiedene Geometrieoptimierungen
- Zusätzlich kann höherfester AFP-Stahl oder 100Cr6 eingesetzt werden

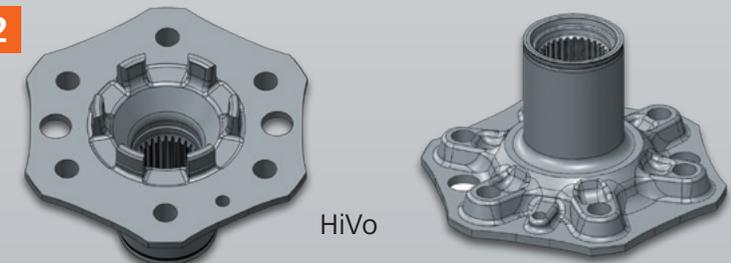
Potenzial 1



LSF

$\Delta m = 817 \text{ g (32 \%)}$

Potenzial 2



HiVo

$\Delta m = 874 \text{ g (35 \%)}$

Leichtbau Fahrwerk – Al

Längsträger Subframe



Serie



Potenzial

- Blechbauteil durch umgeformtes Strang-Press-Profil aus Al ersetzen
 $\Delta m = 790 \text{ g (42 \%)}$

Arretierung Blattfedern



Serie



Potenzial

- Gussteil durch Al-Schmiedeteil ersetzen
 $\Delta m = 770 \text{ g (181 \%)}$

Räder

Serie



- Blech durch geschmiedetes Aluminium ersetzen

Potenzial



$\Delta m = 2.620 \text{ g (29 \%)}$

Schwenklager

Serie

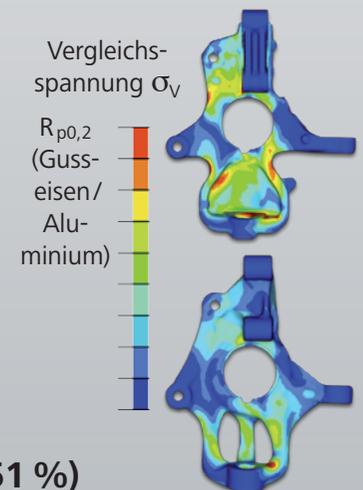


- Gusseisen-Schwenklager durch bionisch optimierte Al-Schmiedekomponente ersetzen

Potenzial



$\Delta m = 4.438 \text{ g (161 \%)}$

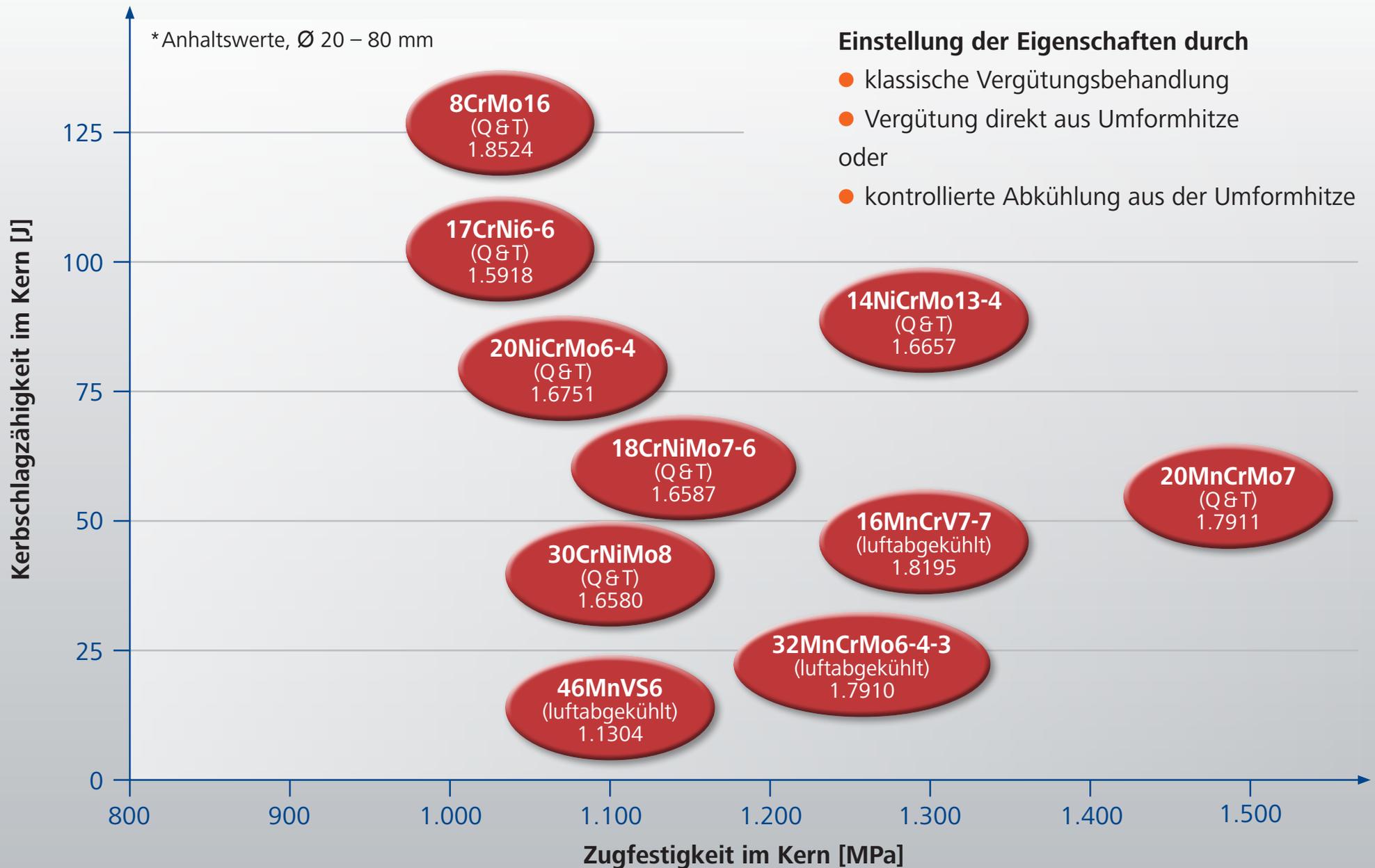


Die Vielfalt hochfester Stähle – Stähle mit hohen Festigkeiten bei gleichzeitig hohen Zähigkeiten der Werkstoffe

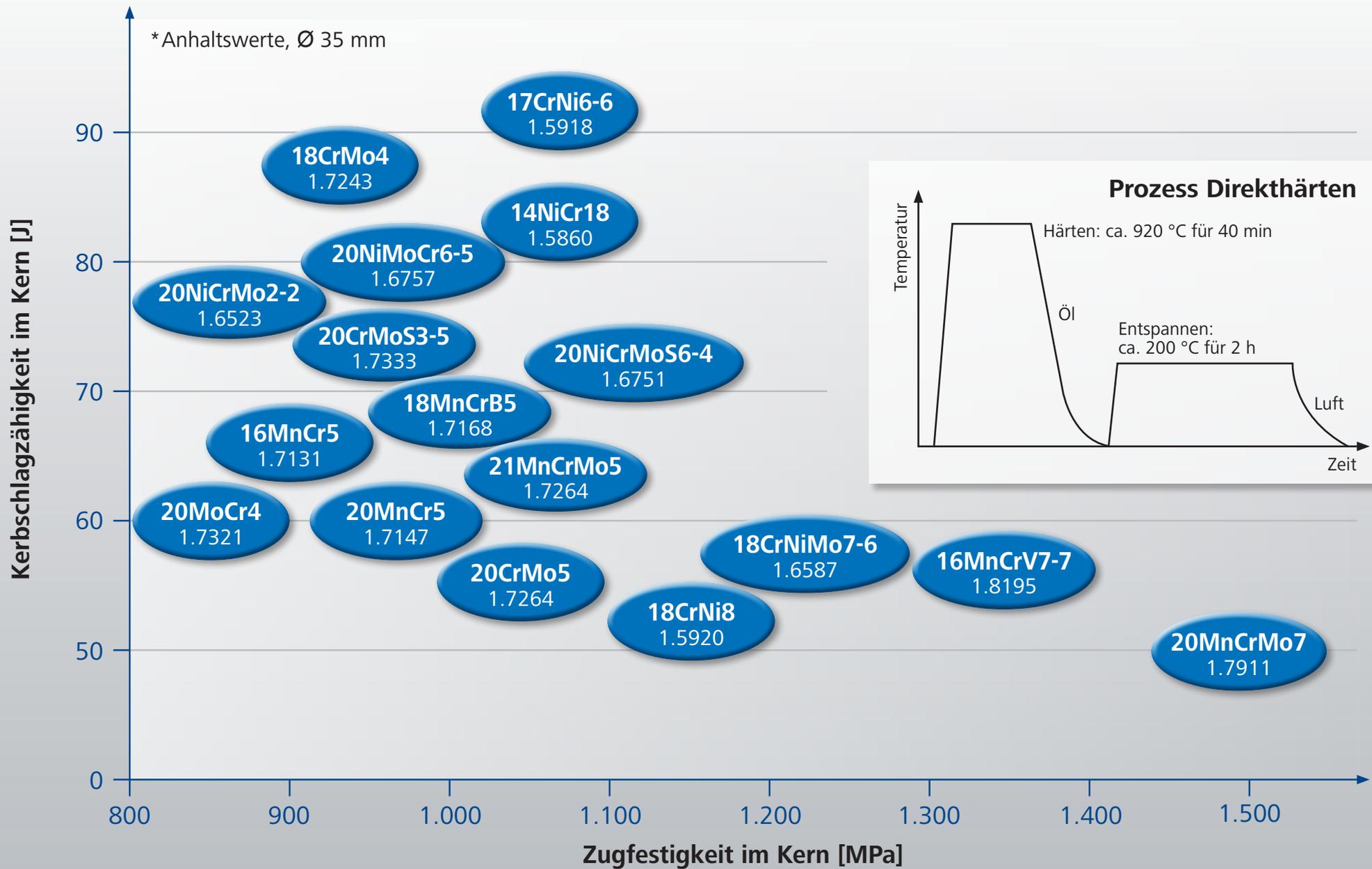
- ▶ Stahlvielfalt führt zu anwendungsbezogener Bauteilauslegung
- ▶ Hohe Festigkeiten bei gleichzeitig hoher Zähigkeit ermöglicht stofflichen Leichtbau
- ▶ Werkstoffstammbäume erlauben gezielte und produktbezogene Werkstoffauswahl

Gefügeabhängige Festigkeit und Zähigkeit von Stabstahl

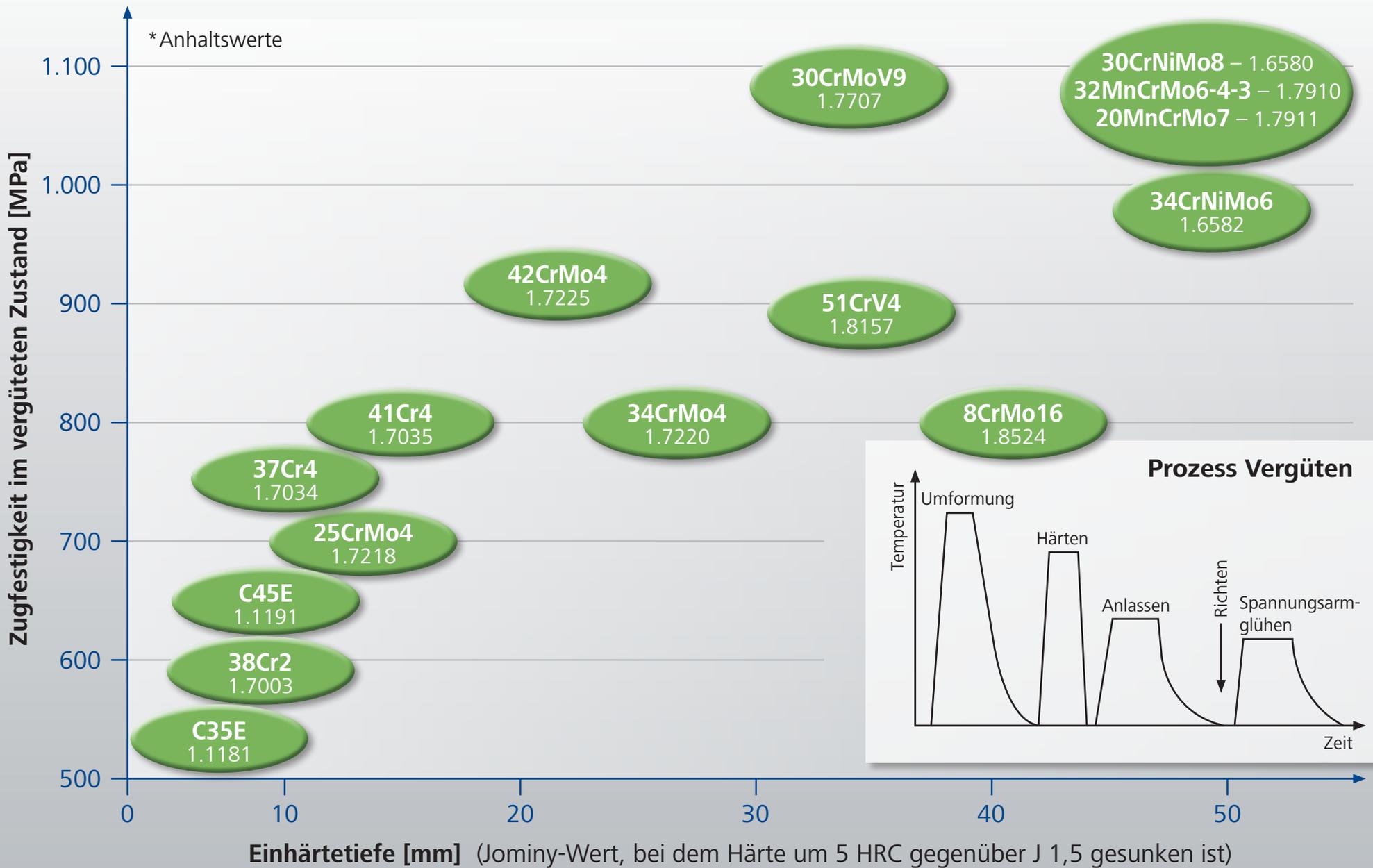




Werkstoffstammbaum „Einsatzstähle“*

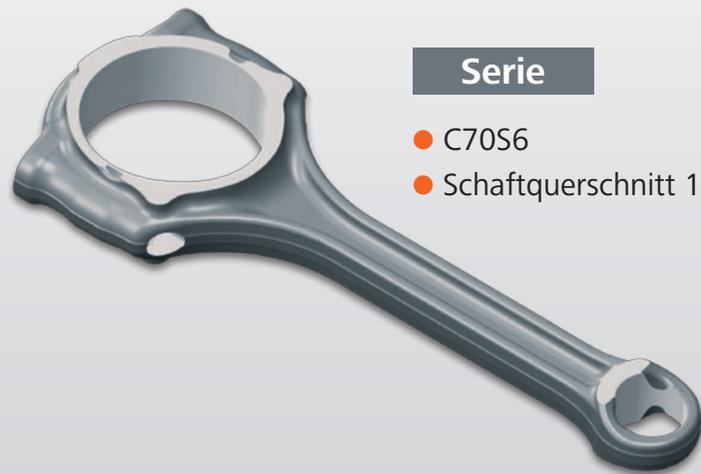


Werkstoffstammbaum „Vergütungsstähle“*



Leichtbau Motor

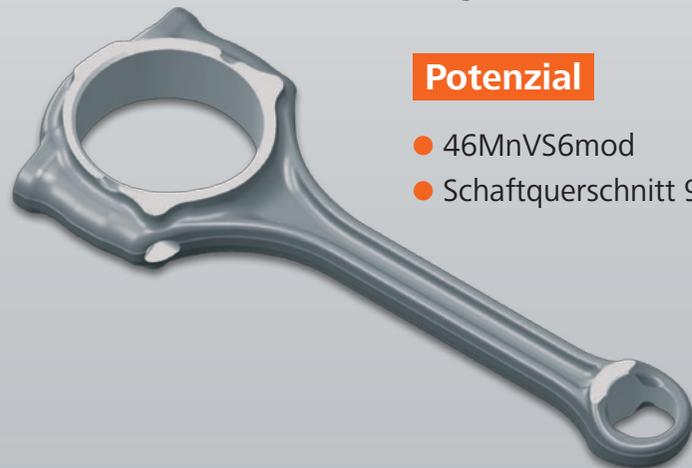
Pleuelstange



Serie

- C70S6
- Schaftquerschnitt 119 mm²

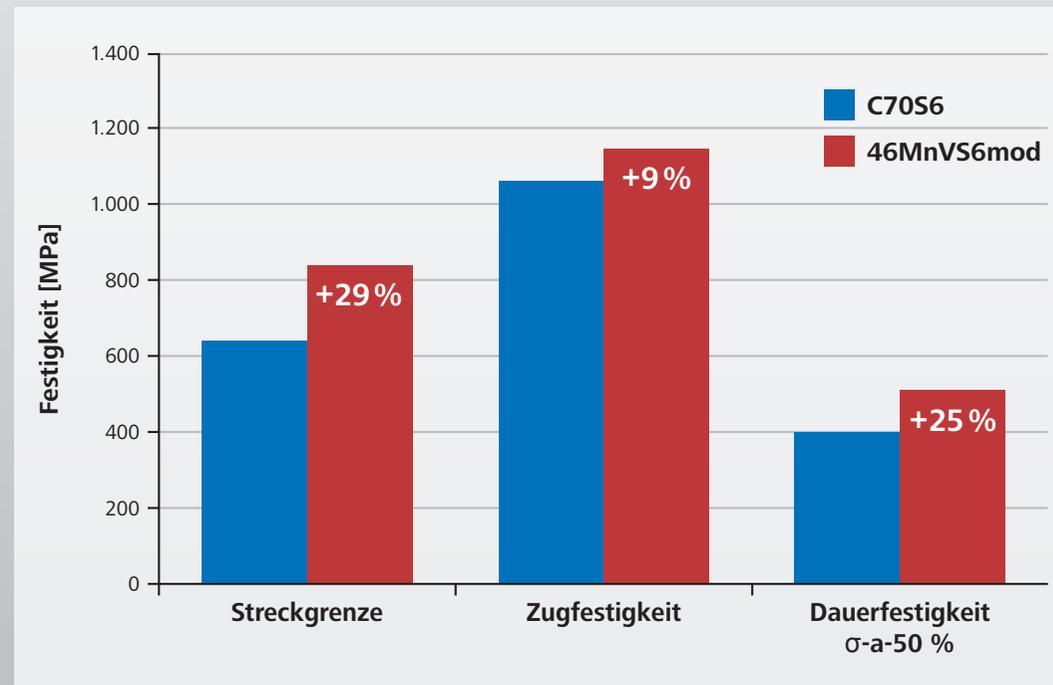
$\Delta m = 28 \text{ g (10\%)}$



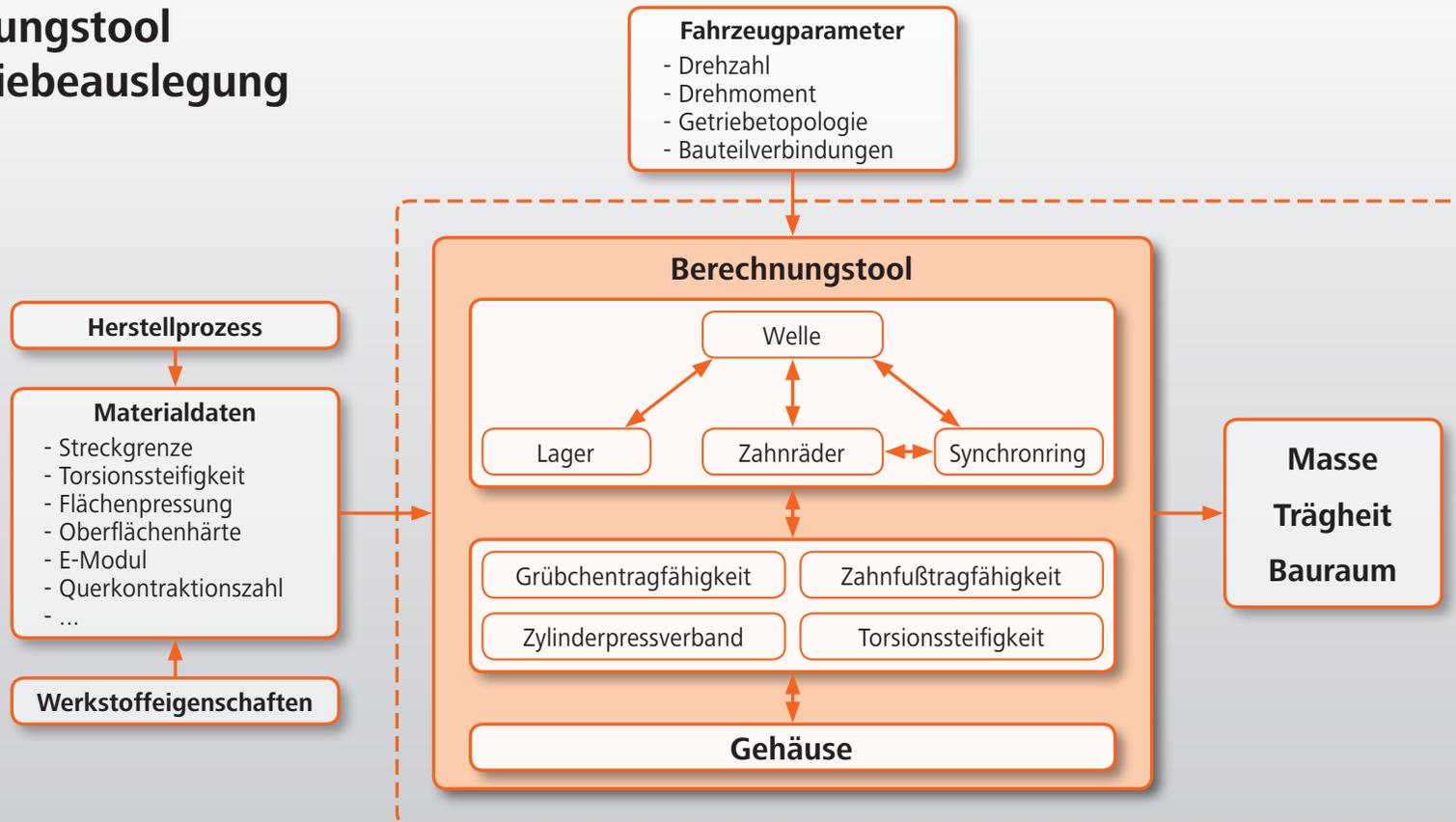
Potenzial

- 46MnVS6mod
- Schaftquerschnitt 92 mm²

- Erhöhung der Festigkeitskennwerte **durch optimierte Mikrolegierungskonzepte**
- Reduktion des Schaftquerschnitts eines Pleuels **von 119 mm² auf 92 mm²** bei **gleichbleibendem Sicherheitsfaktor** aufgrund von **gesteigerter Dauerfestigkeit**

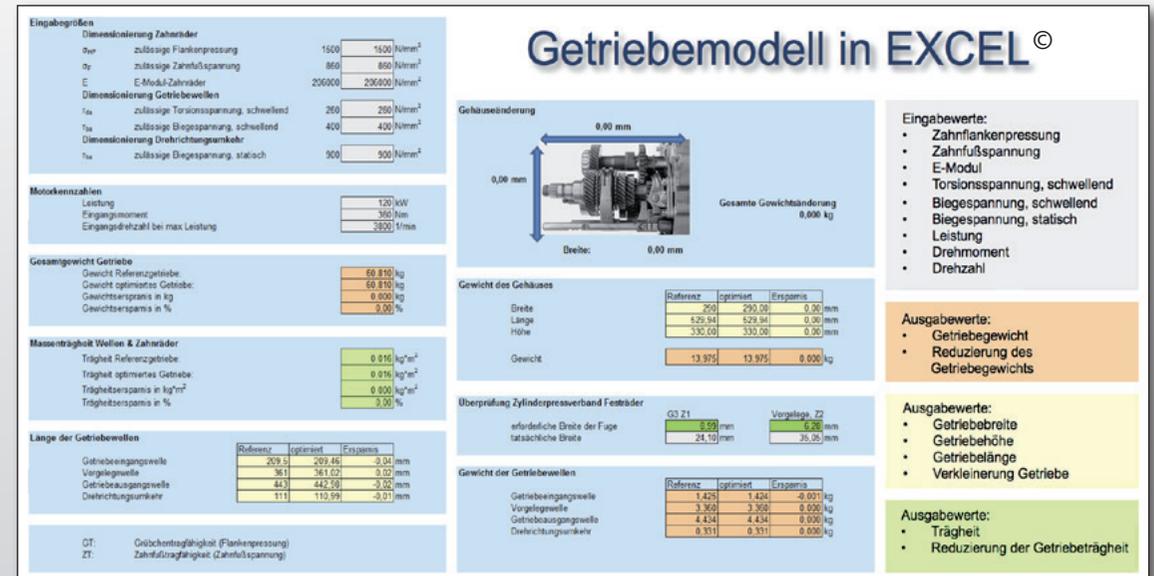
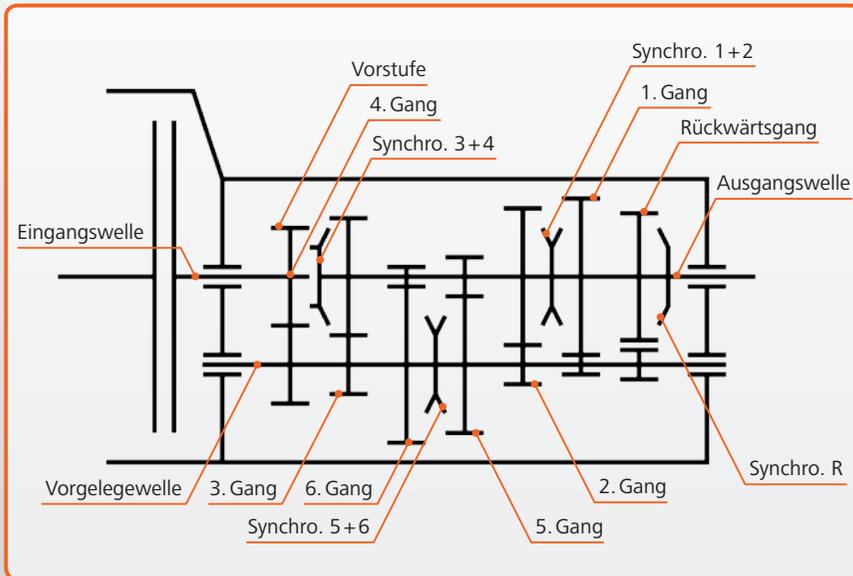


Berechnungstool zur Getriebeauslegung



- Aufbau eines Modells zur überschlägigen Auslegung / Gewichtsberechnung von Getrieben
- Modell erstellt und abgeglichen für:
 - 6-Gang-Handschalter Leichtes Nutzfahrzeug, 20MoCr4 / 25MoCr4
 - 6-Gang-Doppelkupplungsgetriebe (DKG) Pkw, 20NiMoCr6-5
- Bewertung der Einflussgrößen der mechanischen Kennwerte auf die Getriebeauslegung
- Betrachtung der realen Einflüsse höherfester Stähle
- Bewertung der „weichen Faktoren“ aus Getriebeform ISO 6336, Teil 5

Leichtbau-Getriebe durch alternative Werkstoffe

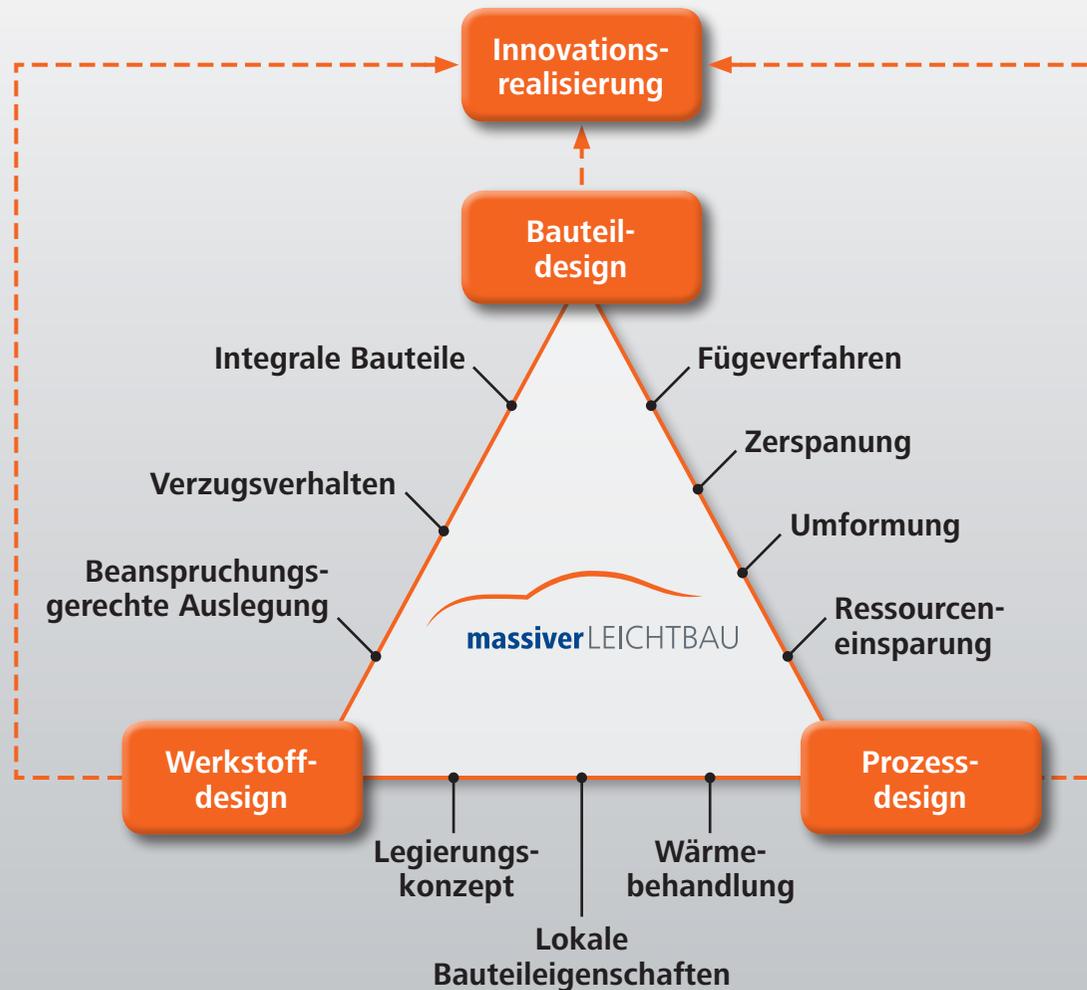


Zu berechnende Getriebekomponenten mit dem im Pkw eingesetzten Werkstoff **20NiMoCr6-5**

Aufbau eines Modells zur überschlägigen Auslegung / Gewichtsrechnung 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 Getriebestähle könnte zu weiteren Gewichtseinsparungen führen

Der Forschungsverbund „Massiver Leichtbau“



Der Forschungsverbund „Massiver Leichtbau – Innovationsnetzwerk für Technologiefortschritt in Bauteil-, Prozess- und Werkstoff-Design für massivumgeformte Bauteile der Automobiltechnik“ ist entstanden aus dem Ideenwettbewerb „Leittechnologien für KMU“ des BMWi-IGF über die AiF.

- ▶ Ziel: Mithilfe neuer Stahlwerkstoffe sowie Bauteilkonstruktionen und Fertigungsmethoden auch den Antriebsstrang von Automobilen – vom Motor über das Getriebe bis zu den Radlagerungen – noch leichter zu machen und trotzdem höchste Lebensdauererwartungen zu erfüllen.

Die Forschungsvereinigungen

Der Forschungsverbund wird seit dem 01.05.2015 durch die ...



FOSTA Forschungsvereinigung
Stahlanwendung e. V.
(Federführung)



Arbeitsgemeinschaft Wärme-
behandlung und Werkstoff-
technik e. V., Bremen (AWT)



Forschungsvereinigung
Antriebstechnik e. V.,
Frankfurt (FVA)



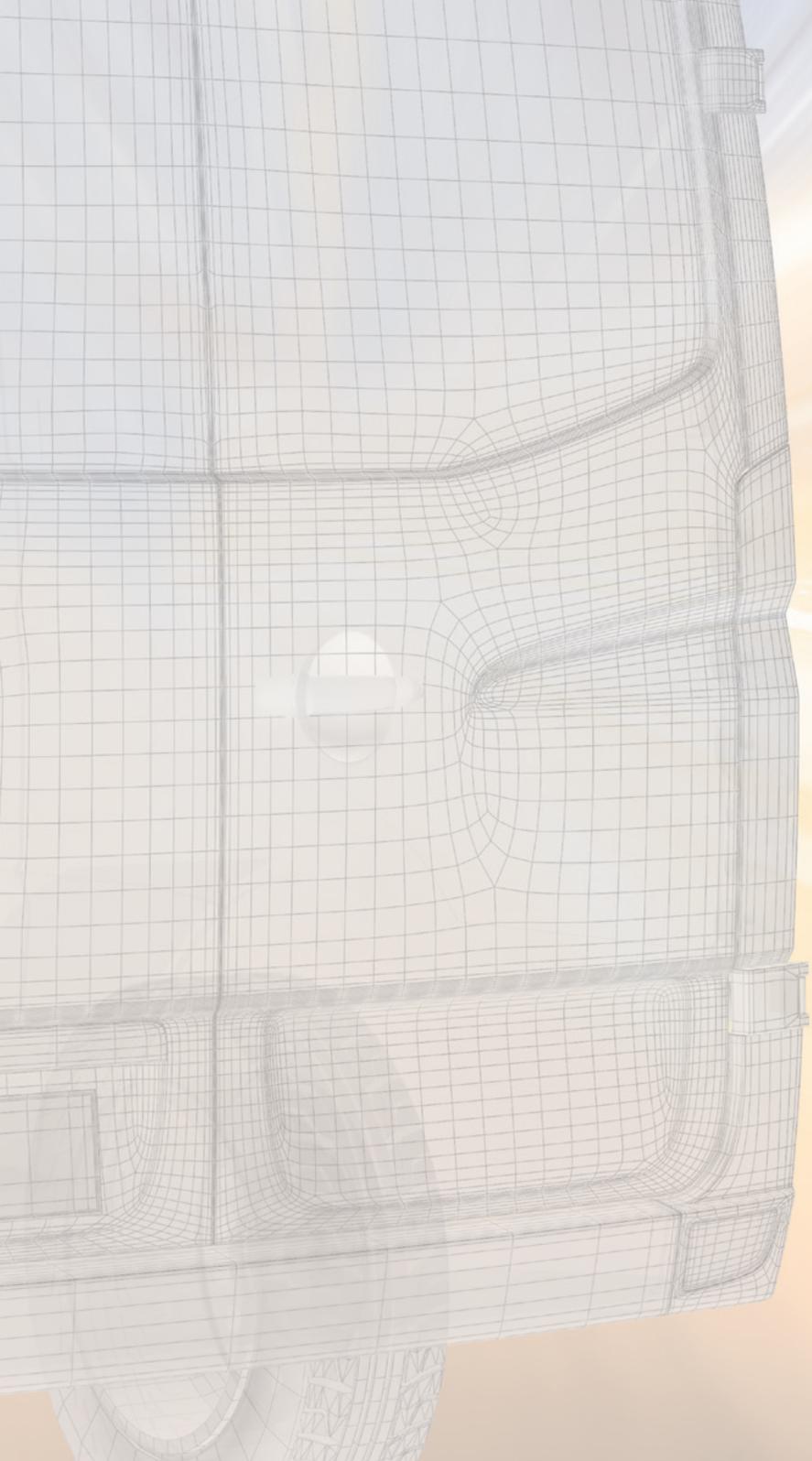
Forschungsgesellschaft
Stahlverformung e. V.,
Hagen (FSV)

... aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert. Die Laufzeit beträgt 3 Jahre.

Zusätzliche Leichtbaupotenziale zu den Ergebnissen aus Phase I und II sind in ca. zwei Jahren zu erwarten. Erst die wissenschaftliche Absicherung der dynamischen Belastung neuer Werkstoffe aus den im Mai 2015 gestarteten fünf Forschungsprojekten garantiert weitere Ergebnisse. Die Initiative Massiver Leichtbau erwartet aus dem Forschungsverbund zusätzliche Gewichtsoptimierungsmöglichkeiten.

Ergebnistransfer

- Aktuelle Informationen unter www.massiverLEICHTBAU.de
- Veröffentlichungen
- Vortragsveranstaltungen
- Kundentagung „Massiver Leichtbau in Fahrzeugen“
am 31. Mai und 01. Juni 2016, Mövenpick Hotel Stuttgart Airport & Messe
- **Kontakt:**
Industrieverband Massivumformung e. V.
Dorothea Bachmann Osenberg
Telefon: +49 2331 958830
E-Mail: info@massiverleichtbau.de



Initiative Massiver Leichtbau –

eine Kooperation des Stahlinstituts VDEh und des Industrieverbands Massivumformung e. V.

Weitere Informationen unter info@massiverLEICHTBAU.de und **Tel. +49 2331 958830**
sowie im Internet unter www.massiverLEICHTBAU.de