

# Ressourcen sparen bei Metallbauteilen

Der 3D-Druck von Metallen könnte eine ähnliche Erfolgsgeschichte schreiben wie der von Kunststoffen. Im neu eröffneten 3D-Drucklabor Metall und Strukturwerkstoffe am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI, haben Forscher untersucht, wie ressourceneffizient der Herstellungsprozess ist, wenn Leichtbaukomponenten aus Aluminium additiv gefertigt werden. Das Ergebnis: Schon kleinere Einsparungen an Material und Ressourcen pro Bauteil bringen hohe Kostenersparnisse bei Serienfertigungen mit sich. Quelle: Inventor, Bilder: Fraunhofer EMI

**Das 3D-Drucklabor** Metall und Strukturwerkstoffe am Fraunhofer EMI in Freiburg beherbergt einen der derzeit grössten kommerziell verfügbaren 3D-Drucker für Metalle. Im Forschungsbereich ist die Anlage in dieser Grösse ein Unikat. Per selektivem Laserschmelzen (SLM) lassen sich hier metallische Strukturen mit Abmessungen von bis zu 40 Zentimetern additiv fertigen. Der 3D-Druck bietet völlig neue Möglichkeiten, Bauteile mit komplexesten Formgebungen zu gestalten und zugleich das Gewicht zu optimieren. Doch erst die Kombination von additiver Fertigung und intelligentem Leichtbaudesign erlaubt eine maximal ressourceneffiziente Produktion. Wie ressourcenschonend der Herstellungsprozess tatsächlich ist, und ob sich etwa Material- und Betriebskosten im Vergleich zu herkömmlichen industriellen Verfahren minimieren lassen, haben Fraunhofer-Forscher im neuen 3D-Drucklabor am Beispiel einer praxisnahen Komponente unter-

sucht. Als Bauteil für den Test wurde ein Radträger verwendet, wie er beispielsweise in einem Leichtbaufahrzeug eingesetzt werden könnte. «Wir konnten quantifizieren, wie sich Leichtbau und speziell der Einsatz von Methoden der Strukturoptimierung auf die eingesetzten Ressourcen während des Herstellungsprozesses mittels SLM auswirken», sagt Klaus Hoschke, Wissenschaftler und Gruppenleiter am Fraunhofer EMI. Im Fokus standen die Kennwerte Strom- und Materialbedarf, Fertigungszeit und CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei einer Kleinserienproduktion von zwölf Radträgern anfallen.

## Ressourceneffizienz einer Kleinserienfertigung

Nachdem die Forscher im ersten Schritt einen Design-Entwurf mithilfe der numerischen Finite-Elemente-Methode (FEM) simuliert, analysiert und die geeignete geometrische Form bestimmt hatten, konstruierten sie den Radträ-

ger im optimierten Leichtbaudesign. Das Resultat war ein Radträger, der auf die definierten Lastszenarien ausgelegt ist und eine maximale Performance bietet. Aufgrund ihrer geometrischen Komplexität lassen sich derart gefertigte Strukturen nicht konventionell herstellen – also etwa durch Fräsen oder Drehen. «Mit dem leichteren Modell konnten wir während der Fertigung enorm Ressourcen einsparen, da pro Bauteil weniger Material erzeugt werden muss. Multipliziert man dies auf eine Kleinserie, so benötigt man weniger Zeit, Material und Energie für die Herstellung. Eine Reduktion des Volumens durch Nutzung höherfester Werkstoffe besitzt hierbei das grösste Einsparungspotenzial», so der Forscher. Mithilfe der numerisch optimierten Version des Radträgers wurden im Vergleich zum konventionellen Design 15 Prozent der für den additiven Prozess nötigen Energie gespart. Der Strombedarf betrug beim konventionellen Design zwölf Kilowattstunden,

## IMPRESSION 3D

# Économie de ressources sur les composants métalliques

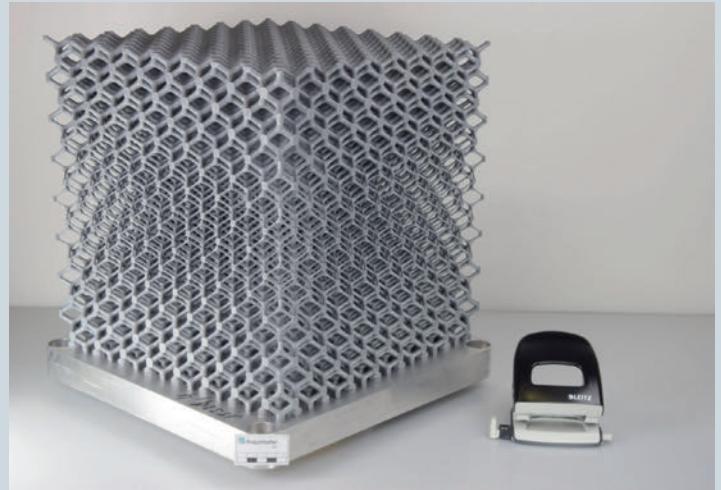
L'impression 3D de métaux pourrait connaître le même succès que celle des matières plastiques. Dans le nouveau laboratoire d'impression 3D de l'Institut Fraunhofer de dynamique des hautes vitesses - l'Institut Ernst Mach (EMI) - les chercheurs ont analysé l'efficacité des ressources du processus de fabrication additive de composants allégés en aluminium. Résultat : de petites économies sur le matériau et les ressources suffisent à réduire les coûts de manière significative sur les productions en série.

**Le laboratoire d'impression 3D** de métaux et matériaux de structure à Fribourg abrite l'une des plus grandes imprimantes 3D pour métaux actuellement disponible dans le commerce. Dans le domaine de la recherche, une telle installation constitue une pièce unique. Le processus de fusion sélective laser (FSL) permet de fabriquer des structures métalliques de jusqu'à 40 cm. L'impression 3D offre

des possibilités inédites de conception de composants avec des formes complexes en optimisant le poids. Seule l'association d'une fabrication additive et d'une conception légère intelligente autorise une production à l'efficacité des ressources maximale. Dans le nouveau laboratoire 3D, les chercheurs ont analysé un composant pratique pour connaître l'efficacité réelle du processus de

fabrication en matière de ressources ainsi que les éventuelles économies de matériau et de coûts de fonctionnement par rapport aux procédures industrielles classiques. Un support de roue, tel qu'il est utilisé dans un véhicule léger, a permis de réaliser l'essai. « Nous avons pu quantifier les effets d'une construction légère et de la mise en œuvre de méthodes d'optimisation des structures sur les

ressources utilisées pendant le processus de fabrication au moyen de la FSL », a déclaré Klaus Hoschke, scientifique et chef d'équipe à l'EMI Fraunhofer. L'accent a été mis sur les valeurs caractéristiques des besoins en électricité et en matériau, du temps de fabrication et des émissions de CO<sub>2</sub> engendrées lors la production de douze supports de roue.



**Strukturoptimierter Radträger eines Ultraleichtfahrzeugs: Design für Additive Manufacturing – Herstellung im 3D-Drucklabor Metall und Strukturwerkstoffe am Fraunhofer EMI.**

Support de roue à structure optimisée d'un véhicule ultra-léger : conception pour fabrication additive – produit dans le laboratoire d'impression 3D de métaux et matériaux de structure de l'Institut Fraunhofer EMI.

**Gitterwürfel mit 40 Zentimetern Kantenlänge, eine der grössten Metallstrukturen, die im selektiven Laserschmelzen (SLM) gefertigt wurden.**

Cube en treillis avec une longueur d'arête de 40 cm, une des plus grandes structures métalliques fabriquées selon la fusion sélective laser (SLM).

beim numerisch optimierten Design nur zehn Kilowattstunden – der Messwert bezieht sich jeweils auf ein Bauteil der Serienfertigung. Die Fertigungszeit konnte um 14 Prozent sowie die CO<sub>2</sub>-Emission um 19 Prozent reduziert werden. Mit 28 Prozent fiel die Einsparung beim Material noch deutlicher aus.

#### Additive Fertigung – das Mittel der Wahl

Bereits heute werden strukturoptimierende Algorithmen oder numerische Optimierungssimulationen beim 3D-Druck von Bauteilen verwendet, jedoch nur dann, wenn die Komponente eine möglichst geringe Masse haben soll, um später etwa im Flugzeugbetrieb Kraft-

stoff zu sparen. Bauteile, die keine Anwendungsimplication einer Strukturoptimierung aufweisen, werden nach wie vor meist mit herkömmlichen industriellen Verfahren produziert. Die Ergebnisse der Kleinserienproduktion des Radträgers legen nahe, dass sich die additive Fertigung auch dann anbietet, wenn ein Bauteil nicht strukturoptimiert werden muss. »Ein Wärmetauscher oder eine Werkzeugform etwa müssen nicht leicht sein, um eine bessere Funktion zu erfüllen. Dennoch ist es sinnvoll, sie mit einem geringen Gewicht und Volumen auszulegen, wenn sie additiv gefertigt werden, da man die Herstellungskosten senken kann«, erklärt Hoshcke. Die Prognosen, welche Aus-

wirkung die generative Fertigung von Metallen auf die globale Produktion haben wird, gehen auseinander. Einigkeit besteht darin: Für viele Industrien wie die Luft- und Raumfahrttechnik, die Fahrzeug- und Medizintechnik sowie den Werkzeugbau ist sie ein «Game Changer». «Unsere positiven Ergebnisse in Bezug auf die Ressourceneffizienz beim Herstellungsprozess dürften dies untermauern», sagt der Wissenschaftler. Künftig wollen Hoshcke und sein Team erforschen, inwiefern andere Bauhöhen, Seriengrößen und Werkstoffe wie etwa Titan die Ressourceneffizienz des Herstellungsprozesses beeinflussen. Quelle: Inventor

#### Efficacité de ressources de la fabrication en petite série

Les chercheurs ont employé la méthode numérique des éléments finis (MEF) pour simuler et analyser une ébauche de conception, avant de déterminer la forme géométrique adaptée et de construire un support de roue de conception légère optimisée. Le résultat : un support de roue conçu pour supporter des charges définies et offrant une performance maximale. Du fait de leur complexité géométrique, des structures ainsi produites n'autorisent pas l'usage de méthodes de fabrication conventionnelles, comme le fraisage ou le tournage. « Le modèle léger a permis de réaliser d'importantes économies de ressources lors de la fabrication, chaque composant ayant exigé moins de matériau. À l'échelle d'une petite série, la fabrication aura nécessité moins de temps, de matériau et

d'énergie. La réduction du volume due à l'utilisation de matériaux plus résistants présente ainsi le potentiel d'économies le plus important », déclare le chercheur. À l'aide de la version numériquement optimisée du support de roue, une économie de 15% a pu être réalisée sur l'énergie nécessaire au processus additif, par rapport à la conception conventionnelle. Pour cette dernière, les besoins en électricité étaient de 12 kWh, tandis qu'avec la version numérique, ils n'étaient que de 10 – la valeur mesurée se référant à un composant de la fabrication en série. Le temps de fabrication a pu être réduit de 14% et les émissions de CO<sub>2</sub>, de 19%. Les économies de matériau, 28% au total, étaient plus significatives.

#### Fabrication additive – le processus de premier choix

Actuellement, les algorithmes à opti-

misation de structure ou les simulations numériques d'optimisation sont utilisés pour l'impression 3D de composants, mais uniquement lorsque ces derniers doivent présenter un poids minimum dans l'optique d'économiser du carburant en cas de mise œuvre dans un avion. Les composants qui ne présentent aucun intérêt à une optimisation de structure, sont majoritairement produits avec des procédures industrielles classiques. Les résultats de la production en petite série du support de roue indiquent que la fabrication additive est proposée lorsqu'un composant ne doit pas faire l'objet d'une optimisation de structure. « Un échangeur thermique ou une forme d'outil ne doivent pas être légers pour mieux fonctionner. Il est toutefois judicieux de les concevoir avec un poids et un volume réduits lors d'une fabrication additive, afin de pouvoir baisser

les coûts de fabrication », explique Hoshcke. Les pronostics quant aux conséquences de la fabrication additive sur la production globale, varient. Une chose est certaine : pour de nombreuses industries comme la technologie aéronautique, la construction automobile, la technique médicale et la fabrication d'outils, il s'agit d'un « Game Changer ». « Une affirmation étayée par les résultats positifs que nous avons obtenus quant à l'efficacité des ressources lors du processus de fabrication », ajoute le scientifique. À l'avenir, Hoshcke et son équipe souhaitent déterminer comment d'autres hauteurs de construction, grandeurs de séries et matériaux comme le titane, influent sur l'efficacité des ressources du processus de fabrication.

Source : Inventor