



Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-27

Unlimited Freedom in Manufacturing

E

Whether it's for trainer midsoles, aircraft engine parts or bone implants, additive manufacturing is already part of our everyday lives. It's the go-to method whenever particularly complex, intricate geometries are called for and conventional techniques would struggle to cope. "If you can imagine something, you can use additive manufacturing to make it," says Prof. Katrin Wudy, putting it in a nutshell. Together with her team, she is studying the many varied possibilities additive manufacturing offers for mass-producing parts made of plastic and metal. They are analyzing how processes can be improved and new materials processed. Their focus is on "powder bed fusion". The material used here is a powder consisting of many particles each just 50 micrometers in diameter – as thin as a human hair, in other words. In the process, Wudy and her team want to drive the processes for series production forward and tap into new materials. □



Bildquellen: Stefan Woidig; Grafiken: edlundsepp

Grenzenlose Fertigungsfreiheit

Link

www.mw.tum.de/lbam

Wenn es sich um besonders komplexe, filigrane Bauteile handelt: dann sind sie mit hoher Wahrscheinlichkeit additiv gefertigt. Additive Fertigungstechnologien halten in der Industrie Einzug und erweitern das Spektrum produzierbarer Bauteile ungemein. Aber es gibt noch viel zu forschen. Prof. Katrin Wudy und ihr Team wollen die additiven Fertigungsprozesse für die Serienfertigung voranbringen und neue Materialien erschließen.



Prof. Katrin Wudy

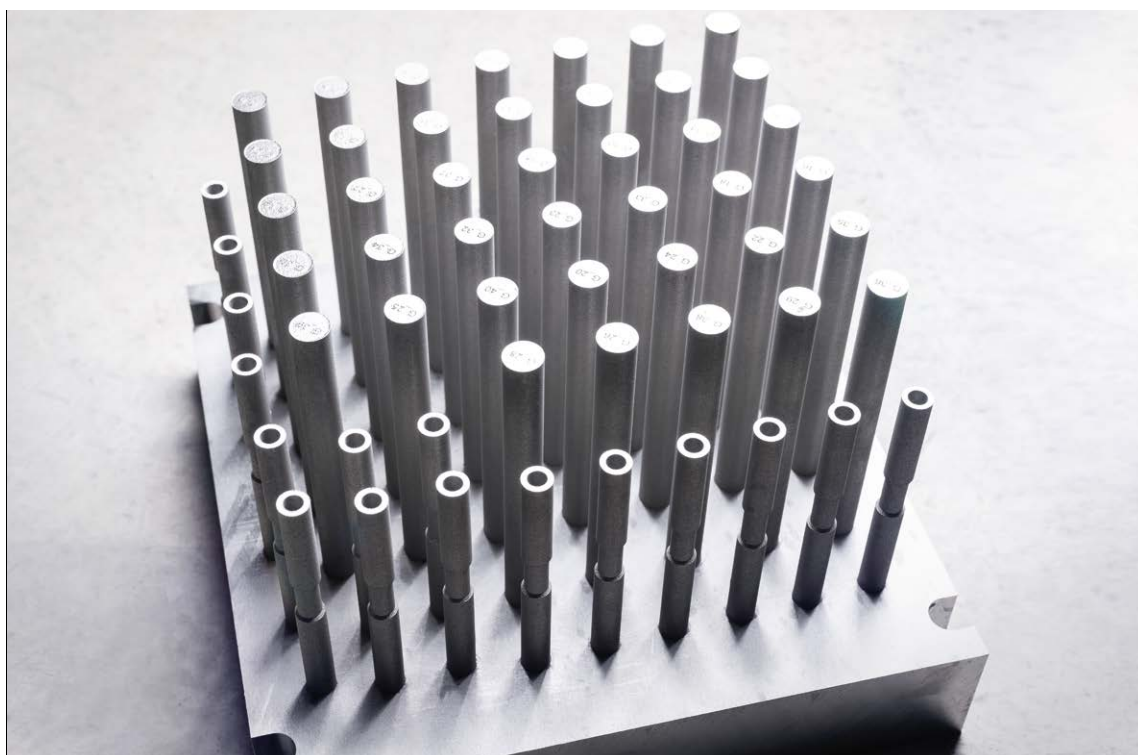
studierte an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt Kunststoff- und Elastomertechnik. Zur pulver- und strahlbasierten additiven Fertigung promovierte sie 2017 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Von 2015 bis 2019 leitete sie die Arbeitsgruppe „Additive Fertigung“ am Lehrstuhl für Kunststofftechnik und war Geschäftsführerin des SFB 814 „Additive Fertigung“ der FAU. 2019 wurde sie auf die Professur für laserbasierte additive Fertigung an die TUM berufen.

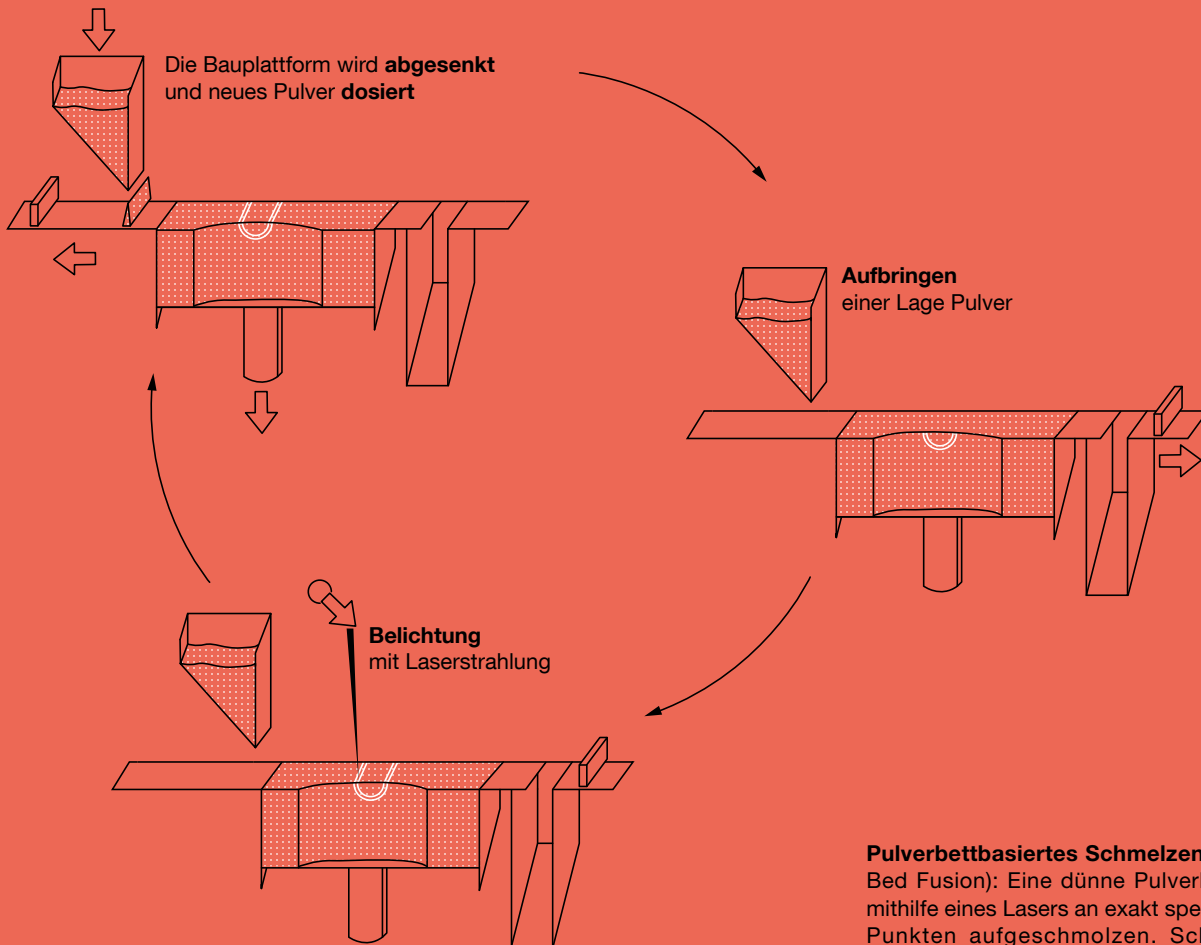
„Die additive Fertigung ist im Alltag angekommen“, sagt Prof. Katrin Wudy und zeigt auf ihre Schuhe. Sie trägt Turnschuhe, deren weiße Zwischensohlen eine Gittergeometrie haben, die dafür sorgt, dass die Schuhe Stöße gut abfedern können. „Sehr bequem“, lächelt Wudy. Nicht nur das. Vor allem sind sie additiv gefertigt.

Ob in Form von solchen Zwischensohlen, Triebwerkskomponenten für Flugzeuge, Bürsten von Wimperntuschen oder Knochenimplantaten: Additiv gefertigte Teile begegnen uns im Alltag. Oft haben sie komplexe, filigrane Geometrien, für die herkömmliche Verfahren an ihre Grenzen stoßen. Warum?

Additive Fertigung bietet schier grenzenlose Designfreiheit, weil die Bauteile auf der Grundlage eines digitalen Datenmodells schichtweise aufgebaut werden – ganz ohne Werkzeuge und Formen. Zudem lassen sich Materialien einsetzen, bei denen konventionelle Fertigungsverfahren wie das Gießen an ihre Grenzen kommen. „Alles, was vorstellbar ist, ist additiv herstellbar“, fasst Wudy zusammen und fügt hinzu: „Das fasziniert mich an meinem Forschungsfeld.“

Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metallen: Gedruckte Teile auf einer Bauplattform.





Pulverbettbasiertes Schmelzen (Powder Bed Fusion): Eine dünne Pulverlage wird mithilfe eines Lasers an exakt spezifizierten Punkten aufgeschmolzen. Schicht für Schicht entsteht so ein neues Werkstück.

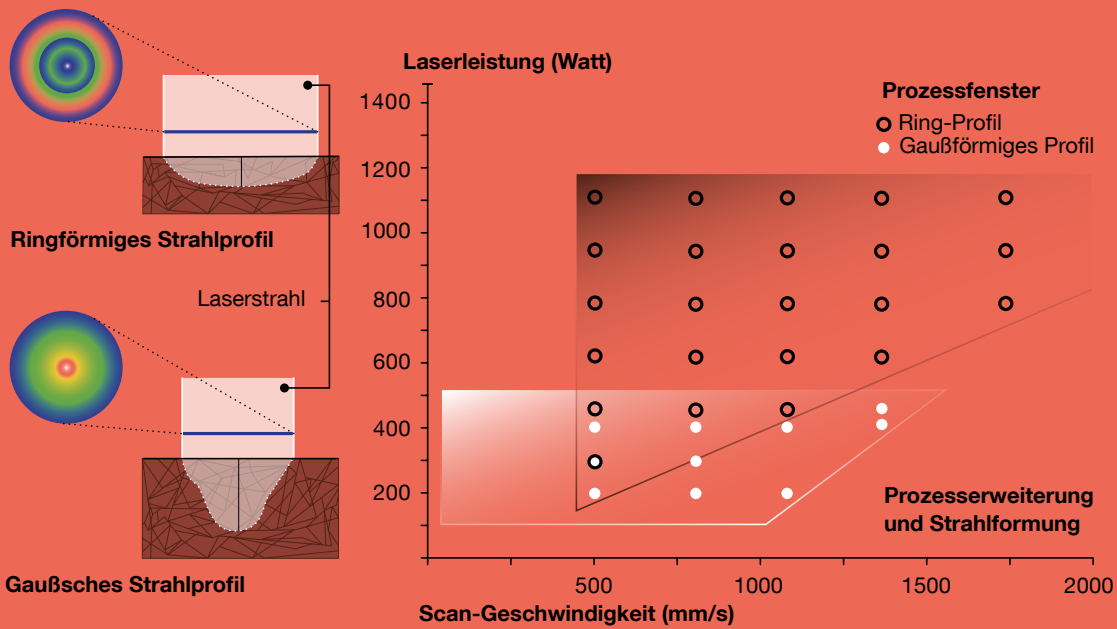
Doppelter Fokus als globales Alleinstellungsmerkmal: Wudys Gruppe erforscht additive Fertigungstechniken für Kunststoffe und Metalle. Die Aufnahmen zeigen pulverbettbasiertes Schmelzen und Analysemethoden für Kunststoffe (1; 3) und für Metalle (2; 4).

Pulverschicht für Pulverschicht zum Serienbauteil

Bei der additiven Fertigung haben viele Menschen einen Desktop 3D-Drucker vor Augen, der Figuren druckt. Die Industrie dagegen kennt eine Reihe von Verfahren, um technisch höchst anspruchsvolle Produkte aus unterschiedlichen Werkstoffen herzustellen. Das ist es, was Wudy und ihr Team interessiert: Sie analysieren Schichtbauverfahren für Serienbauteile und erforschen, wie sich Prozesse verbessern und neue Werkstoffe verarbeiten lassen. Ihr Fokus liegt auf dem sogenannten pulverbettbasierten Schmelzen (Powder Bed Fusion). Hier ist der eingesetzte Werkstoff ein Pulver, das aus vielen kugelför-

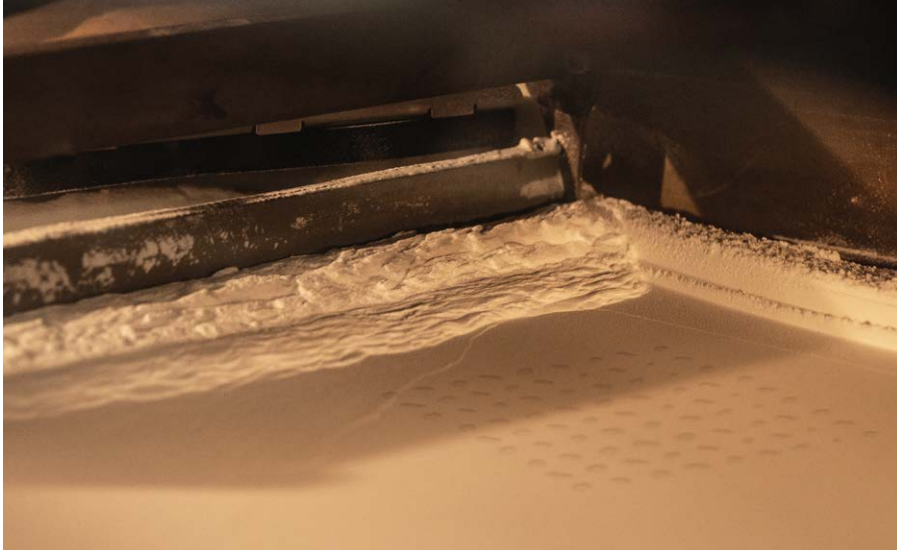
migen Partikeln besteht, deren Durchmesser gerade mal 50 Mikrometer umfasst – also so dünn wie ein Haar ist.

Wie funktioniert das? Zunächst wird auf eine Plattform im Bauraum der Fertigungsanlage eine dünne Pulverschicht aufgetragen. Anschließend schmilzt ein Laserstrahl dieses Pulverbett genau an den Stellen auf, die das digitale Datenmodell vorgibt. Danach wird die Bauplattform eine Schicht nach unten gefahren, wieder eine dünne Pulverschicht aufgetragen und aufgeschmolzen. So entsteht Schicht für Schicht ein Bauteil. ▶

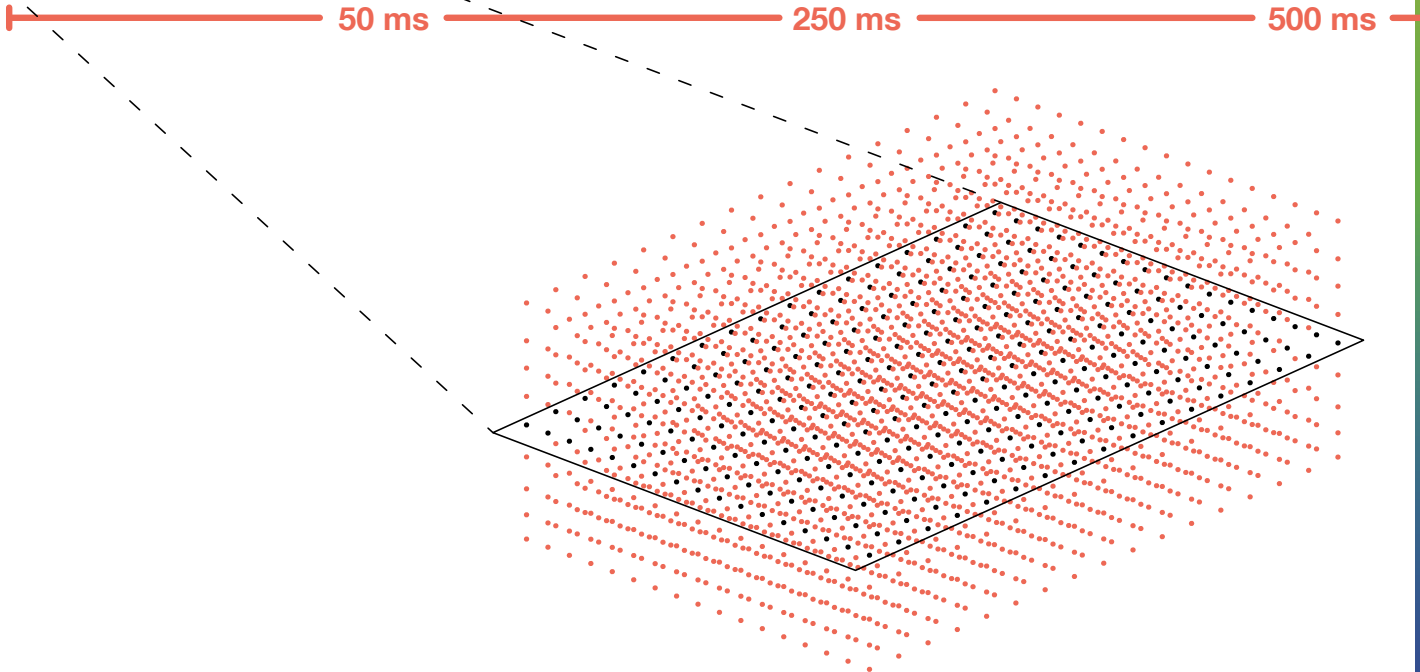
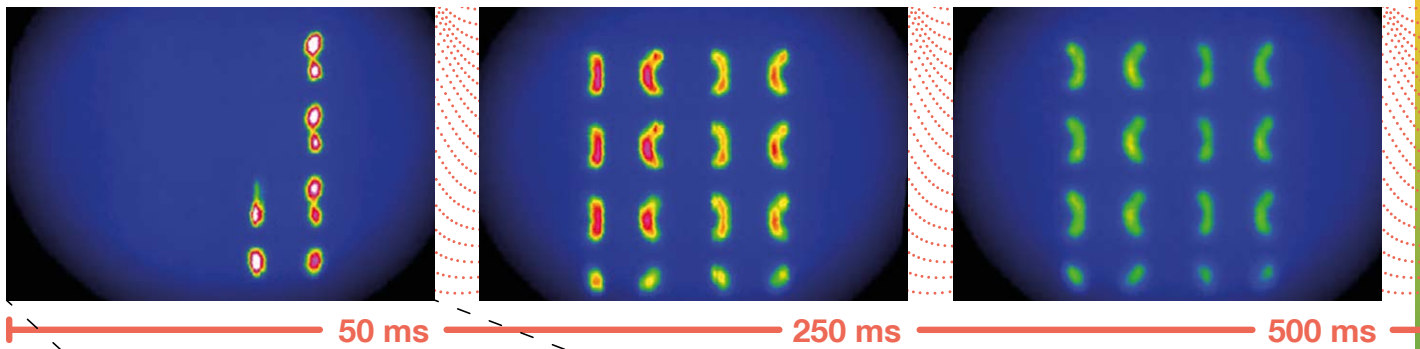


Mit verschiedenen Strahlformen des Lasers lässt sich für Metalle der additive Fertigungsvorgang beschleunigen: Ein ringförmiges (Donut-) Strahlprofil bietet ein großes Prozessfenster und ermöglicht so einen schnelleren Prozess.





Thermografische Beobachtung des Schmelzprozesses, während sich der Laserstrahl über das Pulverbett bewegt.



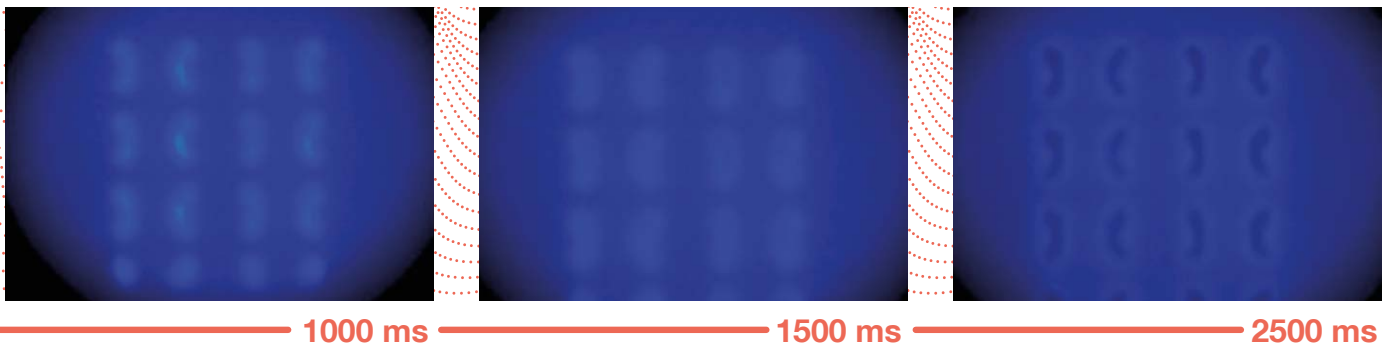
Ein neues Monitoringsystem für pulverbettbasiertes Schmelzen von Kunststoffen beobachtet die Wärmeentwicklung während des Schmelzprozesses.

Metall und Kunststoff im Blick

Fünf solche Anlagen und einige Teststände stehen im Labor, das sich Wudy mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der TUM teilt. Hier forschen sie und ihr Team an der additiven Fertigung vor allem von Kunststoffen und Metallen. Dieser doppelte Fokus ist ein weltweites Alleinstellungsmerkmal von Wudys Lehrstuhl. „Die Fertigungstechnologien sind im Bereich Forschung und Fertigung unterschiedlich weit, daher ist ein Erkenntnistransfer möglich“, betont sie. So sind Monitoringsysteme im Metallbereich bereits etabliert, noch nicht dagegen bei Kunststoffteilen. Hier verläuft der Aufschmelzprozess im Bauraum bislang noch nicht überwacht. Erst nach der Entnahme aus dem Bauraum weiß man, ob die Bauteile gelungen sind – oder eben nicht.

„Alles, was vorstellbar ist, ist additiv herstellbar.“

Katrin Wudy



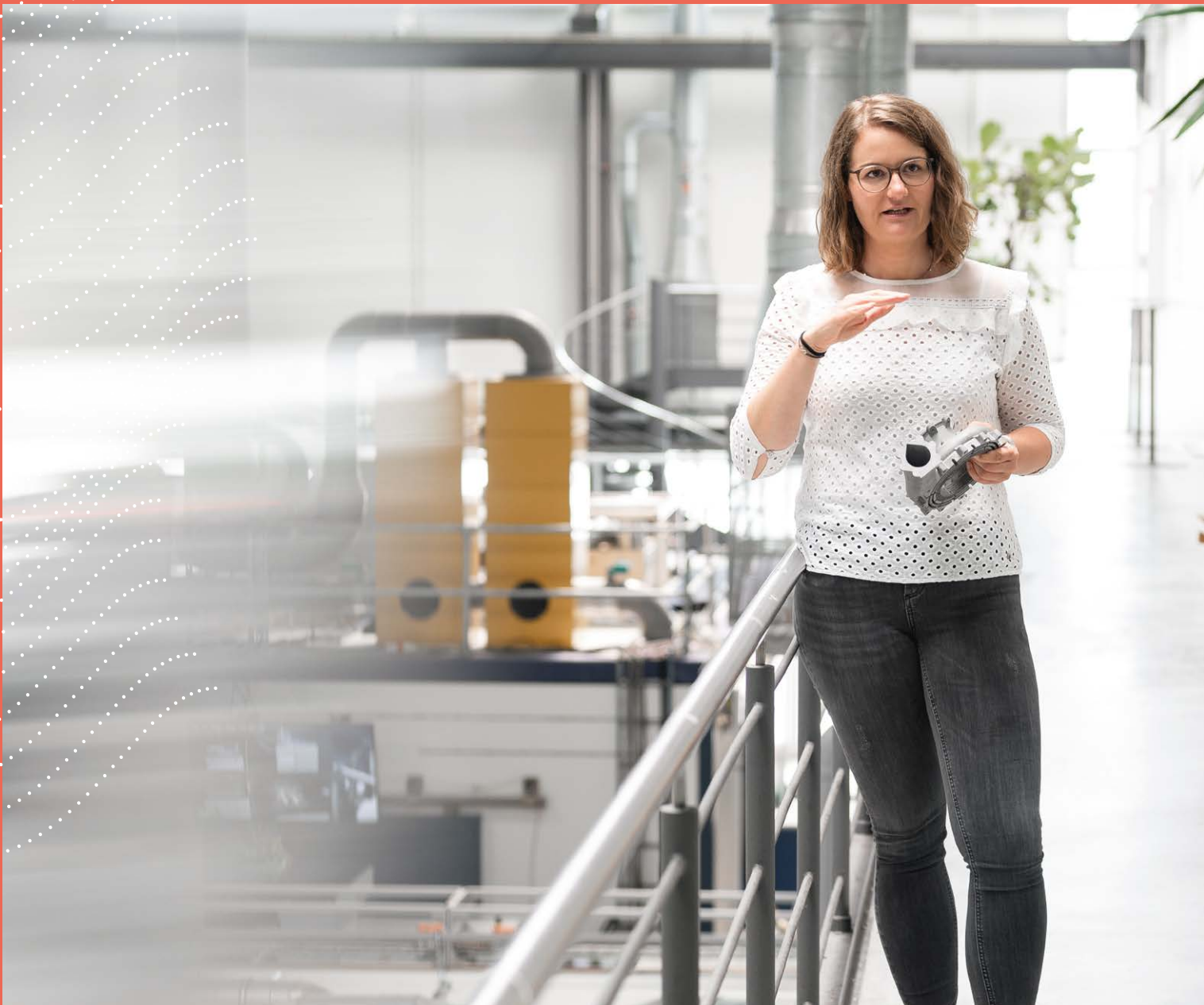
Viele Prozessstudien sind also notwendig. Wudy und ihr Team beobachten daher beim Verarbeitungsprozess verschiedene Prozessparameter, um bereits während des Prozesses die Materialien qualifizieren zu können. Das ehrgeizige Ziel: In Zukunft soll die Entwicklung stabiler additiver Prozesse nur noch Stunden oder Tage statt mehrerer Wochen dauern. Die Fragen, die Wudy dabei umtreiben: Welche Parameter muss ich für einen stabilen additiven Prozess betrachten? Wie schaffe ich eine Korrelation von Prozessparametern mit Bauteileigenschaften? Essenziell sind etwa der räumliche und zeitliche Temperaturverlauf beim Aufschmelz- und Erstarrungsprozess. Um die Temperatur während der Belichtung zu beobachten, erstellt Wudy Thermografieaufnahmen und analysiert sie in Korrelation zum zeitlichen Verlauf des Aufschmelzprozesses.

Bei den Metallen wollen Wudy und ihr Team den Schmelzprozess an sich verändern. Der Laserstrahl fährt mit einer Geschwindigkeit von bis zu einem Meter pro Sekunde über das Pulverbett, bei einem Fokusbereich von circa 60 µm. Auf kleinster Flächen- und Zeitskala entsteht also ein sehr hoher Energieeintrag. Funken sprühen und Pulverpartikel werden aus dem Schmelzbad ausgeschleudert, was zu Defekten am Bauteil führen kann. „Wir sind nun dabei, etwa über andere Strahlprofile, den Energieeintrag anzupassen, was zu einem ruhigeren und größeren Schmelzbad führt“, erklärt Wudy. Nach heutigem Stand der Technik haben die Laserstrahlquellen ein Intensitätsprofil, das im Querschnitt eine Gauß-Kurve zeigt (Siehe S. 47). In ihren Tests hat Wudy den Energieeintrag zum Ringprofil bzw. Donutprofil verändert und erkannt, dass sie damit sowohl größere Flächen aufschmelzen als auch die Prozessgeschwindigkeit erhöhen kann. Ein weiterer Vorteil: Da sich mit diesen Ring- bzw. Donutprofilen der Temperaturgradient während der Belichtung senken lässt, sind neue Werkstoffe verarbeitbar. Ein Beispiel sind rissempfindliche Materialien wie Werkzeugstähle.

■ Gitta Rohling

„Wir wollen neuartige Prozessstrategien für additive Fertigung entwickeln, um eine auf Anhieb fehlerfreie Produktion zu realisieren und Produkte für die Zukunft zu schaffen.“

Katrin Wudy



Wo steht die additive Fertigung?

Fragen an Prof. Katrin Wudy



Bildquelle: Stefan Woitig

Die additive Fertigung ist bereits Fertigungsalltag in vielen Branchen. Wo liegen aktuelle Herausforderungen?

Neben der Optimierung der Prozesse arbeiten wir an ihrer Automatisierung. Denn viele Prozessschritte, die nach dem eigentlichen Fertigungsprozess kommen, sind bislang noch nicht automatisiert. Dazu gehören etwa, die Bauteile aus dem Pulver zu befreien und anschließend zu sortieren oder auch das Pulver wiederzuverwenden. Hier wollen wir automatisierte Prozesse entwickeln und stabilisieren.

Eine weitere Herausforderung, an deren Lösung wir arbeiten: Die theoretische Vielfalt der Werkstoffe, die wir in der additiven Fertigung einsetzen könnten, ist bislang noch eingeschränkt. Warum? Weil die mikroskaligen Pulver für das pulverbettbasierte Schmelzen ganz bestimmte Eigenschaften haben müssen, was aufwendig in der Herstellung ist.

Woran wird in Zukunft geforscht?

Ein Thema, das uns verstärkt beschäftigen wird, ist die Künstliche Intelligenz (KI). Wie in vielen Branchen hält sie auch Einzug in die additive Fertigung. Sie kann uns zukünftig sicherlich bei vielen unserer Forschungsfragen unterstützen. Zunächst geht es darum, unsere Datensätze zu analysieren und auszuwerten – und anschließend unsere Prozesse besser zu verstehen und zu optimieren. Bei den oft aus tausenden Schichten bestehenden Bauteilen gibt es sehr viele Daten zu analysieren. Beim Monitoring helfen uns vor allem die Fortschritte von KI bei der Bilderkennung und -auswertung. Deswegen werden wir in Zukunft eng mit den Kolleginnen und Kollegen der Informatik zusammenarbeiten.

Insgesamt gibt es in der additiven Fertigung viel Forschungsbedarf. Das Forschungsthema ist ja noch relativ jung. Erste additive Fertigungsverfahren wurden zwar bereits 1985 entwickelt, aber erst seit den letzten zehn Jahren sind erste industrielle Anwendungen im Einsatz. In der Forschung kann man noch große Schritte machen. Die Community, die hier forscht und arbeitet, ist jung, dynamisch, innovativ – und will die Welt der Fertigung verändern.

■

Gitta Rohling