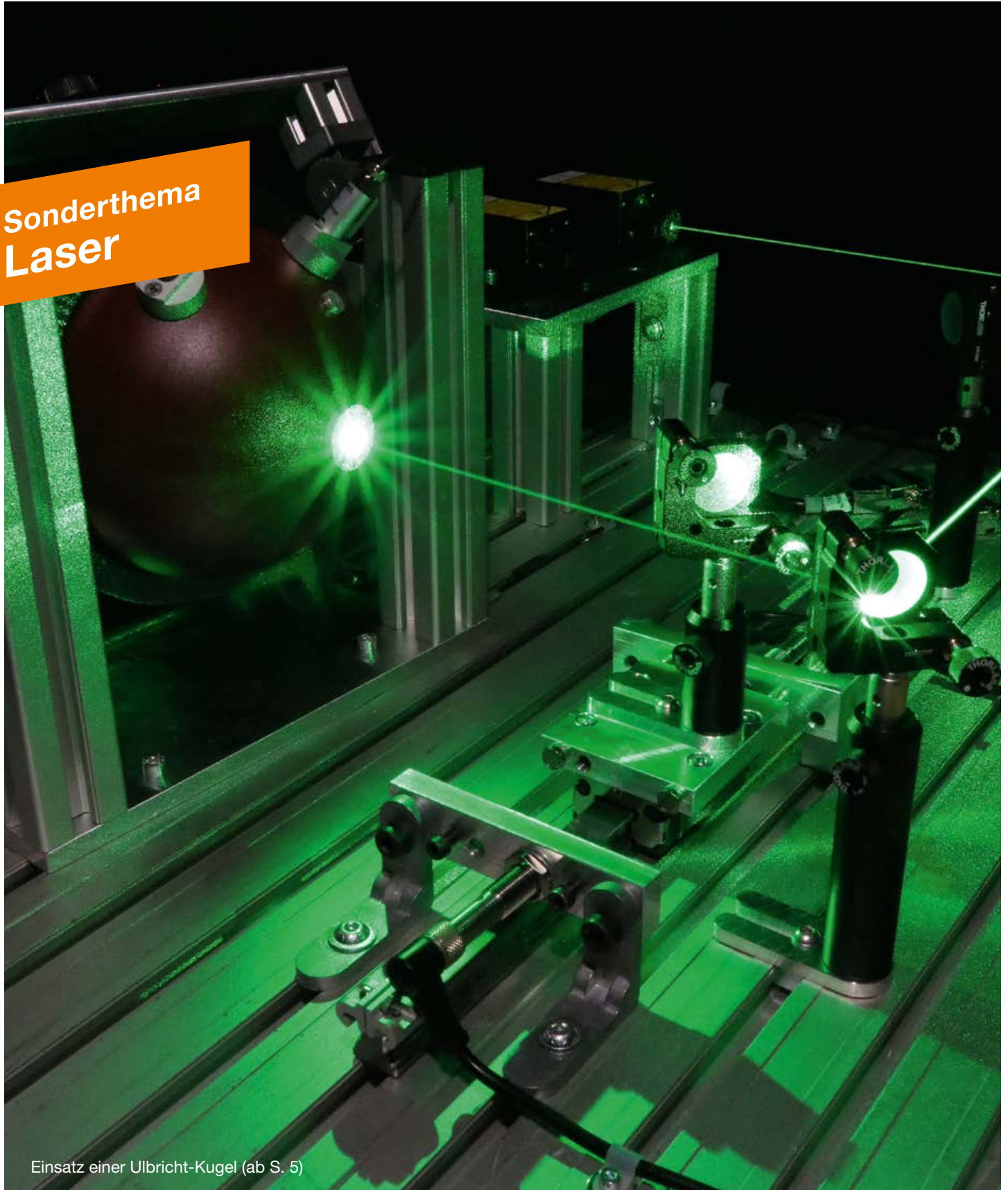


iwb newsletter 2/2019

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)

Sonderthema
Laser



Einsatz einer Ulbricht-Kugel (ab S. 5)



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

diese Ausgabe unseres Newsletters steht voll und ganz im Zeichen des Lasers. Was ist ein Laser? LASER ist ein Akronym und steht für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, zu Deutsch also verstärktes Licht, das durch Stimulation entsteht. Die vier klassischen Merkmale und Besonderheiten des Lasers sind: Die emittierten **Wellenlängen sind scharf abgetrennt**, meist ist das Licht monochromatisch, es ist **kohärent**, d. h. zusammenhängend, hochgenau fokussierbar und damit **von hoher Leistungsdichte**. Zur Stimulation der Strahlungsemission werden häufig Lampen eingesetzt. Man spricht daher auch von lampengepumpten Lasern. Damit liegt auf der Hand, welche einprägsame Bezeichnung für den Laser gewählt werden kann: Er ist eine Lichtveredelungsmaschine.

Der Laser hat umfassend Einzug in unser tägliches Leben gehalten. Bei jeder unserer Flugreisen begegnen wir ihm schon mehrmals,

bevor unser Flugzeug abhebt: Bei der Authentifizierung über den QR-Code auf der selbstausedruckten Bordkarte, beim Weiterleiten des Koffers über den daran angebrachten Barcode, an der Schranke vor der Sicherheitskontrolle und schließlich nochmals am Drehkreuz beim Boarding: Überall wird ein Papier- oder Smartphone-Dokument über einen Laser eingelesen. An der Supermarktkasse werden unsere Artikel über den Barcode eingescannt, die Computermaus nutzt ihn, in der Vorlesung halten wir einen Laserzeiger in der Hand, die Polizei bringt mit der Laserpistole über große Entfernungen die Raser zur Strecke, Vermessungen mit einem Laser im Haushalt und durch Handwerker sind heute zur Selbstverständlichkeit geworden. Der Laser ist omnipräsent! Wer hätte das gedacht, als im Jahre 1960 die Geburtsstunde des Lasers schlug, und zwar durch die Anmeldung des Patentes von Townes und Shawlow sowie den Bau des ersten Lasers durch Maiman? Spöttisch wurde der Laser in der damaligen Zeit noch als Erfindung bezeichnet, die nach einer Anwendung suche.

Das *iwb* befindet sich derzeit in der heißen Phase der Vorbereitungen auf die im Zweijahrestakt stattfindende „LASER World of Photonics“ auf dem Münchner Messegelände, in diesem Jahr vom 24. bis zum 27. Juni. Wie immer findet ein großer begleitender Kongress statt, in dessen Rahmen auch wieder die Konferenz „Lasers in Manufacturing“ (LiM) abgehalten wird. Das *iwb* wird mit dem Bayerischen Laserzentrum (blz) einen Gemeinschaftsstand nutzen und im Rahmen des Messeauftrittes auch geführte Rundgänge zu ausgewählten Herstellern anbieten. Unsere diesjährige Ausstellung deckt viele Bereiche der DIN 8580 ff. (Systematik der Fertigungsverfahren) ab. Unter anderem können Sie auf der Messe sehen, wie in einer kompakten Laserschutzkabine mit aktiver Sicherheitstechnik vor Ort geschweißt wird. Die technische Grundlage dieses Systems bildet ein Laserbearbeitungskopf mit einer Messeinheit auf Basis der optischen Kohärenztomographie. Anhand von Live-Schweißversuchen wird auf dem Messestand das Funktionsprinzip der Einschweißtiefenmessung und -regelung

verdeutlicht. Dabei werden wir auch die vom *iwb* e. V. finanzierte Ulbricht-Kugel ausstellen und in ihrer Funktion erläutern.

Wir wünschen Ihnen beim Lesen der nun folgenden Beiträge zu den einzelnen Themen mit Laserbezug viel Spaß und hoffen, Sie im Juni an unserem Messestand Nr. 251 in Halle 3 begrüßen zu dürfen!

Herzlichst



Ihr Gunther Reinhart und



Ihr Michael Zäh

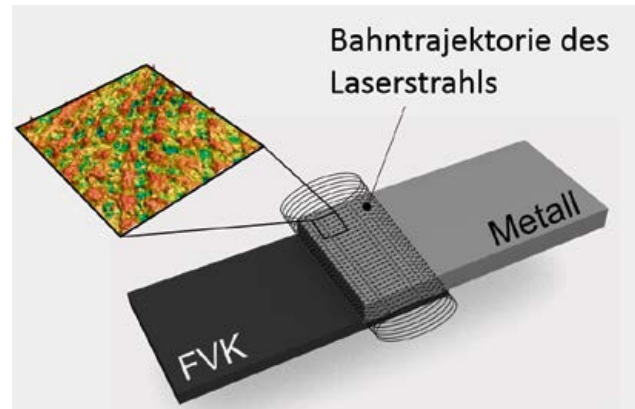
Prozesskette für das Fügen endlosfaserverstärkter Kunststoffe mit Metallen

Zum 31. August 2019 endet das BMBF-Verbundprojekt „PROLEI – Prozesskette für das Fügen endlosfaserverstärkter Kunststoffe mit Metallen“, in welchem die Qualifizierung von Kunststoff-Metall-Hybridbauweisen für die industrielle Serienfertigung umgesetzt wird.

Sowohl in der Luftfahrt als auch im Automobilsektor sollen mit Hilfe neuer Produktionsprozesse Multi-Werkstoff-Bauweisen wirtschaftlich realisiert werden. Insbesondere innovative Fügeverfahren für die Verbindung von Metallen mit Kunststoffen nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein.

Für Automotive und Luftfahrt

Im Rahmen des Projekts lag der Themenschwerpunkt des *iwb* auf dem Fügeprozess zur Herstellung der Hybridverbindung und auf der laserbasierten Strukturierung der metallischen Kontaktfläche, durch welche die Verbindungseigenschaften verbessert werden



Laserstruktur auf einem Metall-FVK-Hybridbauteil

können. Erstmals wurde am *iwb* die Anbindung eines Metalls an einen endlosfaserverstärkten Kunststoff mit duroplastischer Matrix erreicht. Die Technologie ermöglicht es, durch die Verwendung vorimprägnierter Faserhalbzeuge die Aushärtung des Kunststoffs und den Fügeprozess zu parallelisieren. Ergänzend dazu konnte der Fügeprozess auch induktiv für eine Thermoplast-Titan-Verbindung der Luftfahrt erfolgreich umgesetzt werden. Als Wegweiser für den Strukturierungsprozess wurde eine innovative Bahntrajektorie entwickelt und in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner ARGES innerhalb eines neuen Scannerkonzepts technisch realisiert. Dadurch wird die Produktivität der Laserstrukturierung gesteigert, die Adaption an komplexe Prozessflächen erleichtert und gleichzeitig die Stabilität des nachfolgenden Fügeprozesses durch eine Verzugsreduktion des metallischen Fügepartners begünstigt.

FOREL-Kolloquium als Abschluss

Beim diesjährigen FOREL-Kolloquium vom 28. bis 29. August 2019 in Dresden wird das Projekt abgeschlossen. Im Rahmen dieser Veranstaltung präsentieren alle Projektpartner die im Projekt entwickelte Systemtechnik sowie die Ergebnisse zu alternativen Fügeverfahren, zur simulativen Auslegung des Hybridverbundes,

IWB FORSCHUNGSBERICHTE

Christian Rebelein

Prognosefähige Simulation von Dämpfungseffekten in mechatronischen Werkzeugmaschinenstrukturen (Utz Verlag, Bd. 346)

Alexander Friedrich Schönmann

Antizipative Identifikation produktionstechnologischer Substitutionsbedarfe durch Verwendung von Zyklusmodellen (Utz Verlag, Bd. 345)

Christoph Richter

Modellbasierte Entwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau (Utz Verlag, Bd. 343)

zur Automatisierung des Fügeprozesses und die Funktionsdemonstratoren.

Dank

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen 02P16Z002) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Wir danken für die Förderung dieses Projektes.



Stefan Meyer, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik



Christoph Wunderling, M. Sc.

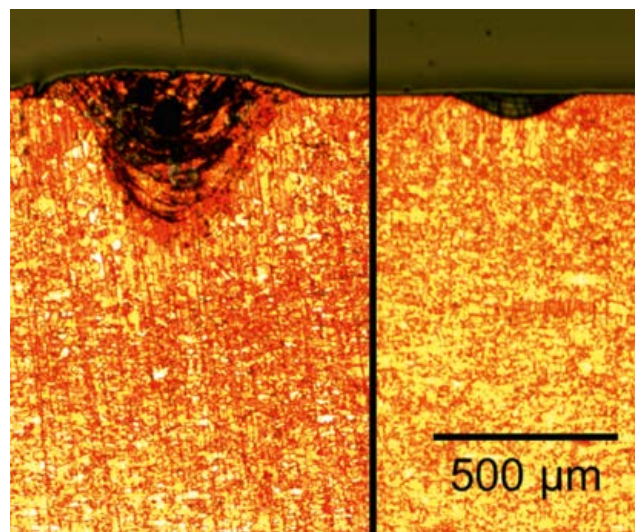
Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Schweißen von Kupferwerkstoffen mit grüner Laserstrahlung – ein Wegbereiter für die Elektromobilität

Im Projekt „ProLasKu“ wurden mit innovativer Systemtechnik Untersuchungen zur Prozesseffizienz und Schweißnahtqualität beim Laserstrahlschweißen von Kupferwerkstoffen mit grüner Laserstrahlung durchgeführt. In enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Projektpartnern wurde das enorme Potenzial dieses Fügeprozesses bestätigt.

Kupfer und seine Legierungen gewinnen im Zuge der steigenden Elektrifizierung von Fahrzeugen stark an Bedeutung. Dabei stellt das Fügen dieser Werkstoffe eine besondere Herausforderung dar. Die derzeit häufig eingesetzten Prozesse, wie das Schrauben oder das Löten, haben ein hohes spezifisches Gewicht und eine geringe dynamische Festigkeit der Verbindung zur Folge. Im Gegensatz dazu sind mittels Laser geschweißte Kupferverbindungen hoch belastbar. Ferner brilliert das Laserstrahlschweißen durch das kontaktlose Fügen und

die damit verbundene hohe Flexibilität. Eine Herausforderung ist der geringe Absorptionsgrad von Kupferwerkstoffen für infrarote Laserstrahlung der etablierten Strahlquellen. Die daraus resultierende geringe Prozessstabilität führt häufig zu Schweißnahtdefekten. Der



Querschliffe der mittels Wärmeleitungsschweißen hergestellten Blindnähte

Absorptionsgrad für grüne Laserstrahlung liegt um ca. das Zehnfache höher, wodurch die Prozessstabilität und die Effizienz erhöht werden.

Neue Möglichkeiten beim Prozessdesign

Derzeit ist es durch den Einsatz infraroter Laserstrahlung noch nicht möglich, Kupferkomponenten mittels Wärmeleitungsschweißen prozesssicher zu fügen. Die neu entwickelte Strahlquelle der Firma Trumpf bietet durch die grüne Laserstrahlung um diese Option, sodass neue Anwendungsfelder erschlossen werden können. Im Hinblick auf die Elektromobilität kann der Prozess beispielsweise zur Kontaktierung von Batteriezellen oder Elektronikkomponenten genutzt werden.

Dank

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums

für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 13N13916 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Wir danken an dieser Stelle für die Förderung.



Michael Kick, M.Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik



Lazar Tomcic, M.Eng.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Rechnergestützte Verzugsminimierung beim Laserstrahlschweißen komplexer Bauteilstrukturen

Das Ziel des Forschungsvorhabens

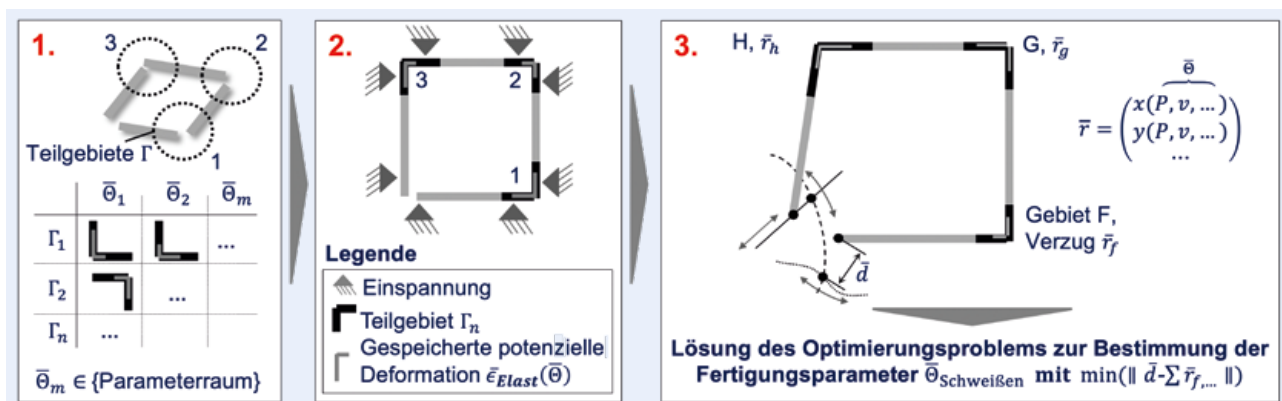
„ReVeBa“ besteht in der Erarbeitung und Überprüfung einer Methode zur effizienten Identifikation von verzugsoptimierten Fertigungsparametern beim Laserstrahlschweißen an komplexen Bauteilstrukturen.

Werden mehrere Schweißungen an einem Bauteil durchgeführt, resultiert der Gesamtverzug im Bauteil aus der Überlagerung des Verzuges der einzelnen Bereiche. Aus der Anzahl der Schweißnähte und der Anzahl frei wählbarer Parameter ergeben sich selbst bei einfachen Anwendungen so viele Kombinationsmöglichkeiten, dass ein einfaches Durchprobieren nicht zielführend ist, um einen optimalen Parametersatz zu finden.

Minimierung von Verzügen

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Projekt „ReVeBa“ befassen sich daher mit der rechnergestützten Verzugsminimierung beim Laserstrahlschweißen komplexer Bauteilstrukturen. Zentrales Ziel ist die Entwicklung einer Methode, die es durch Verwendung intelligenter Ansätze ermöglicht, sowohl eine valide Wärmequelle zu berechnen als auch effizient verzugsoptimierte Fertigungsparameter zu bestimmen.

Die Modellierung und Kalibrierung geeigneter Wärmequellen ist eine Voraussetzung für die Berechnung von Schweißverzügen. Daher ist ein Teilziel, eine effiziente Vorgehensweise zur automatisierten Kalibrierung von Wärmequellen zu erarbeiten. Der Einsatz von



Methode zur rechnergestützten Verzugsminimierung

Optimierungsansätzen, gepaart mit automatisierter Bilderkennung und -verarbeitung, hat bereits zur Erreichung dieses Teilzieles geführt.

Die Umsetzung der rechnergestützten Ermittlung von verzugsoptimierten Parametern ist in der Abbildung dargestellt. Im ersten Schritt werden Teilgebiete der zu untersuchenden Bauteilstruktur mit mehreren Schweißbereichen definiert und gesondert betrachtet. Dadurch wird der Komplexitätsgrad auf die relevanten Bereiche reduziert. Die Simulation des Verschweißens dieser Teilgebiete wird mit unterschiedlichen Parametern durchgeführt. Die einzelnen Schweißsimulationen werden experimentell validiert.

Neuronale Netze für optimale Schweißnähte

Nachdem der Verzug aller Teilgebiete ermittelt wurde, wird im zweiten Schritt der Verzug der gesamten Bauteilstruktur berechnet. Für die Optimierung berechnet der genetische Algorithmus optimale Parameter für die einzelnen Schweißnähte, um den lokalen Verzug zu minimieren, und ein Künstliches Neuronales Netz ermittelt die optimale Kombination der einzelnen Schweißnähte, um den globalen Verzug zu minimieren.

Dank

Dieses Projekt wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Wir danken an dieser Stelle herzlich dafür.



Avelino Zapata, M.Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

IWB e. V. TERMINE

iwb Sommerfest

Garching, 04.07.2019

Dialogforum 2019 | *iwb* Café – 6 Tische, 6 Themen, 1 Vision

Garching, 18.07.2019

Jahresmitgliederversammlung

29.11.2019

iwb Jahresabschlusskolloquium

Garching, 06.12.2019

Innovationssprung im Karosseriebau durch Inline-Prozessregelung für das Remote-Laserstrahlschweißen

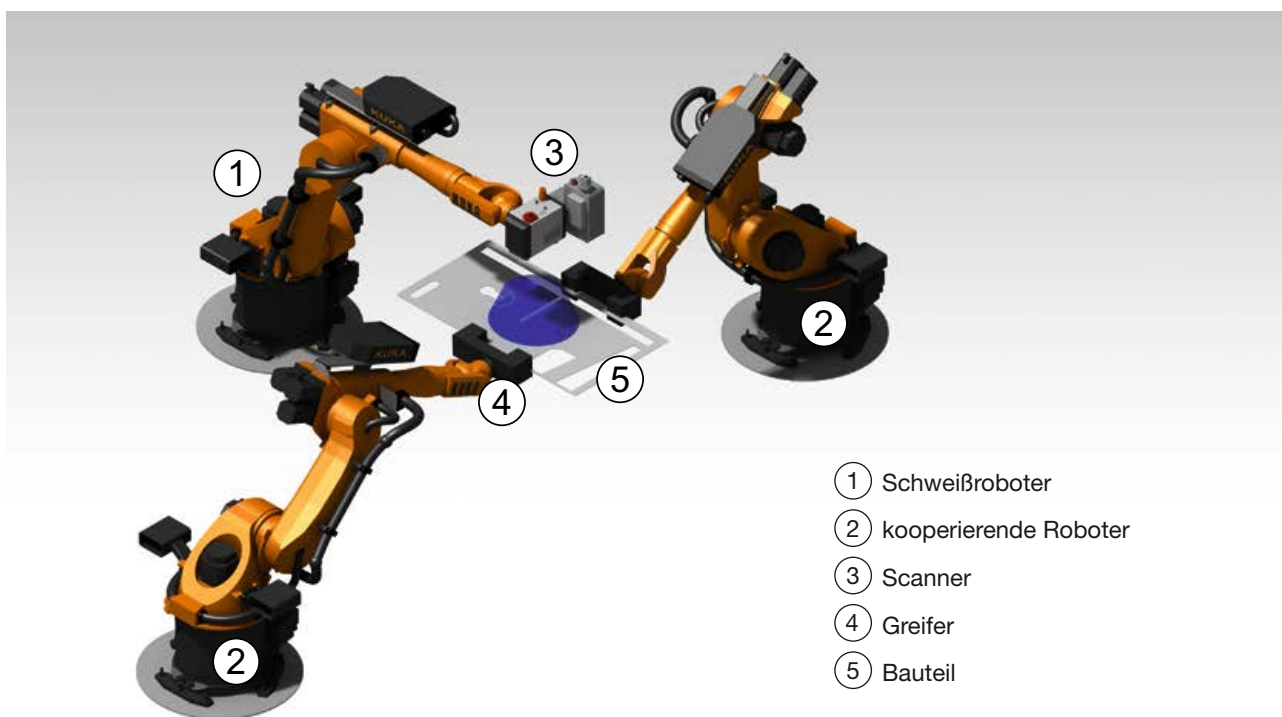
Das Forschungsprojekt „RoKtoLas – Robotergeführte, scannerbasierte optische Kohärenztomographie für das Remote-Laserstrahlschweißen zur Flexibilisierung von Prozessketten im Karosseriebau“ hat zum Ziel, die Produktion von Automobilkarosserien in Zukunft flexibler zu gestalten. Das bisher eingesetzte Widerstandspunktschweißen soll durch ein innovatives Füge- und Spannkonzent teilweise substituiert werden. Durch die Kombination des Remote-Laserstrahlschweißens mit einem neuartigen Sensorkonzept wird eine flexiblere und individuellere Gestaltung der Produktionsschritte angestrebt.

Auch für den Automobilbau stellt die Individualisierung von Produkten einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. Jedoch bilden eine stetig

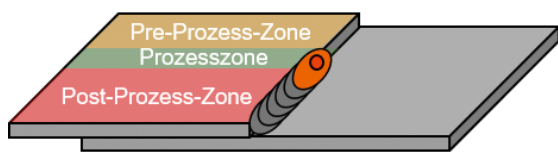
anwachsende Variantenvielfalt infolge der Elektrifizierung und die immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen ein herausforderndes Spannungsfeld. Mit dem Ziel eines Innovations-sprungs im automobilen Karosseriebau wird im Forschungsprojekt RoKtoLas eine Flexibilitätssteigerung im Bereich der Fügesystemtechnik angestrebt. Diese soll durch eine Technologiesubstitution im Bereich der Fügetechnik erreicht werden. Das konventionelle Widerstandspunktschweißen soll in Teilen durch das Remote-Laserstrahlschweißen ersetzt werden.

Geplanter Funktionsdemonstrator im Rahmen von RoKtoLas

Im Mittelpunkt des Vorhabens steht ein neuartiges optisches Sensorikkonzept, mit dem erstmals in Echtzeit eine vollumfängliche Prozessbeobachtung beim Laserstrahlschweißen



Geplanter Funktionsdemonstrator



Prozesszonen beim Laserstrahlschweißen

ermöglicht wird. Im Hinblick auf die Integration von flexibilisierten Laserschweißanlagen in bestehende Fertigungsanlagen wird an einem intelligenten Anlagenkonzept mit adaptiver Spanntechnik, kooperierenden Robotern und integrierter Prozessregelung geforscht.

Universelles Sensorikkonzept

Das Sensorsystem auf Basis der optischen Kohärenztomographie (OCT) bildet den Kern des Lösungsansatzes zur Flexibilisierung von Karosseriebauanlagen. Dabei erlaubt das OCT-System eine umfangreiche Generierung von Prozessdaten aus der Fügezone und den umliegenden Bereichen. Durch den Aufbau des Sensorikkonzepts, das auf einem Interferometer-Ansatz basiert, können weitgehend unabhängig von Prozessemissionen die Nahtlage, die Einschweißtiefe sowie die Nahttopographie bestimmt werden. Damit können eine dynamische Nahtverfolgung, eine Echtzeit-Prozessregelung sowie eine umfangreiche Qualitätssicherung in einem System vereint werden. Im Vorlauf des Schweißprozesses, in der sogenannten Pre-Prozess-Zone, kann mit Hilfe des OCT-Sensors die Fügezone vermessen werden. Diese Information wird zur Inline-Positionierung des Laserstrahls oder zur Bestimmung von auftretenden Spalten genutzt. Im Nachlauf des Prozesses (Post-Prozess-Zone) wird eine Vermessung der Schweißnahttopographie zur Bewertung der Oberflächenqualität der Fügestelle ermöglicht. Durch die Positionierung des OCT-Messstrahls im Zentrum der Bearbeitungszone kann eine Aussage über die erzielte Einschweißtiefe abgeleitet werden. All diese Informationen bilden eine umfangreiche Datenbasis für eine Inline-Prozessregelung.

Prozesszonen beim Laserstrahlschweißen

Zusammenfassend ermöglicht das Sensorikkonzept auf Basis der optischen Kohärenztomographie eine umfangreiche Prozessdatengenerierung im Sinne der vernetzten Produktion. Somit stellt es die Voraussetzung für die Umsetzung einer hochflexiblen Fertigung dar. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen am Ende des Projekts durch einen Funktionsdemonstrator in Form einer flexiblen Fertigungszelle zusammengeführt werden.

Dank

Das vorgestellte Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N14555 gefördert und vom VDI Technologiezentrum (VDI TZ) betreut. Wir danken dem BMBF sowie dem VDI TZ für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Maximilian Schmoeller, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik



Christian Stadter, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Einfluss mechanischer Belastungen auf die Kontaktierung von Lithium-Ionen-Batterien

Das Ziel des Projekts „ReViSEDBatt – Resonanzen, Vibrationen, Schocks und externe mechanische Kräfte an Lithium-Ionen-Batterien“ ist es, anhand realitätsnaher Szenarien fundierte Aussagen über den Einfluss mechanischer Betriebslasten auf die Zellalterung und -sicherheit aller gängigen Zellformate der Lithium-Ionen-Technologie zu treffen.

Mechanische Belastungsfaktoren wie Vibrationen, Schocks und Kräfte durch externe Zellverspannungen sind ein bis jetzt wenig betrachtetes und beachtetes Feld in der Batterieforschung. Aufgrund des Auftretens dieser Belastungen sowohl in Alltagssituationen (z. B. beim Autofahren bei schlechten Straßenverhältnissen) als auch in Ausnahmesituationen, wie z. B. bei Unfällen, müssen die daraus resultierenden schädlichen Effekte auf Alterung und Sicherheit untersucht, verstanden und durch technische Maßnahmen minimiert werden. Neben den Effekten auf die Batteriezelle durch dynamische mechanische Einflüsse muss auch eine etwaige Schädigung der Fügeverbindungen der Zellverbinder in Zellverbunden untersucht werden, welche im Versagensfall ebenfalls ein beträchtliches Schadenspotenzial bergen.

Ein weiterer nicht vernachlässigbarer Aspekt ist die Absicherung der Zuverlässigkeit der Monitoring-Sensorik/-Elektronik selbst. Es ist sicherzustellen, dass die Sensorik über den gesamten Lebenszyklus keine fehlerhaften Messwerte induziert und somit das Zell- und Batterie-Monitoring nicht beeinträchtigt wird.

Auch mechanische Effekte relevant

Die bisher in der Wissenschaft betrachtete Kopplung elektrochemischer und thermischer

Effekte bei Batterien muss somit um das Feld der mechanischen Effekte erweitert werden, welche wiederum mit den thermischen bzw. elektrochemischen Parametern zu koppeln sind. Dies erfordert aufgrund der Komplexität synergetische Expertisen und gemeinsame Arbeiten aus den Feldern Chemie, Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau bzw. der Produktionsforschung. Die hohe Industriebeteiligung aus allen relevanten Anwendungsbereichen in diesem Projekt zeigt deutlich



Lasergeschweißte Stromableiter (Kupfer, vernickelter Stahl, Aluminium) auf zylindrischen Zellgehäusen

die Wissenschafts- und Industrierelevanz der Thematik.

Besonders auf dem Feld der Batterieüberwachung mittels Batteriemanagementsystem sollen innovative Detektions- und Lokalisierungsmethoden entwickelt werden. In der Produktionstechnik werden der Stand der Technik bei den Fügeverbindungen im Hinblick auf die mechanische Stabilität geprüft und sowohl die Fügeparameter als auch die Fertigungsstrategien optimiert bzw. neu definiert.

Dank

Dieses Forschungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6.

NEUE MITARBEITER UND MITARBEITERINNEN

Siegfried Bähr, M. Sc.
Fabian Dillinger, M. Sc.
Sophie Grabmann, B. Sc.
Johanna Kerschreiter, M. Sc.
Michael Kick, M. Sc.
Corbinian Nentwich, M. Sc.
Christian Schieber, M. Sc.
Benedikt Schmucker, M. Sc.
Celestine Singer, M. Sc.
Matthias Wimmer, M. Eng.
Xiao Fan Zhao, M. Sc.

AUSGESCHIEDENE MITARBEITER UND MITARBEITERINNEN

Fabian Bayerlein, M. Sc.
Michael Breuer
Ursula Fourier-Kamp
Dipl.-Ing. Michael Seebach



Hoda Mohseni, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Energieforschungsprogramms (Förderkennzeichen 03ETE004B) gefördert und vom Projektträger Jülich betreut. Wir bedanken uns hierfür sehr herzlich!

NEUE FORSCHUNGSPROJEKTE

Beanspruchungs- und kompetenzorientierte Mitarbeiterereinsatzplanung (BeKoMi)

01.02.2019 – 31.01.2022

Projektpartner: Lehrstuhl für Ergonomie (TUM),
MAN Truck & Bus AG, Stremler AG

Förderer: Bayerische Forschungstiftung (BFS)

Closed loop Manufacturing 4.0

01.03.2019 – 28.02.2022

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Verzugsbeherrschung beim Schleifen durch rechnergestützte Auslegung von Verzugskompensationsstrategien

01.05.2019 – 30.04.2022

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

Smart Interfaces – Smart Interface-gesteuerte Springerunterstützung durch leistungsgewandelte Mitarbeiter in der Montage

01.01.2016 – 31.03.2019

Projektpartner: TUM *iwb*, Stremler AG,
J.M. Voith SE & Co. KG (Voith Turbo)

Förderer: Bayerische Forschungstiftung (BFS)

SurfaLIB – Laserstrukturierung als Boost für die Batterieperformance

Die Schnellladefähigkeit von Lithium-Ionen-Batterien ist von enormer Wichtigkeit für den Erfolg der Elektromobilität. Lassen sich die Batterien schnell und effizient wieder aufladen, sind auf langen Fahrstrecken lediglich kürzere Stopps notwendig. Aber nicht nur das: Die Schnellladefähigkeit macht es möglich, kleinere Batterien im Fahrzeug einzubauen, was den ökologischen Fußabdruck nachhaltig verringert.

Im BMWi-Forschungsprojekt SurfaLIB werden am *iwb* Laser-Prozesse entwickelt, mit denen die Elektroden der Lithium-Ionen-Zellen bearbeitet werden sollen, um die Schnellladefähigkeit zu verbessern. Als besonders vielversprechend hat sich dabei die Laserstrukturierung der Elektroden bewährt. Bei diesem Prozess wird mittels gepulster Laserstrahlung

hochpräzise Elektrodenmaterial entfernt, sodass feine Kanäle in der Elektrodenstruktur entstehen. Diese werden später im Produktionsprozess der Zellen mit der ionenleitenden Elektrolytflüssigkeit gefüllt. So entstehen zusätzliche Ionen-Leitwege, die einen widerstandsärmeren Lithium-Transport in der Zelle ermöglichen.

Hohe Anforderungen an den Prozess

Die Anforderungen an den Laser-Prozess sind dabei ausgesprochen hoch. Die Strukturen müssen einen sehr kleinen Durchmesser aufweisen, damit nicht zu viel vom wertvollen Aktivmaterial entfernt wird. Demnach ist ein stark fokussierter Laserstrahl notwendig, was eine geringe Brennweite erfordert und somit einen kleinen Bearbeitungsabstand zur Folge hat. Demgegenüber steht jedoch die Prozessgeschwindigkeit, die durch einen kleinen Bearbeitungsabstand eingeschränkt wird. Damit mehrere Tausend Kanäle pro Quadratzentimeter in einer vertretbaren Zeit eingebracht werden können, sind leistungsfähige Strahlableitungssysteme erforderlich. Diese Herausforderungen dienen im Projekt SurfaLIB als Motivation, um neuartige Strahlableitungssysteme zu entwickeln. Ein weiterer Fokus im Projekt sind elektrochemische Untersuchungen, um die erzielten Verbesserungen der Zellperformance quantifizieren zu können.

Dank

Wir danken dem BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung dieses Projekts.

IWB TERMINE

EMO Werkzeugmaschinenmesse

Hannover, 16. – 21.09.2019

EAM Augsburg

Augsburg, 24. – 26.09.2019

23. Augsburger Seminar für Additive Fertigung

Augsburg, 25.09.2019

Motek 2019

Stuttgart, 07. – 10.10.2019

Tag der offenen Tür 2019

Garching, 12.10.2019

iwb Fachseminar „Digitaler Zwilling für die Werkzeugmaschine“

Garching, 12.11.2019

Terminänderungen sowie weitere Termine finden Sie auf unserer Homepage www.iwb.mw.tum.de/veranstaltungen.



Jan Bernd Habedank, M. Sc.

Mitglied der Institutsleitung

Themengruppe

Füge- und Trenntechnik

Laser in der Produktion von Festkörperbatterien



Die Festkörperbatterie gilt als eine vielversprechende Technologie zur Ergänzung der aktuell dominierenden Lithium-Ionen-Batterie mit flüssigen Elektrolyten. In Fachkreisen wird deren Marktreife jedoch nicht vor 2025 erwartet. Als einer der Vorreiter in diesem Bereich versucht das *iwb* durch begleitende Prozessentwicklung die Marktreife zu beschleunigen.

Herkömmliche Lithium-Ionen-Batteriezellen bestehen aus gestapelten oder gewickelten Schichten von Elektroden (bestehend aus Aktivmaterialien als Schicht auf Stromkollektoren) und Separatoren. Diese werden mit einem ionisch leitfähigen, flüssigen Elektrolyten benetzt. In Festkörperbatteriezellen wird eben jener brennbare Elektrolyt durch einen brandbeständigen Festkörper (polymere oder keramische Materialien) ersetzt. Dies erhöht nicht nur die Sicherheit, sondern ermöglicht gleichzeitig den Einsatz von Anoden aus metallischem Lithium. Durch die hohe Energiedichte von metallischem Lithium wird auf Zellebene eine Steigerung der gravimetrischen bzw. volumetrischen Energiedichte von bis zu 60 % bzw. 70 % erwartet.

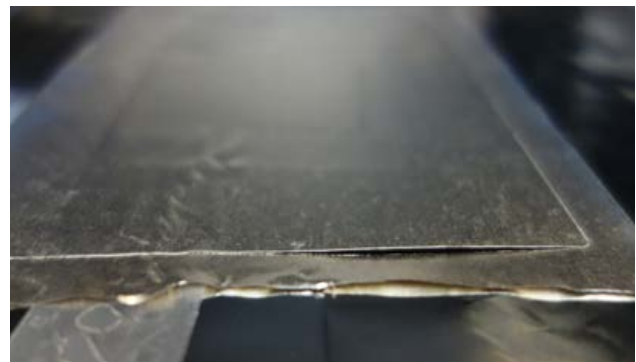
Erste Ergebnisse im Labormaßstab bestätigen dieses Potenzial. Allerdings mangelt es an Forschungsbestrebungen zur Hochskalierung der neuartigen Technologie auf einen industrierelevanten Maßstab. Eine Industrialisierung wird dabei durch weitreichende Änderungen in der Prozesskette, in erster Linie durch neuartige Materialien und ein geändertes Zelldesign, erschwert. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Produktionstechnik für Festkörperbatterien

mit Lithium-Metall-Anode (ProFeLi)“ sollen die notwendigen Prozessschritte zur Produktion großformatiger Festkörperbatteriezellen auf Basis des oxydischen Festelektrolyten LATP erforscht werden.

Einen bedeutenden Prozessschritt stellt dabei die Konfektionierung der neuartigen und sensiblen Werkstoffe und Komponenten dar.

Laser in der Batterieproduktion

Seit knapp zehn Jahren erforscht das *iwb* den Einsatz des Lasers in der Batterieproduktion. Sowohl Kathoden- als auch Anodenmaterialien werden dabei passgenau und automatisiert zu einzelnen Elektrodenblättern zurechtgeschnitten. Ein Laserprozess mit Pulsen im Nanosekundenbereich überzeugt bei Erfüllung der notwendigen Geschwindigkeiten durch eine flexible Formgebung, einen geringen thermischen Eintrag in die Materialien sowie eine hohe Schnittkantengüte. Im Kontext der Festkörperbatterie ergeben sich neue Herausforderungen, aber auch Chancen für die Substitution der industriell weitestgehend eingesetzten Stanzverfahren durch Laserprozesse. Oxydische Elektrolyte weisen eine hohe mechanische Sprödigkeit auf und lassen sich nach dem notwendigen Sinterschritt nicht mehr zerstörungsfrei konventionell trennen. Da sich ihre Form während des Sinterprozesses durch



Folie aus metallischem Lithium mit Laserschnitt

Schwindung allerdings nochmals maßgeblich ändert, kann ein Laserprozess an dieser Stelle Abhilfe schaffen. Weitere Problemstellungen für mechanische Trennprozesse liegen in der Bearbeitung von metallischem Lithium. Das zäh haftende Material verklebt herkömmliche Stanzwerkzeuge, wodurch sich Potenziale für den berührungslosen Laserprozess ergeben.

Vom Labormaßstab zur industriellen Herstellung

Die Qualifikation von Schneidprozessen für die neuartigen Materialien der Festkörperbatterie erfordert eine Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Prozessparameter auf die Schnittkantengüte. Eine Kontamination der Werkstoffoberfläche mit Partikeln muss dabei ebenso vermieden werden wie eine Gratbildung an der Schnittkante, da sonst Kurzschlüsse innerhalb der Zelle auftreten können. Neuartige Zellkonzepte erfordern zusätzlich die Verarbeitung von Materialkompositen, bspw. bestehend aus einem festen Elektrolyten und Kathodenmaterial. Daher liegt ein besonderes Augenmerk auf der Prozessauslegung für Multimaterial- und Mehrschichtsysteme. Diese bergen die Herausforderungen inhomogener Schmelztemperaturen sowie Wärmeleitfähigkeiten und erfordern deshalb ein exakt definiertes Prozessfenster.

Der Einfluss der Atmosphäre auf das Schnittergebnis stellt einen weiteren zentralen Betrachtungsgegenstand dar. Aufgrund der hohen Reaktivität von metallischem Lithium muss die Anlagentechnik dabei so beschaffen sein, dass die Verarbeitung innerhalb einer Trocken- oder Schutzgasatmosphäre möglich ist.

Zusammenfassend bildet der Laser in der Batterieproduktion, speziell der Festkörperbatterieproduktion, ein geeignetes Werkzeug zur schnellen und prozesssicheren Vereinzelung der empfindlichen Zellkomponenten. Im Rahmen des Forschungsprojekts ProFeLi stellt der Laserprozess somit einen zentralen Baustein zur Zielerreichung dar.

Dank

Besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), welches das Vorhaben im Projekt ProFeLi mit finanziellen Fördermitteln unterstützt.



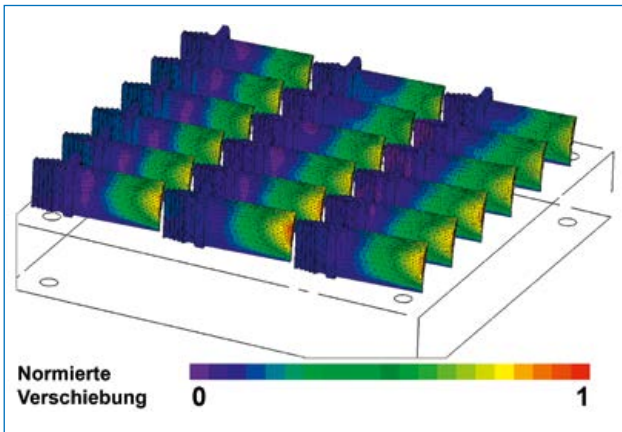
Johannes Kriegler, M. Sc.

Themengruppe
Füge- und Trenntechnik

Thermo-mechanische Simulation des Laser-Strahlschmelzens von additiv gefertigten Triebwerkskomponenten

Im Rahmen von „Clean Sky 2“, dem europäischen Forschungsprogramm zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Luftfahrt, wird am *iwb* das Verzugsverhalten beim Laser-Strahlschmelzen untersucht. Mit dem Projekt „Ascent AM“ entwickelt das *iwb* ein Simulationswerkzeug zur Analyse und Optimierung additiv gefertigter Triebwerkskomponenten.

Da auch in Zukunft mit einem Anstieg des weltweiten Flugverkehrs zu rechnen ist, wurde das Forschungsprogramm „Clean Sky 2“ von der Europäischen Union ins Leben gerufen. Das Ziel dieses Programms ist nicht nur die Reduktion von Schadstoffemissionen, sondern auch die Senkung der Betriebskosten von Luftfahrzeugen. Ein Ansatz, diese Ziele zu erreichen, ist die Reduktion der Masse, bspw.



Berechnete normierte Deformation von 18 Turbinenschaufeln beim Fertigungsprozess

der Triebwerkskomponenten bei gleichbleibenden mechanischen sowie thermischen Eigenschaften, welche sich z. B. durch eine lastoptimierte Gestalt der Komponenten realisieren lässt. Dies führt jedoch gleichzeitig zu einer höheren geometrischen Komplexität der Bauteile, welche die Herstellung mittels konventioneller Fertigungsverfahren erschwert bzw. unmöglich macht. Im Gegensatz dazu ist die Additive Fertigung, insbesondere das Laser-Strahlschmelzen, ein geeignetes Verfahren, um nahezu beliebig komplexe Geometrien kostengünstig und zeiteffizient zu fertigen.

Optimierung der Maßhaltigkeit

Um die Wirtschaftlichkeit der Additiven Fertigung sicherzustellen, gilt es die mechanische Nachbearbeitung der Bauteile auf ein Minimum zu reduzieren. Eine besondere Herausforderung beim Laser-Strahlschmelzen ist der thermische Verzug, der infolge der hohen Temperaturgradienten beim Herstellprozess auftritt. Im Forschungsprojekt „Ascent AM“ entsteht ein Open-Source-Simulationswerkzeug, mit welchem die Prozesskette des Laser-Strahlschmelzens nach der Bauteildesignphase numerisch nachgebildet werden kann. Mit Hilfe dieses digitalen Zwillings des Fertigungsprozesses kann eine Aussage über die Fertigbarkeit und den Verzug der Geometrie getroffen werden. Zudem kann die Maßhaltigkeit des

Bauteils iterativ mit Hilfe einer Vordeformation des Ausgangsmodells optimiert werden.

Unsicherheitsquantifizierung und Sensitivitätsanalyse

Neben der Verbesserung der Maßhaltigkeit bietet das in „Ascent AM“ entstehende Simulationswerkzeug die Möglichkeit, eine Unsicherheitsquantifizierung und Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Somit werden relevante Wirkzusammenhänge beim Fertigungsprozess sowie Störfaktoren ersichtlich und infolgedessen kann das Prozessverständnis des Anwenders erhöht werden. Konkret kann bspw. der Einfluss der Qualität des pulverförmigen Ausgangsmaterials auf die Deformation des Bauteils genauer spezifiziert werden.

Dank

Dieses Projekt wird durch das „Clean Sky 2 Joint Undertaking“ im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms „Horizon 2020“ der Europäischen Union unter der Finanzhilfvereinbarung Nr. 714246 finanziert. Wir danken der Europäischen Union und dem Projektpartner MTU Aero Engines AG für die hervorragende Unterstützung.



Daniel Wolf, M.Sc.

Themengruppe
Additive Fertigung

Impressum

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom

**Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften (*iwb*)**

Fakultät für Maschinenwesen
Technische Universität München
Boltzmannstraße 15
85748 Garching bei München
www.iwb.mw.tum.de

ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe)

ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe)

Redaktion:

Tanja Mayer, Fkfr. Marketing
tanja.mayer@iwb.mw.tum.de

Herstellung:

dm druckmedien gmbh
Paul-Heyse-Straße 28
80336 München

Verlag:

Herbert UTZ Verlag GmbH
Adalbertstraße 57, 80799 München

Natürlich gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Umlweltpapier.

Weitere Informationen erhalten
Sie unter: [www.iwb.mw.tum.de/
iwbnewsletter](http://www.iwb.mw.tum.de/iwbnewsletter)

