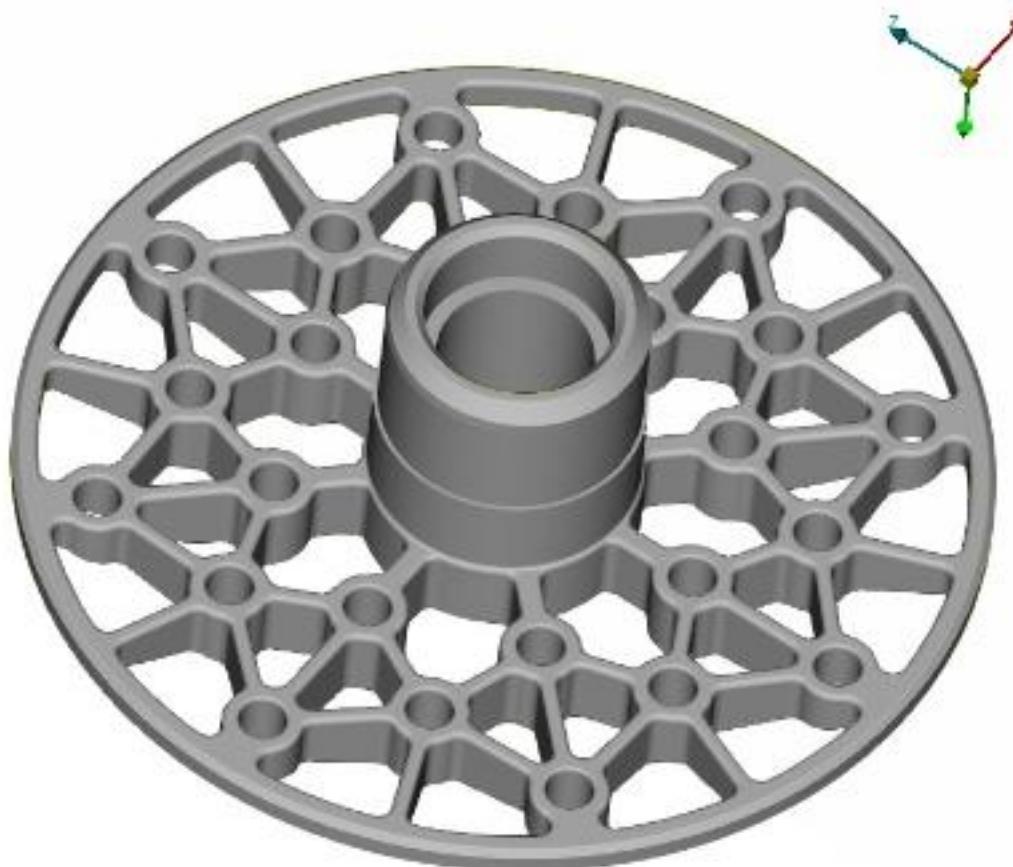


## Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

### Über dieses Projekt



### CAEaddFert

Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

Anwendung:

Material: Aluminium, Stahl

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

## Über dieses Projekt

Dieses Projekt wird gefördert im Technologietransfer-Programm Leichtbau (TTP LB) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

[Technologietransfer-Programm Leichtbau](#)

## Hintergrund

Computer Aided Engineering (CAE) unterstützt in der virtuellen Produktentwicklung die Topologieoptimierung im Leichtbau. Dabei entstehen Bauteilentwürfe mit sehr komplexen Geometrien, die sich nur additiv fertigen lassen. Additive Fertigung ist ein schichtweiser Prozess, bei dem Material aufgetragen wird. Auf diese Weise lassen sich Bauteile herstellen, die etwa aufgrund von Unterschneidungen weder durch abtragende Verfahren gefertigt noch beim Guss entformt werden können.

Beim selektiven Laserschmelzen schmilzt ein Laser Metallpulver Schicht für Schicht auf. Dadurch entstehen richtungsabhängige Materialeigenschaften, das Metall wird anisotrop – weist also je nach Belastungsrichtung unterschiedliche Festigkeiten oder Steifigkeiten auf. Je nach Metall, Geometrie und Prozessparametern können Poren oder andere Strukturdefekte auftreten, das Material wird inhomogen. Die gerichtete Erstarrung unter hohen lokalen Temperaturunterschieden kann zudem zu Eigenspannungen und Verzug führen.

Im aktuellen CAE-Prozess fehlen für metallische Bauteile belastbare Daten zu Anisotropie, Inhomogenität und Eigenspannungen. Dadurch lassen sich topologieoptimierte additiv gefertigte Bauteile nicht zuverlässig bewerten. Diese Lücke begrenzt den Einsatz additiver Fertigung in der Serienentwicklung. Hier setzt das Forschungsprojekt CAEaddFert an.

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

## Über dieses Projekt

### Ziel

Die Forschenden entwickeln einen virtuellen Prüfstand für additiv gefertigte Leichtbauteile. Sie wollen damit sicherstellen, dass diese Bauteile im rechnergestützten Produktentwicklungsprozess sowohl als Einzelteil als auch in der Baugruppe bewertet werden können. Ziel ist es, den verstärkten Einsatz additiv gefertigter Bauteile zu ermöglichen und der additiven Fertigung weiter zum Durchbruch zu verhelfen.

Das Projektteam konzipiert den Prüfstand als modulare Software, basierend auf experimentellen Werten. Dafür fertigen die Forschenden Probekörper unterschiedlicher Geometrien und Materialien und untersuchen sie auf Materialhomogenität. Sie messen zudem richtungsabhängige Materialeigenschaften und Eigenspannungstiefenprofile und führen alle Daten in einer gemeinsamen Basis zusammen.

Diese Werte werden in der Finite-Elemente-Simulation berücksichtigt, in der Bauteil und Baugruppe unter definierten Lastfällen auf Steifigkeit und Festigkeit geprüft werden. Die Wärmenachbehandlung zur Eigenspannungsrelaxation wird als Kriechen nach dem Norton-Gesetz simuliert. Der Prüfstand prognostiziert Spannungen, Dehnungen, Verzug und Lebensdauer, markiert kritische Stellen und ermöglicht die Auslegung des Bauteils. Ein Entscheidungsmodul gibt Empfehlungen zu möglichen Nachbehandlungen. So lassen sich Entwicklungszeiten verkürzen, Kosten senken und Gewicht sowie CO<sub>2</sub> einsparen.

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

## Über dieses Projekt

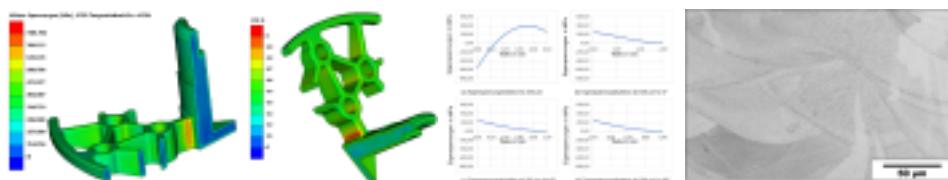
### Vorgehen

Die Forschenden fertigen Probekörper aus Edelstahl (S316L) und Aluminiumlegierung (AlSi10Mg). Sie variieren dafür die Aufbaurichtung und einzelne Geometriemerkmale wie Radien und Kanten. Die Proben untersuchen sie mit Mikro-Computertomographie, um Materialinhomogenitäten wie Poren, Einschlüsse und Risse sichtbar zu machen. Die materialelastischen Eigenschaften messen sie richtungsabhängig mit Ultraschall. Die Eigenspannungen bestimmen sie mithilfe von Röntgendiffraktion in verschiedenen Messebenen und Winkeln zur Aufbaurichtung. Das Eigenspannungstiefenprofil erfassen sie durch schrittweises chemisches Ätzen. Alle Messungen führen sie an unterschiedlichen Stellen der Proben durch, um mögliche Einflüsse der lokalen Geometrie zu prüfen.

Die Forschenden legen sämtliche Messdaten in einer Datenbank ab. Die Auswertung zeigt keine Abhängigkeit der Werte von der lokalen Geometrie, aber eine deutliche Winkelabhängigkeit zur Aufbaurichtung. Anisotropie und Inhomogenität übertragen sie anschließend in ein globales Bauteil-Materialmodell. Den finiten Elementen der Bauteilrandschicht weisen sie über ein Skript Eigenspannungen zu, sowohl tangential als auch normal zur Oberfläche. Dabei berücksichtigen sie den Winkel jedes Oberflächensegments zur Aufbaurichtung. Anschließend berechnen sie statische und zyklische Lastfälle auf Basis hinterlegter Ersatz-Wöhlerkurven und gleichen die Simulationsergebnisse abschließend mit Messungen am Bauteil ab.

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

## Über dieses Projekt



**Förderlaufzeit:**

**Förderkennzeichen:** 03LB1010

**Fördersumme:** 672 Tsd. EUR

**Abschlussbericht:**

**Weiterführende  
Webseiten:**

[foerderportal.bund.de/foekat/jsp/SucheAction.do?  
actionMode=view&fkz=03LB1010A](http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/SucheAction.do?actionMode=view&fkz=03LB1010A) - CAEaddFert im Förderkatalog des  
Bundes

## Projektkoordination

**Ansprechperson:**

Hr. Dr. Robert Dannecker

+49 0151 14827222

[r.dannecker@de.tecosim.com](mailto:r.dannecker@de.tecosim.com)

**Organisation:**

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

## Projektpartner



## Einordnung in den Leichtbau

### Realisierung

#### Angebot

##### Dienstleistungen & Beratung

Prototyping, Simulation



##### Produkte

Bauteile & Komponenten, Maschinen & Anlagen, Software & Datenbanken



#### Technologiefeld

##### Anlagenbau & Automatisierung

Sonstige (Maschinenbau)



##### Design & Auslegung

Fertigungsleichtbau, Formleichtbau, Konzeptleichtbau



#### Funktionsintegration

##### Mess-, Test- & Prüftechnik

Komponenten- & Bauteilanalyse, Sichtanalyse (z. B. Mikroskopie, Metallographie), Zerstörungsfreie Analyse



##### Modellierung & Simulation

Lasten & Beanspruchung, Optimierung, Strukturmechanik, Werkstoffe & Materialien



#### Verwertungstechnologien

# Additiv gefertigte Leichtbauteile früh bewerten: Prüfstand mit Computer Aided Engineering

Einordnung in den Leichtbau	
	Realisierung
<b>Fertigungsverfahren</b>	
<b>Additive Fertigung</b>	
3D-Druck, Selektives Laserschmelzen (SLM, LPBF, ..)	✓
<i>Bearbeiten und Trennen</i>	
<i>Beschichten (Oberflächentechnik)</i>	
<i>Faserverbundtechnik</i>	
<i>Fügen</i>	
<b>Stoffeigenschaften ändern</b>	
Mechanisches Behandeln, Wärmebehandeln, Sonstige (Sandstrahlen, Perlenstrahlen, Heiß-isostatisches Pressen, Spannungsarmes Glühen, Warm Auslagern)	✓
<i>Textiltechnik</i>	
<i>Umformen</i>	
<i>Urformen</i>	
<b>Material</b>	
<i>Biogene Werkstoffe</i>	
<i>Fasern</i>	
<i>Funktionale Werkstoffe</i>	
<i>Kunststoffe</i>	
<b>Metalle</b>	
Aluminium, Stahl	✓
<i>Strukturkeramiken</i>	
<i>(Technische) Textilien</i>	
<i>Verbundmaterialien</i>	
<i>Zelluläre Werkstoffe (Schaumwerkstoffe)</i>	