

CVC/TU Kaiserslautern

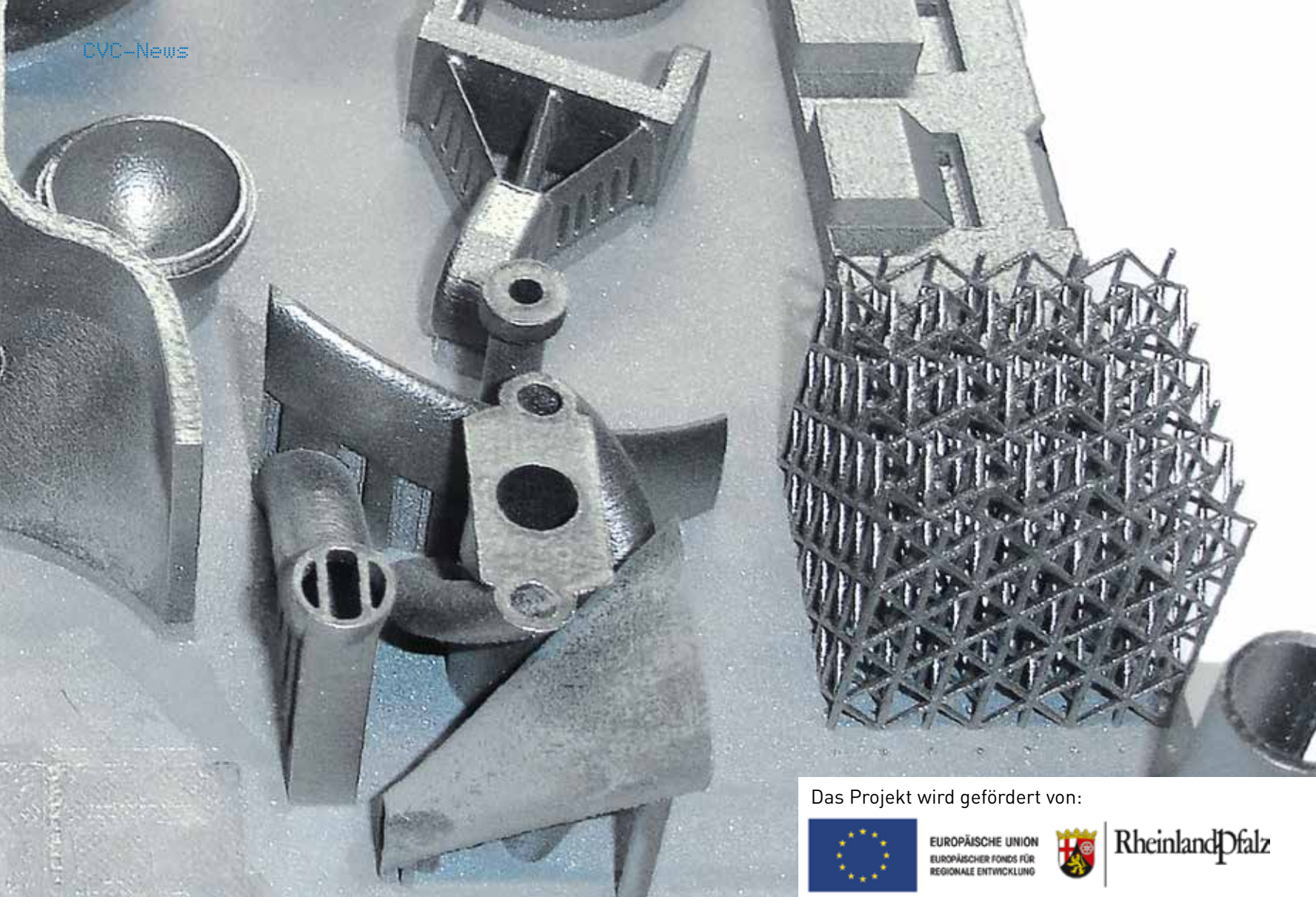
# Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugproduktion

Nutzfahrzeugspezifisches Bewertungstool für die Einsatzpotenziale der additiven Fertigung entwickelt

**Der erste Meilenstein im CVC-Leitprojekt »Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugproduktion« wurde erreicht.**

Die globale Wettbewerbssituation hat bei den Nutzfahrzeugherstellern zu einer zunehmenden

Variantenvielfalt und hohen Produkt- sowie Prozesskomplexität geführt. Eine Fertigung mit



Das Projekt wird gefördert von:



EUROPÄISCHE UNION  
EUROPÄISCHER FONDS FÜR  
REGIONALE ENTWICKLUNG



RheinlandPfalz

konventionellen Fertigungsprozessketten wird zunehmend schwieriger. Die additive Fertigung als innovative und flexibel einsetzbare Fertigungstechnologie hat das Potenzial, Prozessketten in der Nutzfahrzeugindustrie bedeutend und nachhaltig zu verändern.

Das Ziel des CVC-Leitprojekts »Additive Manufacturing in der Nutzfahrzeugproduktion« ist es, die Potenziale der additiven Fertigung für rheinland-pfälzische Unternehmen der Nutzfahrzeugindustrie aufzuzeigen und diesen zugänglich zu machen. Das dreijährige Forschungsprojekt wird von der CVC-Nutzfahrzeug GmbH und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) finanziert und nimmt sich einer Vielzahl konkreter Fragestellungen der Nutzfahrzeugindustrie in Bezug auf Prozesskettengestaltung, Qualitätsmanagement und neue Geschäftsmodelle bei der additiven Fertigung an. Der erste Meilenstein wurde nun erreicht.

Im Rahmen der dazu durchgeführten Arbeiten wurde auf der Grundlage nutzfahrzeugspezifischer Demonstratoren ein Konzept zur technisch wirtschaftlichen Bewertung der Einsatzpotenziale des Additive Manufacturing entwickelt und softwaretechnisch umgesetzt. Damit steht ein einfach zu bedienendes Softwaretool zur Bewertung der Einsatzpotenziale verschiedener additiver Fertigungsverfahren in der Nutzfahrzeugindustrie zur Verfügung. Weiterhin wurden erste Ergebnisse bezüglich der quasistatischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit von additiv hergestelltem Edelstahl gewonnen.

#### **Tool zur Identifikation und Bewertung der Einsatzpotenziale der additiven Fertigung**

Die zentralen Fragenstellungen bei der Entscheidung über den Einsatz der additiven Fertigung zur Bauteilherstellung sind unter anderem:

Ermittlung der Prozessgrenzen des SLM-Verfahrens anhand von Testgeometrien

.....

- Ist der Einsatz additiver Fertigungsverfahren aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll?
- Welches additive Fertigungsverfahren ist zur Bauteilherstellung am besten geeignet?
- Welche additive Fertigungsanlage ist zur Bauteilherstellung am besten geeignet?

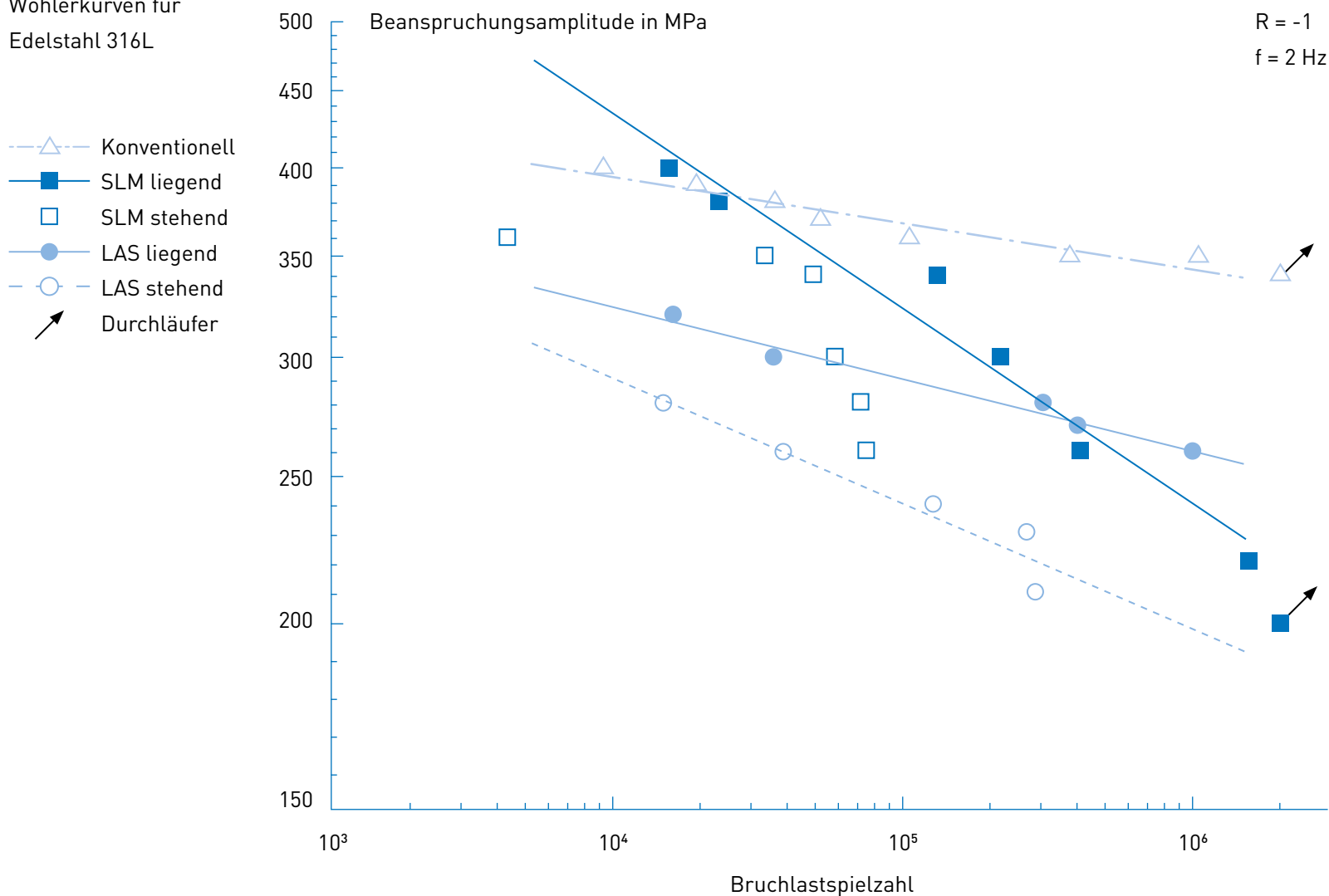
Das zusammen mit den Projektpartnern entwickelte Bewertungstool befähigt Nutzfahrzeughersteller und Lieferanten bauteilspezifisch die grundsätzliche Eignung der additiven Fertigung, verschiedener additiver Fertigungsverfahren sowie unterschiedlicher additiver Fertigungsanlagen anhand technischer und wirtschaftlicher Aspekte zu beurteilen. Damit unterstützt das Tool den systematischen Prozess der Entscheidungsfindung bezüglich einer additiven Fertigung.

Das Bewertungstool ist dreistufig aufgebaut. Auf der ersten Stufe der Bewertung wird der Frage

nachgegangen, ob zur Herstellung eines konkreten Bauteils additive oder konventionelle Fertigungsverfahren besser geeignet sind. Der Bewertungsalgorithmus des Softwaretools basiert auf der Nutzwertanalyse und berücksichtigt technische sowie wirtschaftliche Bewertungskriterien, wie beispielsweise Stückzahl, Bauteilabmessungen oder Hohlkörperkomplexität. Die erste Bewertungsstufe ermöglicht eine Empfehlung zur Herstellung des Bauteils entweder mit additiven oder konventionellen Fertigungsverfahren.

Wird eine additive Fertigung empfohlen, wird auf der zweiten Stufe der Bewertung das aus technischer Sicht am besten geeignete additive Fertigungsverfahren zur Herstellung des Bauteils ermittelt. Das Bewertungstool berücksichtigt dabei drei additive Fertigungsverfahren für Metall: Selektives Laserschmelzen (SLM), Laserauftragschweißen (LAS) und den Metall-Pulver-Auftrag (MPA). Die Bewertungskriterien

Wöhlerkurven für Edeltahl 316L



dieser Stufe, wie beispielsweise Supportstruktur, Oberflächenrauheit und Rotationssymmetrie, ermöglichen es, die verschiedenen additiven Fertigungsverfahren bauteilspezifisch zu bewerten und das am besten geeignete Fertigungsverfahren zur Herstellung des Bauteils zu identifizieren.

Auf der dritten Stufe der Bewertung werden die Herstellkosten und -zeiten des Bauteils mit verschiedenen additiven Fertigungsanlagen abgeschätzt. In dem Softwaretool sind die Anlagendaten mehrerer führender Anlagenhersteller integriert. Anhand verschiedener Kriterien, wie beispielsweise dem Werkstoff oder den Abmessungen des Bauteils, werden zunächst die verfügbaren Anlagen zur Bauteilherstellung gefiltert und im Folgenden mithilfe des Bauteilvolumens die jeweiligen Herstellkosten und -zeiten ermittelt.

Nach dem Durchlauf der drei Stufen der Bewertung sind damit die zentralen Fragestellungen bei der Entscheidung über den Einsatz additiver Fertigungsverfahren zur Bauteilherstellung für ein konkretes Bauteil verständlich beantwortet worden und das Ergebnis anschaulich dargestellt.

### **Charakterisierung des Edelstahl 316L**

Für den Einsatz additiv hergestellter Bauteile in der Nutzfahrzeugindustrie ist eine Charakterisierung des Werkstoffs notwendig. Im Rahmen des Projekts wurden daher umfangreiche Untersuchungen für den additiv hergestellten Edelstahl 316L durchgeführt und ein Vergleich zu konventionell hergestellten Proben aus 316L gezogen. Der Fokus der Untersuchung lag auf der Ermittlung der quasi-statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit. Bei den mittels Selektivem Laserschmelzen und Laserauftragschweißen angefertigten Proben wurden der Einfluss der Aufbaurichtung sowie einer Wärmebehandlung berücksichtigt. Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass liegend aufgebaute Zugproben bessere mechanische Eigenschaften aufweisen als stehend aufgebaute Proben. Dies ist mit der Ausrichtung der Körner in Beanspruchungsrichtung zu erklären. Die Zugfestigkeit von liegend aufgebauten

SLM-Proben übertrifft sogar den Wert für das konventionell hergestellte Material. Die Zugfestigkeit für die stehend aufgebauten SLM-Proben und die liegend aufgebauten LAS-Proben ist nahezu identisch zum konventionell hergestellten Material. Lediglich die Zugfestigkeit für die stehend aufgebauten LAS-Zugproben liegt darunter.

Die Ermüdungsfestigkeit wurde anhand von Wöhlerversuchen ermittelt. Dabei hat sich gezeigt, dass die SLM-Proben bei hohen Beanspruchungsamplituden mehr Zyklen bis zum Bruch ertragen als LAS-Proben. Bei niedrigen Beanspruchungsamplituden hingegen erreichen LAS-Proben eine höhere Bruchlastspielzahl als SLM-Proben. Als Grund wird der höhere Martensitgehalt in den LAS-Proben vermutet, welcher sich gerade bei vielen Beanspruchungszyklen positiv auswirkt. Verglichen mit dem additiven Material weist jedoch das konventionell hergestellte Material über nahezu alle Beanspruchungsamplituden ein besseres Ermüdungsverhalten auf.

### **Ausblick**

Im nächsten Arbeitspaket des Projekts wird eine nutzfahrzeugspezifische Handlungsanleitung zur Integration der additiven Fertigung in bestehende Prozessketten erarbeitet. Dazu werden im ersten Schritt zunächst die Ursachen erforscht, die Nutzfahrzeughersteller und Zulieferer momentan daran hindern, die additive Fertigung in ihre Prozessketten zu integrieren.

### **Kontakt**

Technische Universität  
Kaiserslautern  
Lehrstuhl für Fertigungstechnik und  
Betriebsorganisation  
Gottlieb-Daimler-Straße  
67663 Kaiserslautern  
[mv.uni-kl.de/fbk/](http://mv.uni-kl.de/fbk/)

Ansprechpartner:  
Prof. Dr.-Ing.  
Jan C. Aurich  
Tel.: +49 631 205-2618  
Fax: +49 631 205-3238  
[aurich@cpk.uni-kl.de](mailto:aurich@cpk.uni-kl.de)

Christopher Gläßner  
Tel.: +49 631 205-4225  
Fax: +49 631 205-3304  
[christopher.glaessner@mv.uni-kl.de](mailto:christopher.glaessner@mv.uni-kl.de)