CODRONIC

ENGINEERING

Richtige Dimensionierung von Maschinen und Anlagen

CODRONIC ENGINEERING

bayme-Reihe Energieeffizienz, Sommer 2019

Effizienter Materialeinsatz und Leichtbau als Basis für langfristige Energieeinsparungen

CODRONIC ENGINEERING

01
Energie
Physikalische Grundlagen

02
Dimensionierung
Richtig oder Falsch?

03
Leichtbau
Materialien und Technologien

04
Potenziale nutzen

Energie

Physikalische Grundlagen

01

Energie

Energie hat die Einheit *Joule*. In SI-Einheiten ausgedrückt gilt:

$$J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$$

In der Energie finden sich also verschiedene physikalische Größen wieder, welche für den Maschinen- und Anlagenbau interessant sind:

- **Masse [kg]**
- **Geschwindigkeit [m s^{-1}] bzw. Beschleunigung [m s^{-2}]**
- **Kraft [kg m s^{-2} = N]**

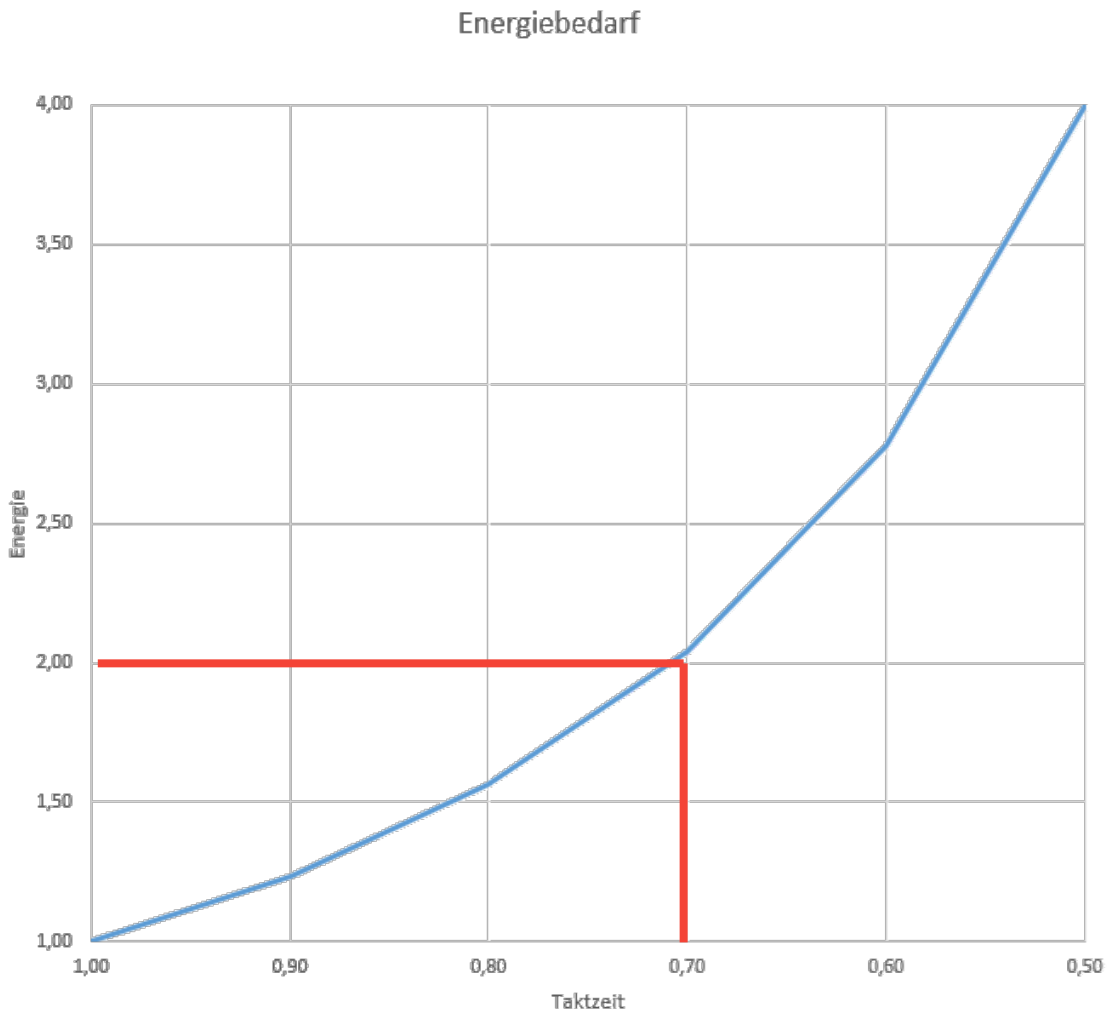
Der Entwickler kann direkt und gezielt Einfluss auf diese Größen nehmen und somit den Energiebedarf der Maschine bzw. Anlage unmittelbar beeinflussen.

Grundlage: Energie

Die Energie bzw. der Energiebedarf hängt also direkt von Masse, Geschwindigkeit und Beschleunigung ab.

Das Beispiel rechts stellt dies anhand einer einfachen linearen Bewegung dar, bestehend aus Beschleunigungs- und Bremsphase.

Bereits eine Verkürzung der Taktzeit um 30% bedeutet einen etwa doppelt so hohen Energiebedarf.

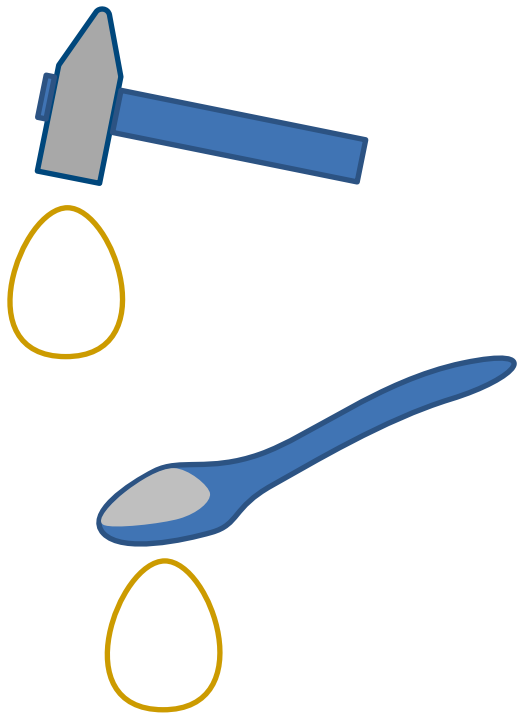


02

Dimensionierung

Richtig oder Falsch?

02
Dimensionierung



Ob etwas ***richtig*** oder ***falsch*** dimensioniert ist, hängt von den definierten Anforderungen ab.
Im Maschinenbau sind dies neben der reinen **Funktionalität** auch

- **Genauigkeit, Haltbarkeit**
- Montage- und Servicefreundlichkeit, Herstellbarkeit
- **Energiebedarf**

Im obigen Beispiel erfüllen beide „Maschinen“ die geforderte Funktion, sie unterscheiden sich jedoch aufgrund der zu bewegenden Masse deutlich im Energiebedarf.

02

Richtige Dimensionierung und Energieeffizienz

Da sich dieser Vortrag hauptsächlich mit dem Thema „effizienter Materialeinsatz und Leichtbau“ befassen soll, sei unter der ***richtigen*** Dimensionierung von Maschinen und Anlagen im Folgenden zu verstehen:

„Erfüllung der geforderten **Funktion** über eine definierte **Lebensdauer** bei gleichzeitig **minimalem Energiebedarf** durch Optimierung der bewegten Massen.“

03

Leichtbau

Materialien und Technologien

03

Leichtbau

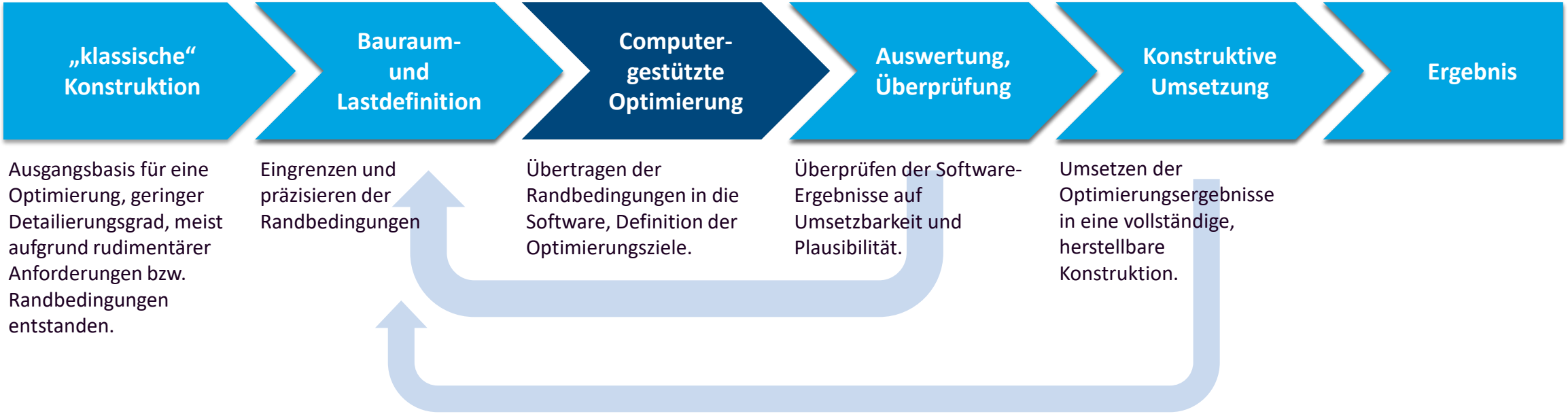
Leichtbau, also die Reduzierung von (bewegten) Massen, lässt sich sowohl durch die Wahl des Materials als auch durch Konstruktions- und Fertigungstechnologien umsetzen. Hier sind insbesondere jüngere Technologien erwähnenswert, welche erst langsam im Konstruktionsalltag Einzug halten:

- **Topologieoptimierung**
- **Verbundwerkstoffe**
- **3D-Druck**

Zusammenfassend kann man Leichtbau wie folgt beschreiben:
An der richtigen Stelle den richtigen Werkstoff in der richtigen Menge platzieren.
Hierzu können die oben genannten Technologien maßgeblich beisteuern.

Topologieoptimierung

Unter Topologieoptimierung versteht man die meist computergestützte Anpassung einer Bauteilform an die gegebenen Randbedingungen unter Berücksichtigung der Lasten bzw. Spannungen.
In der Praxis sind einige Schritte notwendig, um den computergestützten Prozess sinnvoll in den Entwicklungsprozess einzubinden:

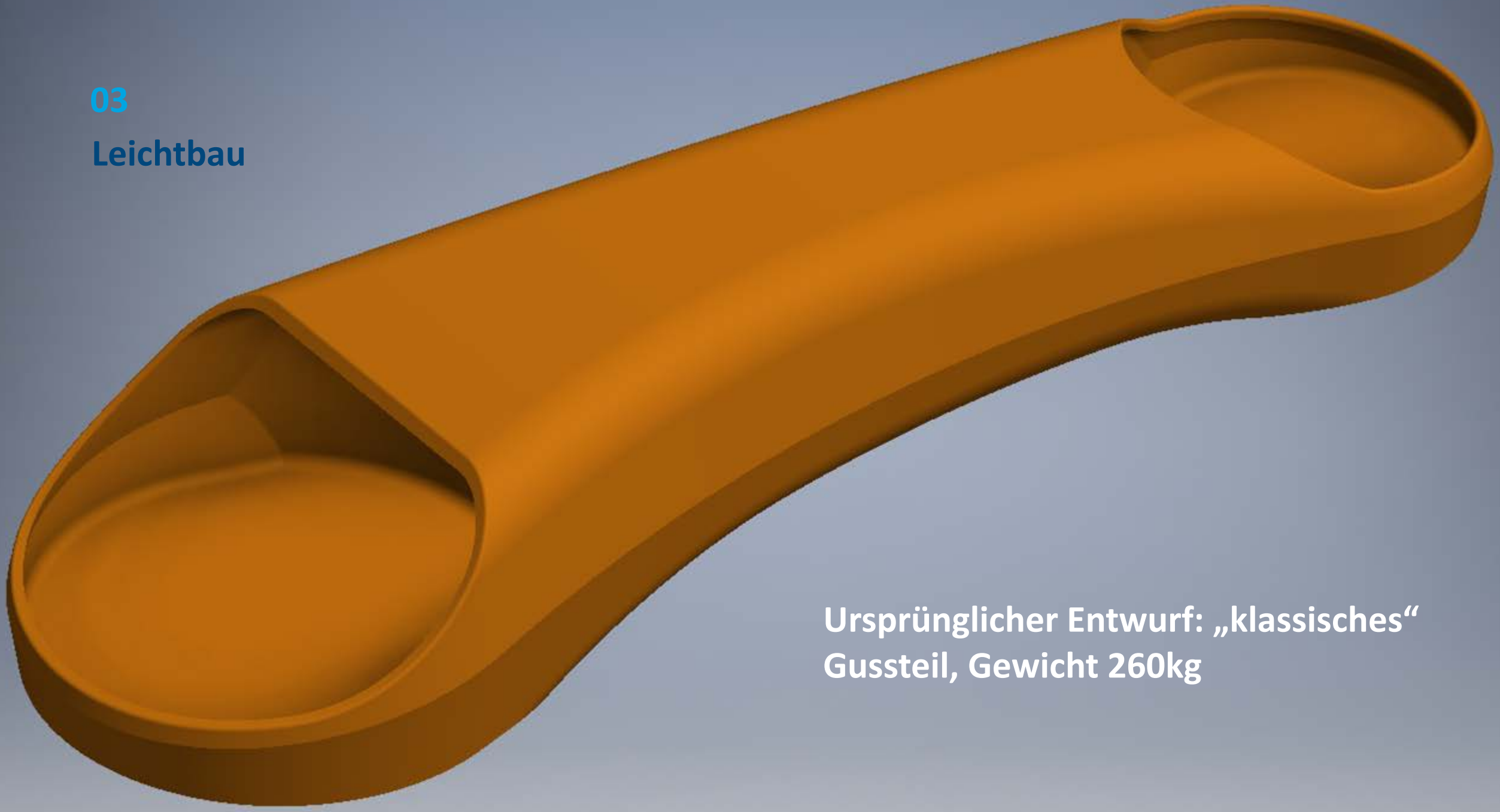


Topologieoptimierung

angewendet auf einen „Roboterarm“

03

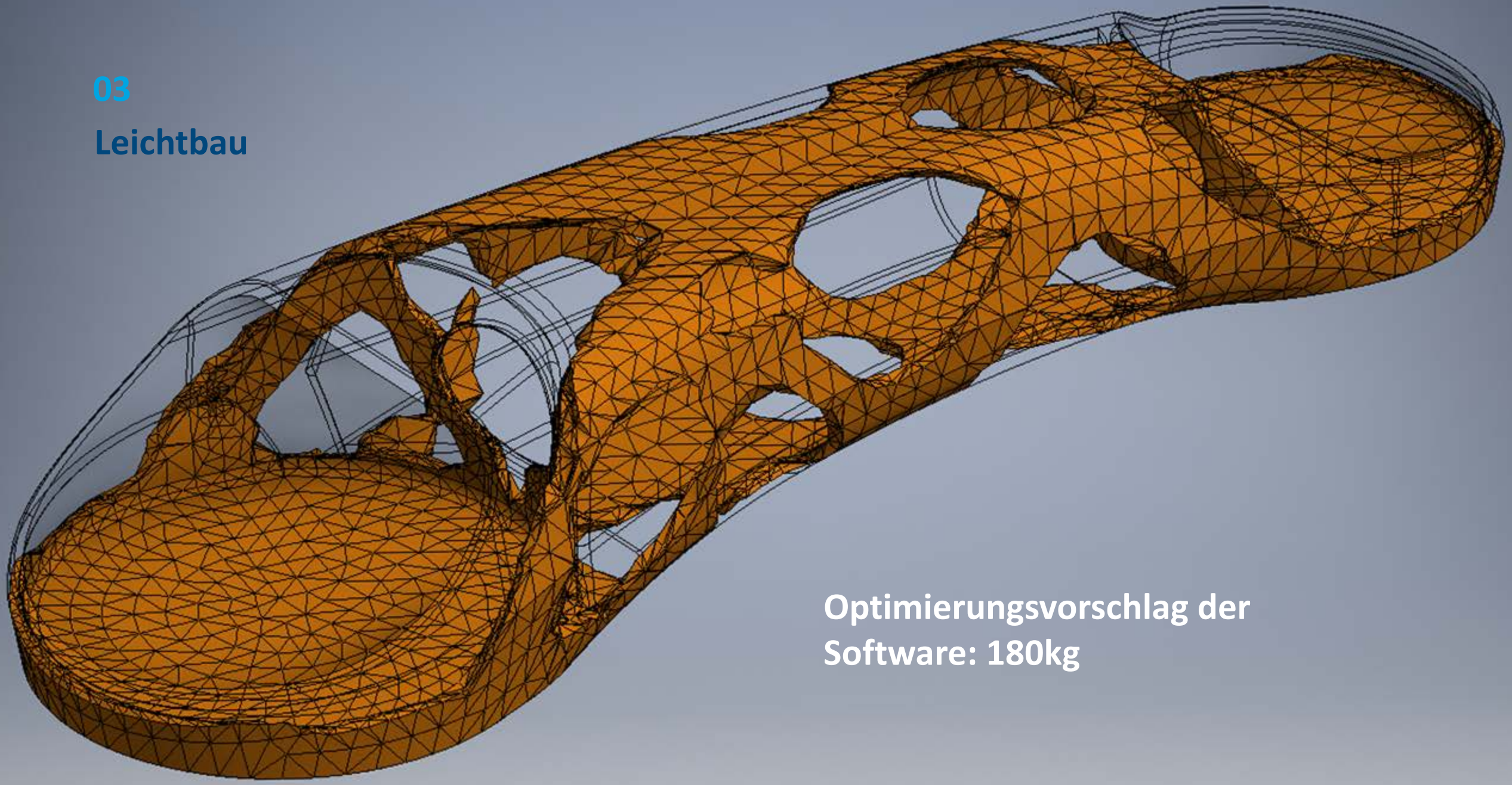
Leichtbau



Ursprünglicher Entwurf: „klassisches“ Gussteil, Gewicht 260kg

03

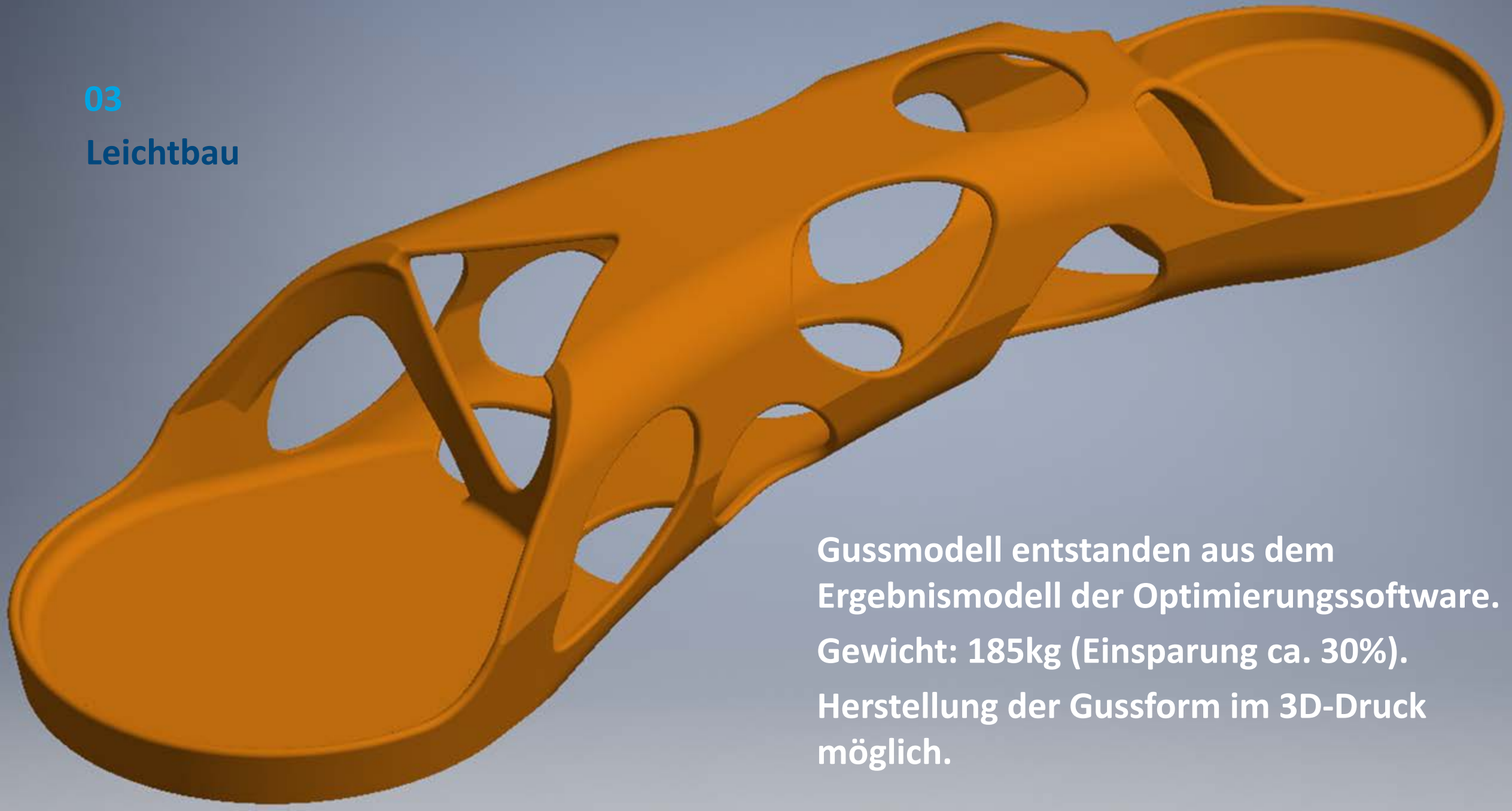
Leichtbau



Optimierungsvorschlag der Software: 180kg

03

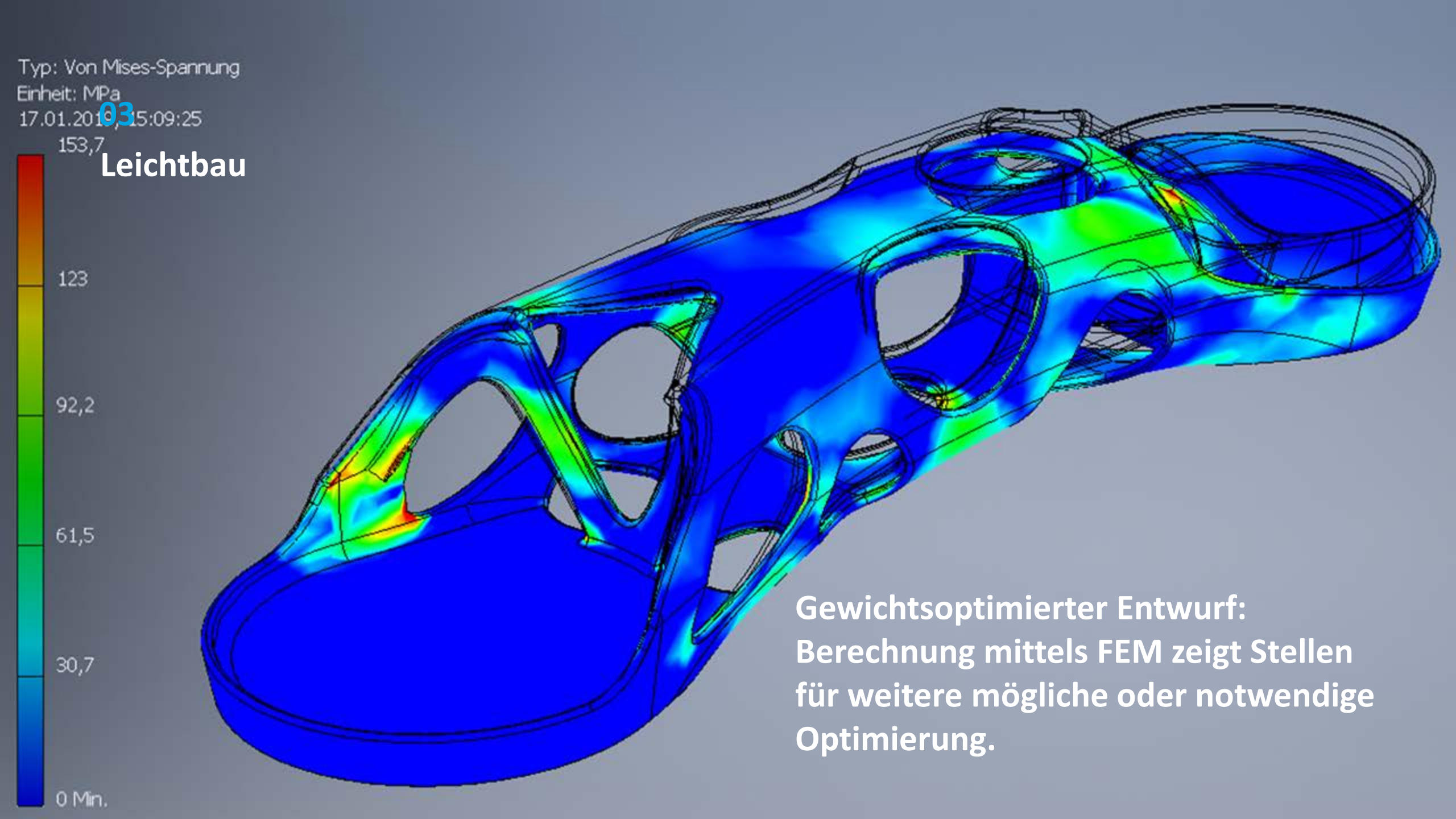
Leichtbau



Gussmodell entstanden aus dem Ergebnismodell der Optimierungssoftware.

Gewicht: 185kg (Einsparung ca. 30%).

Herstellung der Gussform im 3D-Druck möglich.



03

Leichtbau

Gewichtsoptimierter Entwurf: Berechnung mittels FEM zeigt Stellen für weitere mögliche oder notwendige Optimierung.

Verbundwerkstoffe

Bei Verbundwerkstoffen handelt es sich um einen Verbund unterschiedlicher Werkstoffe mit dem Ziel, die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes auf spezifische Anforderungen hin zu „konstruieren“.

Bekanntestes Beispiel sind Faserverbundwerkstoffe. Diese lassen sich sehr gut auf eine gegebene Belastung (Spannungsverlauf im Bauteil) hin optimieren, bei gleichzeitig geringem Gewicht.

Die Herstellung von FV-Bauteilen ist aufwändig und erfordert viel Handarbeit. In den letzten Jahren haben Faserverbunde aber auch Einzug in die 3D-Druck-Technologie gehalten, was vor allem bei kleineren Kunststoffteilen neue Potenziale für den Leichtbau erschließt.

3-D Druck

Der 3D-Druck kann auf zwei Arten im Leichtbau eingesetzt werden:

- Direkte Herstellung von Bauteilen
- Herstellung von komplexen Gussformen

Durch die hohe Gestaltungsfreiheit lassen sich Leichtbaustrukturen gerade bei Einzelstücken oder Kleinserien einfach und kostengünstig umsetzen.

03

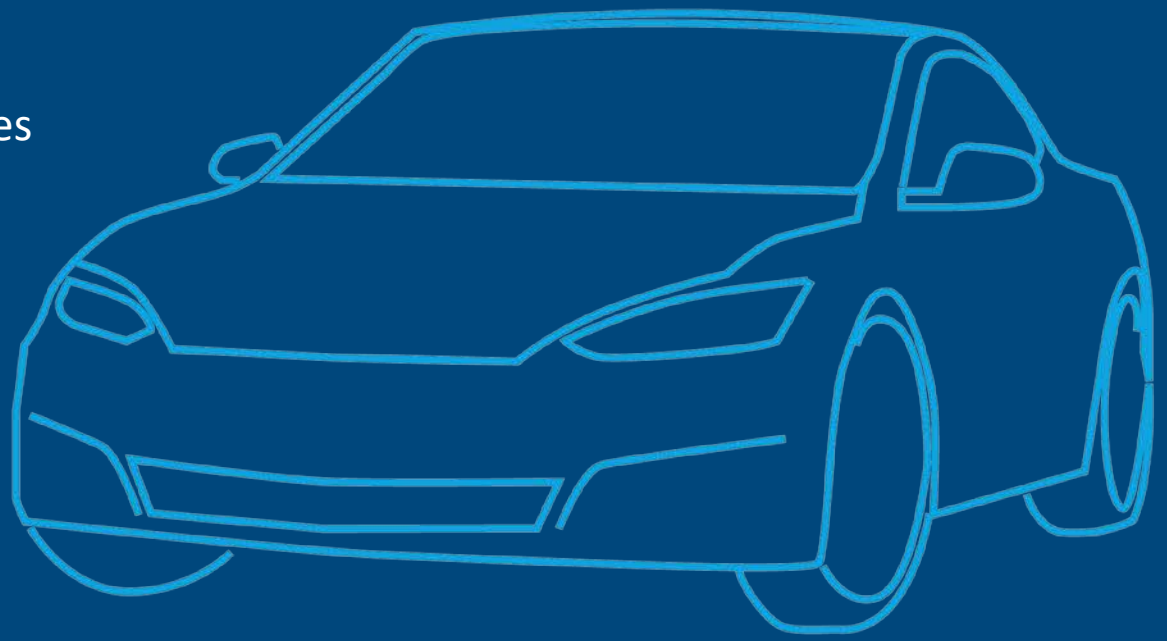
Leichtbau

Anwendungsbeispiel

Fahrzeugbau

Leichtbau wird bereits intensiv im Fahrzeugbau umgesetzt. Hochfeste Werkstoffe ermöglichen hier etwa die Minimierung der Blechstärken und damit des Gewichts der Karosserie bei gleichzeitig verbesserter Stabilität.

Auch Verbundwerkstoffe finden im Automobilbereich immer mehr Anwendung.

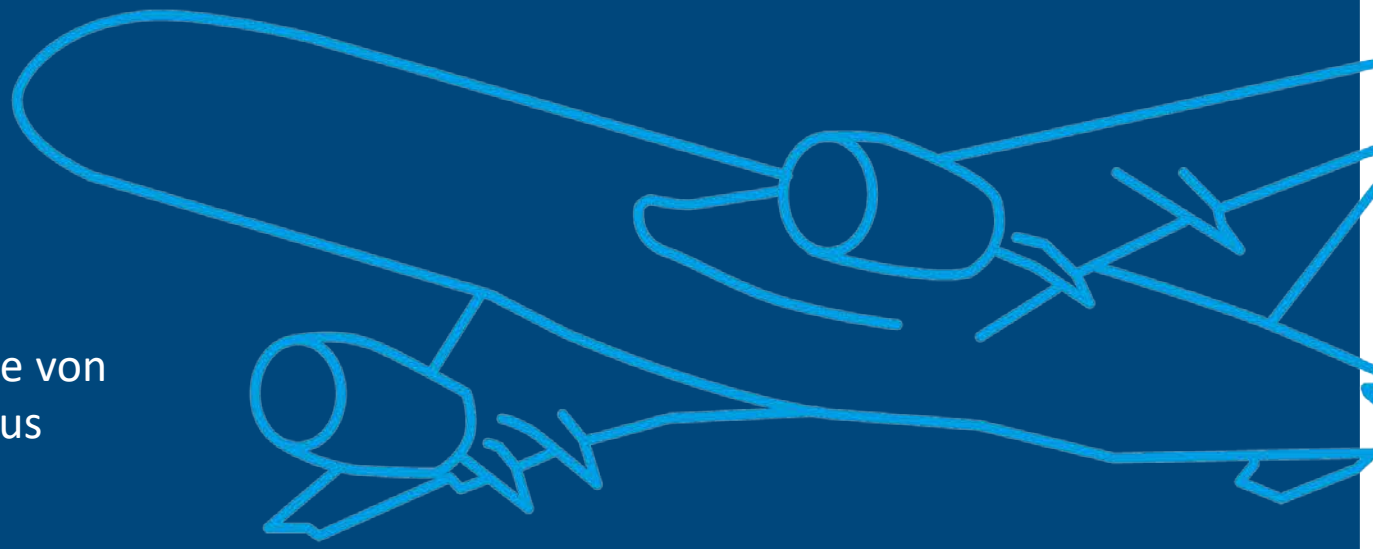


03

Leichtbau

Anwendungsbeispiel

Flugzeugbau



Der Flugzeugbau ist meist das naheliegendste Beispiel für Leichtbau.

Moderne Verkehrsflugzeuge nutzen die Vorteile von leichten und stabilen Faserverbundbauteilen aus Glas-, Carbon-, Kevlar- oder Aramidfasern.

Auch 3D-gedruckte Teile halten schon Einzug im Flugzeugbau.

Aber schon in den Anfangstagen der Fliegerei wurde ein natürlicher Faserverbundwerkstoff genutzt: Holz.

03

Leichtbau

Anwendungsbeispiel

Alltags-Technik

Leichtbau begegnet uns aber auch in alltäglichen Produkten, etwa dem Fahrrad.

Bauteile aus Aluminium, Magnesium und CFK sind hier längst Standard.

03

Leichtbau

Anwendungsbeispiel

Maschinen- und Anlagenbau

Im Maschinen- und Anlagenbau hingegen findet man konsequenten Leichtbau wie etwa den Carbon-Ausleger eines Handling-Geräts, noch verhältnismäßig selten.

04

Potenziale nutzen

„Wir tun uns schwer mit der Notwendigkeit, Energie zu sparen. Dabei handelt es sich eigentlich darum, keine zu verschwenden.“

Paul Schibler, Schweizer Aphoristiker

Klassisch umgesetzte Leistungssteigerung

Beispiel: der Output einer Produktionsanlage soll 30% mehr betragen.

Die Anlage wird dazu klassischerweise auf eine höhere Geschwindigkeit ausgelegt (stärkere Antriebe).

Output: 100%	+30%	Output: 130%
Maschine, Anlage: 0,5 Mio €	+25%	Maschine, Anlage: 0,63 Mio € Minimale Investition
Energiebedarf über 10 Jahre: 8 Mio kWh / 1,25 Mio €	+100%	Energiebedarf über 10 Jahre: 16 Mio kWh / 2,5 Mio €
1,75 Mio €	**+80%**	3,13 Mio €

Mehr Leistung durch weniger Gewicht

Beispiel: der Output einer Produktionsanlage soll 30% mehr betragen.

Gleichzeitig wird durch **Leichtbau** das Gewicht der bewegten Baugruppen um 30% reduziert.

Output: 100%	+30%	Output: 130%
Maschine, Anlage: 0,5 Mio €	+50%	Maschine, Anlage: 0,75 Mio €
Energiebedarf über 10 Jahre: 8 Mio kWh / 1,25 Mio €	+50%	Energiebedarf über 10 Jahre: 11 Mio kWh /1,75 Mio €
1,75 Mio €	**+43%**	2,5 Mio €

Höhere Investition für Leichtbau (+125.000,-€)

-630.000,- € /-30% durch Leichtbau

Alle Potenziale nutzen

Durch die konsequente Nutzung der Potenziale in den verschiedenen Konstruktionsphasen lässt sich der Energiebedarf einer Maschine oder Anlage auf ein Minimum reduzieren:

Engineering-Konzept	Engineering-Werkzeuge		Effekte	
Anforderungen	Topologieoptimierung	Reduzierung bewegter Massen	Reduzierte Antriebsleistung	Reduzierter Energiebedarf
Konstruktive und funktionale Konzepte	Werkstoffauswahl (z.B. Verbundwerkstoff)		Reduzierte Lasten	
Berechnungen	Fertigungsmethode (z.B. 3D-Druck)		Weniger Verluste (Reibung etc.)	

„Wir tun uns schwer mit der Notwendigkeit, Energie zu sparen. Dabei handelt es sich eigentlich darum, keine zu verschwenden.“

Paul Schibler, Schweizer Aphoristiker

Moderne Technologien unterstützen sowohl die Auslegung als auch die Herstellung energieeffizienter Maschinen und Anlagen.

Die Investition in die Energieeffizienz einer Maschine oder Anlage beträgt meist nur einen Bruchteil der Energiekosten, die damit eingespart werden können.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Codronic GmbH
Paul-Lenz-Straße 1
D-86316 Friedberg
Germany

www.codronic.de

Referent:
Michael Mader
Geschäftsführer
Codronic

Redaktionelle Bearbeitung:
Sebastian Heck
Dipl. Ing. BA
Codronic