



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

5|2023

vdi-z.de

VDI⁷ Fachmedien

VDI-Z

Sonderteil

**Qualitäts-
sicherung**



QUALITÄTSSICHERUNG

Perfekte Fertigung
von Getriebe-
komponenten

SOFTWARE

Zentrale Datenbank-
Plattform
gibt den Takt vor

ADDITIVE FERTIGUNG

Hybride Bearbeitung
in mobiler
CNC-Anlage



VDI-Z

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

VDI
Fachmedien

Jetzt Konstruktion upgraden: Mit dem E-Paper- Abonnement

Für nur
75,60 EUR
inkl. MwSt.



Sie wollen jederzeit und überall Zugriff auf Konstruktion, Deutschlands älteste Konstruktionszeitschrift und Organ der VDI-Gesellschaften Produkt- und Prozessgestaltung und Materials Engineering? Dann sichern Sie sich jetzt zusätzlich zu den 9 Konstruktion-Printausgaben pro Jahr auch Ihr Abo-Upgrade E-Paper: 75,60 EUR inkl. MwSt..

Ihre Vorteile: Downloadfunktion, Volltext-Suche, Lesezeichen, mobiloptimiertes Design, Zugriff auf das Archiv.



Technikwissen für Ingenieur*innen - jetzt bestellen:

ingenieur.de/abo-konstruktion

Messtechnik-Branche: Wo geht die Reise hin?

In der heutigen, digitalen Fabrik fungiert die Qualitätssicherung als eine integrierte, intelligente Komponente des Gesamt-Systems. Neben der in Echtzeit stattfindenden Qualifizierung von immer enger werdenden Fertigungstoleranzen und der Auswertung von immer größeren Datenvolumina garantiert die Qualitätssicherung Stabilität und Sicherheit der automatisierten Fertigungsprozesse. Neue, noch intelligentere Ideen sind gefragt, um die heute verfügbaren Technologien – wie Multisensorik, Robotik und Künstliche Intelligenz (KI) – produktiv im Fertigungsprozess einzubinden.

Neben den Anforderungen zur vollständigen digitalen Integration in Fertigungsprozessen kommt auch dem User Interface zum Produktionspersonal eine immer größere Bedeutung zu. Innovative Hersteller wie Mitutoyo arbeiten daher permanent an der Integration neuer Technologien. Hierfür wird sogar eine eigene Gruppe von Spezialisten unterhalten, die sich mit dem „Solution Business“ beschäftigt. So wurde eine „Smart Factory Cell“ entwickelt, mit der zukunftsorientierte Lösungen präsentiert werden können.

Das intelligente Vernetzen von Maschinen und industriellen Abläufen unter Einbindung von Informations- und Kommunikationstechnologie ist ein komplexes Vorhaben: Je mehr Abläufe die Wirtschaft digitalisiert und vernetzt, desto mehr Schnittstellen entstehen zwischen den verschiedenen Akteuren. Umso herausfordernder wird damit ihr reibungsloses Zusammenwirken und umso wichtiger das sektorübergreifende Denken. Und: Lösungen dürfen nicht mehr „in Stein gemeißelt“ sein, sondern müssen sich flexibel auf neue Rahmenbedingungen ein-

stellen können. Denn Produktionsstraßen sind zunehmend in Modulen aufgebaut, die sich je nach Bedarf und geänderter Herausforderung neu formieren – Stichwort „wandelbare Fabrik“. Insbesondere für die produktionsnahe und die Inline-Messtechnik erwächst daraus ein ganz neuer Anspruch an Flexibilität und eigene Modularität.

„In der Qualitätssicherung sind neue Ideen gefragt, um Technologien wie Multisensorik, Robotik und KI produktiv im Fertigungsprozess einzubinden.“

Neben der dimensionellen Messung nimmt die Nachfrage nach Inspektionssystemen zu. Dabei geht es unter anderem um die schnelle Kontrolle von Vollständigkeit, zum Beispiel auf Leiterplatten, oder um die Defekterkennung auf Bauteilen – unter Verwendung von künstlicher Intelligenz.

Wie hat sich der Markt 2022 entwickelt, wie sind die Erwartungen an das Jahr 2023? Mitutoyo blickt, trotz aller Herausforderungen wie dem Ukraine-Krieg, der Materialknappheit, der Inflation und den hohen Energie- und Personalkosten, auf ein erfolgreiches Jahr 2022 zurück. Durch den hohen Einsatz aller Mitarbeiter – auch unter weiterhin sehr schwierigen Arbeitsbedingungen im Jahr 2022 – konnte ein Umsatzniveau erzielt werden, dass das

Vor-Covid-Niveau von 2019 deutlich überstieg. In das Jahr 2023 sind wir mit einer sehr optimistischen Umsatzplanung gestartet. Wir werden unser Bestes geben, um Einflüsse wie die Komponenten-Knappheit oder politische Einflüsse so gering wie möglich zu halten.

Anfang 2023 steht für uns wieder die Messe „Control“ im Fokus. Zu erwarten ist, dass die Veranstaltung in diesem Jahr nochmals stärker besucht sein wird als 2022. Eine breite Produktpalette von Mitutoyo wird dort zu sehen sein: Mit neuen Versionen der Koordinatenmessgeräte sowie der zugehörigen Software. Bei den 3D-Koordinatenmessmaschinen wird die Erweiterung einer bewährten Serie gezeigt, die eine Lücke bezüglich der Längenmessabweichung schließt. Optische Messgeräte mit „Stream“-Funktion sorgen für einen hohen Durchsatz durch kontinuierliche Messung. Außerdem ist ein Hochleistungs-2D-Messsystem zu sehen, das neben hoher Genauigkeit und vielen Features zur präzisen Messung über einen resistiven Touchscreen verfügt. Hervorzuheben ist die Flexibilität bei der Berührung; auch Handschuhe und Stifte können verwendet werden, hinzu kommen Langlebigkeit und hohe Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und Staub. Damit ist das Gerät bestens für den Einsatz in der Produktionsumgebung vorbereitet. Es wird also viel zu sehen geben und die Aussteller freuen sich auf das Branchenhighlight des Jahres.

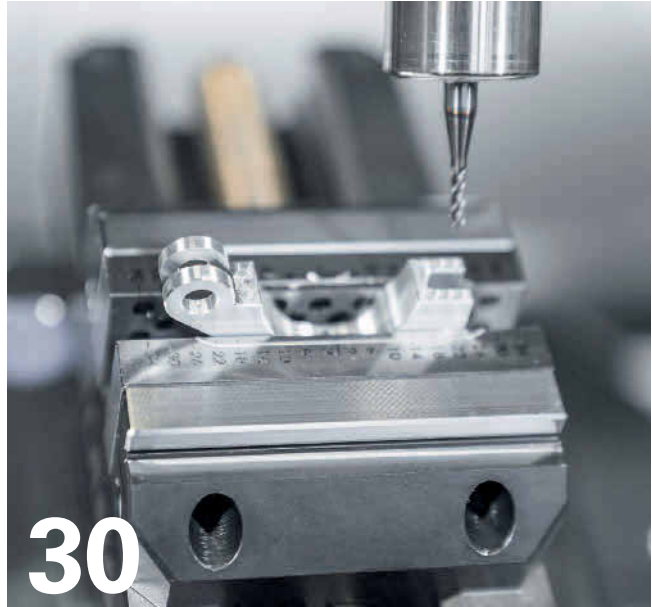


Lorenz Peiffer
ist Senior Director und
Prokurist bei der Mitutoyo
Deutschland GmbH
in Neuss. Foto: Autor



22

Der Anwender Vaude ist sehr zufrieden mit seiner Retrofit-Prüfmaschine, ihrer Genauigkeit und den verlässlichen Ergebnissen.



30

Das Gütesiegel „Made in Germany“ ist für einen Anbieter von Präzisions-Frästeilen auch bei seinem Maschinenpark von großer Bedeutung.

Aktuelles

- 6** Control: QS-Trends im Fokus
- 8** Neue Vertretung in Dänemark / Kurz notiert
- 9** Advanced manufacturing – now
- 10** Sonderschau Berührungslose Messtechnik
- 11** Drehteile-Industrie ist verhalten optimistisch
Digitale Tools in der Arbeitswelt
- 12** Neuer Standort in Thailand
- 13** Hersteller von Messtechnik forcieren Digitalisierung
- 14** Messtechnikanbieter mit neuer Geschäftsführung / Impressum
Berufsfeld Fertigung muss attraktiver werden
- 15** Breites Programm für die AM-Welt

Sonderteil Qualitätssicherung

- 16** Innovationen in der Präzisionsmesstechnik
- 19** Perfekte Getriebe-komponenten-Fertigung
- 22** Nachhaltiger prüfen
- 23** Prozesssicherheit bei manuellen Arbeiten
- 24** Lasermesssystem für CNC-Bearbeitungszentren
- 26** Mehrkomponentenaufnehmer kalibrieren
- 28** Roboter prüft GFK-Teile

Fertigungstechnik

- 30** Dynamik für die Serie
Udo Hipp
- 33** Neuer Dreh für die E-Mobilität
Tobias Zimmermann, Tina Georgi
- 36** Pionier des Rundschleifens

Software

- 37** Zentrale Datenbank-Plattform gibt den Takt vor
Bernhard Valnion

Additive Fertigung

- 40** Liquid Metal Printing
- 41** 3D-gefertigte Halterungen für innovatives Fahrzeugprojekt
- 42** Hybride Bearbeitung in mobiler CNC-Anlage
- 43** Drei neue Photopolymere
- 44** AM: Ein Blick in die Zukunft
- 46** 3D-Druck in Schwerelosigkeit
- 48** Nassstrahlen für AM-Bauteile
David Soldan

Leichtbau

- 51** Automatisierte Preform-Fertigung
Marco Bogenschütz, Hendrik Möllers, Jan-Lukas Stüven, Carsten Schmidt

Recycling

- 54** Top-Thema Batterie-Recycling



46

Missionen in den Weltraum boomen und die Additive Fertigung gestattet es neuerdings, dringend benötigte Teile vor Ort herzustellen.

wt Werkstattstechnik online

- 56** Inhalte der Online-Ausgabe 3-2023
Themenschwerpunkte: Industrie 4.0 –
Digitale Fabrik – Automatisierung

VDI-GPL

- 58** DIT 2023 findet am 25. Mai statt
VDI 3035 Blatt 2 – Entwurf

Forschung & Praxis

- 59** Schmierstoffüberwachung 4.0
Ralf M. Haafengier
- 61** Qualitätsmanagement im Stahlwerk
- 62** Ressourceneffizienz steigern
durch Machine Learning
*Manuel Savadogo, Garlef Hupfer,
Julia Wohlfarth, Malte Stonis*
- 66** Kupferrecycling ist
ökologisch + ökonomisch



Jeder Fertigungsprozess erfordert ein Höchstmaß an Präzision. Nur so lassen sich Zuverlässigkeit und Qualitätssicherheit gewährleisten. Auf dem Gebiet der Präzisionsmessung sind Koordinatenmessgeräte der „Prismo“-Familie, die permanent weiterentwickelt werden, seit über 30 Jahren wegweisend. Die neueste Technik ist in Kürze auf der Messe „Control“ in Stuttgart zu sehen.
www.zeiss.de



12-16 June
Düsseldorf
Germany **2023**
NEWCAST



6. Internationale
Fachmesse für Gussprodukte
mit Newcast Forum



eco Metals
SUSTAINABLE PROCESS SOLUTIONS

Innovation in Form gebracht

Die NEWCAST ist das weltweite Top-Event für Präzisionsgussprodukte vom Smartphone über E-Mobility bis zur Windkraft. Ein Höhepunkt ist die Verleihung des NEWCAST-Awards. Ergänzt wird die Leistungsschau um die Vorträge und Diskussionen im NEWCAST-Forum.

See you in Düsseldorf!





In den vier Messehallen 3, 5, 7 und 9 bringt die „Control“ 2023 wieder das Fachpublikum mit den Ausstellern zusammen, die spannende Neuheiten in Sachen Qualitätssicherung präsentieren. Foto: P.E.Schall

35. Control vereint viele Aussteller der ersten Stunde

QS-Trends im Fokus

Vom 9. bis zum 12. Mai 2023 öffnet die 35. Control, internationale Fachmesse für Qualitätssicherung, in Stuttgart ihre Hallen für Technologie-Updates aus den Bereichen Vision, Bildverarbeitung, Sensorik sowie Mess- und Prüftechnik. Zu den Trendthemen gehören moderne Software, Inline-Prüfprozesse und KI-gestützte Systeme.

In Kürze findet die „Control“ mit allen Highlights für die Qualitätssicherungs- (QS)-Branche bereits zum 35. Mal statt. Die Branchenbeteiligten freuen sich auf die persönliche Begegnung in Stuttgart. Für Schneider Messtechnik aus Bad Kreuznach beispielsweise ist es die wichtigste Messe im Jahr, **Bild**. „Die Control ist für die gesamte Messtechnik-Branche zu einem festen Termin im Messekalender geworden. Wir sind Aussteller der ersten Stunde und konnten die Control unterbrechungsfrei bis zur diesjährigen 35. Veranstaltung auf dem Stuttgarter Messegelände begleiten. Sie ist und war unsere bedeutendste Messe im Jahreskalender“, bestätigt Uwe J. Keller, Chief Marketing Officer bei Schneider Messtechnik. „An der Control schätzen wir insbesondere

die hohe Dichte an Fachbesuchern, die mit konkreten Projekten die Messe besuchen und das Gespräch mit den Ausstellern suchen. Ebenfalls schätzen wir die Entwicklung zur Leitmesse für die Qualitätssicherung.“ Diverse Trends sind für die diesjährige Veranstaltung auszumachen und werden im Folgenden beschrieben.

Trend 1: Einfach bedienbare Maschinen, Automation

Einer der derzeit wichtigsten Technologie-Trends im Qualitätsmanagement ist es, Messmaschinen sehr einfach und intuitiv bedienbar zu machen. Hierbei liegt ein großes Augenmerk auf der Messsoftware, die den Bediener bestmöglich unterstützen soll. Hierzu bringen Betriebe eigen-

entwickelte Software mit, die den Anforderungen des Markts entspricht.

Ein weiterer Trend ist die Automatisierung. Es lohnt sich, hierfür einzelne Maschinenserien „fit zu machen“; Anwender können die CNC-Messanlagen in eine Teil- oder Vollautomatisierung einbinden. Beide Trends spiegeln die aktuelle Situation am Arbeitsmarkt wider: Zum einen müssen immer mehr Menschen die Messmaschinen nutzen und bedienen können, zum anderen müssen fehlende Werker durch automatische Abläufe kompensiert werden.

Trend: Deep Learning für Klassifizierungsaufgaben

Moderne QS-Maßnahmen tragen dazu bei, die Produktions-Herausforderungen



Effizienz, Ressourcenschutz und Nachhaltigkeit zu bewältigen. Für effiziente Abläufe müssen Informationen über den aktuellen Zustand an jedem Punkt der Prozesskette vorliegen. Hierzu ist eine verlässliche Qualitätssicherung unerlässlich. So ist inzwischen „Predictive Maintenance“ ein wichtiges Kriterium für die Effizienzsteigerung bei der QS, meint auch *Markus Riedi*, CEO der Firma Opto aus Gräfelfing. „Die Big-Data-Auswertung von Fertigungsprozessen und die Rückführung in eine intelligente Produktionssteuerung wird nachhaltig den Energieverbrauch senken und die Qualität von Produkten steigern können.“ Für *Riedi* liegt die Zukunft der QS in der Automatisierung von Qualitätsprozessen und im immer bedeutenderen „Deep Learning“ für Aufgaben bei der Klassifizierung.

„In mehreren Jahren werden Statistiken beweisen, dass die Resultate von KI-(Künstliche Intelligenz)-unterstützten Mess- und Testanlagen DIN-basierte Prozesse bei weitem übertreffen“, sagt der Opto-Chef. Sein Unternehmen kommt mit inline-prozessstauglichen Sensoren, den „Solino-Imaging2“-Modulen, nach Stuttgart. „Die Control ist seit Jahren unsere Hauptmesse. Hier zeigen wir Neuheiten, bringen alle unsere Händler auf den neuesten Stand und präsentieren uns als innovatives Unternehmen für Automa-

tisierungsaufgaben in der Mikroskopie. Die Messe ist für unsere Produktentwicklung die ‚Deadline‘, auf die das ganze Jahr hingearbeitet wird.“

Trend: Komplette Kreisläufe, roboterbasierte Messungen

Allseits hoch geschätzt wird seitens der Aussteller und Fachbesucher die internationale Ausrichtung der Control und die umfassende Darstellung der gesamten Branche vom Messschieber bis zur universellen Messmaschine. Das bewährte praxisorientierte Messekonzept, die gute Erreichbarkeit und die inhaltliche Kontinuität der Control macht sie zu einem festen Bestandteil im Messekalendar vieler Unternehmen. Das bestätigt auch die Metrologic Group: Die Control ist für die Gruppe ein wichtiges Ereignis in der Welt der Qualitätssicherung auf europäischer und globaler Ebene. Das persönliche Zusammentreffen aller Partner unterstütze die fachlichen Diskussionen und die Geschäftsanbahnungen.

„Als Trends und aktuelle Marktinteressen stellen wir die Virtualisierung, Automatisierung, Robotik und digitale Zwillingstechnologien fest“, konstatiert *Fabian Krüger*, Projektleiter der Control. „In diesem Jahr werden wir komplette Prüfkreisläufe mit Anbindung an die Fabrik 4.0

sehen – samt Datenflussmanagement, fortschrittlichen Programmierlösungen und roboterbasierten Messungen. Diese modernen Messverfahren sorgen für mehr Genauigkeit, eine höhere Produktivität und weniger fehlerhafte Teile. Dies unterstützt Fertigungsunternehmen maßgeblich dabei, Ausschuss und die Verschwendung von Rohstoffen zu vermeiden.“

Vier volle Hallen, hohe Internationalität

„Wir freuen uns mit allen Ausstellern und Fachbesuchern auf die vier Hallen 3, 5, 7 und 9 voller interessanter Neuheiten in Sachen Qualitätsüberprüfung und Qualitätssicherung“, erklärt *Bettina Schall*, Geschäftsführerin des Messeunternehmens P. E. Schall. Seit 61 Jahren steht das Motto „Messen für Märkte“ für das Erfolgsrezept des privaten Messeveranstalters aus Frickenhausen. „Wir sind auch gespannt auf die vielen Teilnehmer aus dem Ausland. Unser Ausstellerbeirat als Vertretung der Ausstellerschaft hat noch einmal die hohe Internationalität begrüßt und die weltweite Bedeutung der Control betont. Diese Fachmesse ist und bleibt ein themenfokussiertes und praxisorientiertes Branchen-Highlight und deshalb eine wertvolle Businessplattform.“ ■

www.control-messe.de



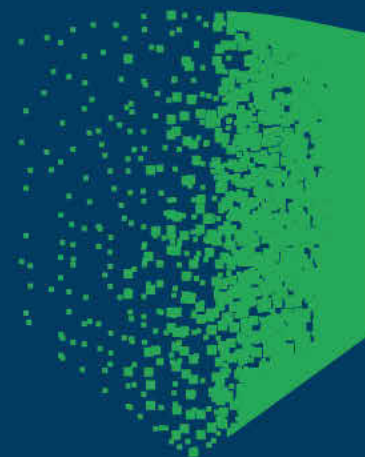
CYBERABWEHR 24/7

IT-Sicherheit ist kein Selbstläufer.



Bieten Sie Cyberkriminellen die Stirn – Mit den qualifizierten Managed Security Services der Deutschen Cyber-Sicherheitsorganisation (DCSO).

Jetzt mehr erfahren



KURZ NOTIERT

Dr. **Heinz-Jürgen Prokop** hat am 1. April 2023 die CEO-Position beim Werkzeugmaschinenbauer Emag, Salach (www.emag.com), an **Markus Clement** übergeben. Dieser kann bereits auf eine erfolgreiche Karriere in der Gruppe zurückblicken, zuletzt als CEO von Emag China.

DMG Mori, Pfronten (de.dmgmori.com), hat 2022 ein Top-Geschäftsjahr erzielt. Der Auftragseingang stieg auf 2904,2 Millionen Euro (+15 %), der Umsatz erhöhte sich auf 2365,7 Millionen Euro (+15 %). Auch die Ertragslage entwickelte sich trotz erswerter Markt- und Rahmenbedingungen erfolgreich.

Auch **Zeiss**, Oberkochen (www.zeiss.de), blickt auf ein gutes Geschäftsjahr 2022 zurück: trotz herausfordernder geopolitischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen erzielte der Messtechnikspezialist mit 8,8 Milliarden Euro (+16 %) ein deutliches Umsatzwachstum. Der Auftrags- eingang stieg signifikant um +19 % auf ein neues Höchstniveau von 10,7 Milliarden Euro. Die Mitarbeitendenzahl nahm um 10 % zu.

Mit einer neuen Struktur eröffnet die **Bodo Möller Chemie** Gruppe, Offenbach (www.bm-chemie.com), die diesjährige Fortsetzung der erfolgreichen Seminarreihe **TechDialog**. Am 11. Mai 2023 gibt das Unternehmen in Heidelberg nicht nur eine Einführung in die aktuellen Möglichkeiten industrieller Verklebungen, sondern bietet auch in praxisnahen Workshops die Analyse spezieller Herausforderungen.

Am 25. April hat der japanische Technologielieferant **Yaskawa** (www.yaskawa.eu.com) seine neue Europazentrale in Hattersheim eröffnet – und bekennt sich damit einmal mehr zu Europa als Wachstumsmarkt und Produktionsstandort im internationalen Geschäft mit Robotik, Antriebs- und Steuerungstechnik sowie mit Green-Energy-Lösungen.

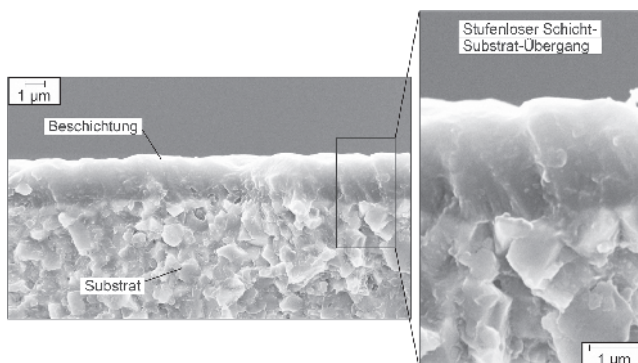
Der **PSI**-Konzern, Berlin (www.psi.de), hat im Geschäftsjahr 2022 einen stabilen Umsatz von 247,9 (2021: 245,5) Millionen Euro erzielt. Der Umsatz des Softwareanbieters im Segment Produktionsmanagement (Metall, Industrie, Logistik) wuchs um 9,4 % auf 117,5 Millionen Euro.

Reibungsminimierende Schichtsysteme

Durch den globalen Wettbewerb im produzierenden Industriesektor steht die Steigerung der Wirtschaftlichkeit einer Produktion im Fokus der Unternehmen. Durch etablierte Verfahren wie HPC (High-Performance-Cutting) kann die Produktivität einer Werkzeugmaschine signifikant gesteigert werden. Gleichzeitig werden die Zerspanungswerkzeuge dadurch immer höheren thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover werden in einem aktuellen Forschungsprojekt selbstschmierende Beschichtungen untersucht, die reibungsminimierend wirken, **Bild**. Sie sollen höhere Standzeiten bei der Zerspanung von Aluminium erzielen.

Beschichtung eines Hartmetallwerkzeugs: Leistungs-fähigere Werkzeuge werden durch das Aufbringen prozess-angepasster Schichten erreicht.

Grafik: IFW



„Neuartige Beschichtungssysteme wie Chromaluminiumnitrid-Schichten (Cr,Al,N) versprechen eine hohe Härte ähnlich der von polykristallinem Diamant. Durch das Zulegieren von Übergangsmetallen wie Vanadium, Wolfram oder Titan kommt es zudem zur Ausbildung selbstschmierender Magnéli-Phasen, wodurch die Reibung verringert werden kann“, erläutert Projektbearbeiter **Markus Hein**. „Da die Oxide der Übergangsmetalle Vanadium, Wolfram und Titan häufig Defekte in Form von temperaturabhängigen Sauerstoff-Fehlstellen haben, kommt es zu einer Änderung der Phasenstruktur und der Bindungskräfte. Die Sauerstoff-Fehlstellen ordnen sich in der Regel in Ebenen an, die bei Belastung Gleitebenen bilden. Aus diesem Grund untersuchen wir die temperaturabhängige Fehlstellenkonzentration verschiedener Übergangsmetalle.“ Hierfür wurde ein ZIM-Kooperationsprojekt mit der Firma Wolf gestartet. Im ersten Schritt werden „Target-konzepte“ entwickelt, die zu einer wesentlich höheren Schichthomogenität führen. Hierdurch wird auch der selbstschmierende Effekt homogen in der gesamten Beschichtung verteilt. Zudem wird zunächst Prozesswissen über den Einfluss der Schichtzusammensetzung auf die Fehlstellenkonzentration und damit auf die Aktivierungstemperatur der Magnéli-Phasen aufgebaut. Im weiteren Verlauf werden Wendeschneidplatten mit dem am besten geeigneten Beschichtungssystem versehen und in Hobeluntersuchungen eingesetzt, um die Spanbildung und das Reibverhalten zu untersuchen.

www.ifw.uni-hannover.de

Neue Vertretung in Dänemark

Seit dem 1. Februar 2023 ist Edeco Tool ApS, Glostrup, die offizielle Landesvertretung von Mapal, Aalen, in Dänemark. Das Unternehmen ist ein langjähriger Partner und arbeitet bereits mit mehreren Tochterfirmen der Gruppe erfolgreich zusammen. Das Team in Dänemark ist mit dem Produkt- und Leistungsangebot des Werkzeugspezialisten bestens vertraut. Es kennt die Anforderungen der Nutzer und bringt viel Erfahrung in die erweiterte Zusammenarbeit ein. Edeco ist in vielen Branchen tätig und betreut Anwender aus dem Automobil- und Maschinenbau. Weitere Bereiche sind der Werkzeug- und Formenbau, der Energiesektor und die Luftfahrtindustrie. Das sowohl in Schweden wie in Dänemark vertretene Handelsunternehmen betreibt ein Zentrallager für Standardprodukte im schwedischen Karlstad, über das auch die Kunden in Dänemark beliefert werden. www.mapal.com

**VDI-Z**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Advanced manufacturing – now

Unter diesem Motto ist vom 10. bis zum 12. Mai wieder „Open-House-Time“ bei der Chiron Group. Die drei Messetage in Tuttlingen stehen im Zeichen zukunftsweisender Fertigungsprozesse, die perfekt zu den Vorgaben, Produkten und Branchen der Anwender passen. Wie ein solcher Prozess ausgestaltet sein kann und welche Vorteile sich daraus jeweils ergeben? Das demonstrieren die Experten an beispielhaften



Das Fachpublikum kann an drei Messetagen beispielhafte Bearbeitungsprozesse für alle Anwenderbranchen live erleben.
Foto: Chiron

ten Bearbeitungslösungen für Automotive, Medical Technology, Aerospace, Precision Technology, Tool Manufacturing und Mechanical Engineering. Die sechs Marken Chiron, Stama, CMS, Factory5, Greidenweis und Hstec zeigen ihre spezifischen oder kombinierten Kompetenzen. Zu den Maschinen-Highlights gehören: Fräs-Dreh-Kompetenz „weitergedacht“ in der „DZ 22 S mill turn system 8“ für doppelspindliges Bearbeiten großer Stückzahlen. Oder Komplettbearbeiten von sechs Seiten mit hoher Autonomie mit der „MT 715 two+“. Zu erleben ist das komplette Spektrum an Fertigungslösungen, **Bild** – von der Mikrobearbeitung mit reduziertem ökologischem Fußabdruck bis hin zu maximaler Flächenproduktivität beim Bearbeiten großvolumiger Bauteile für Automotive und Aerospace. Impulse für die Fertigungspraxis heute und in Zukunft geben auch die Präsentationen der Kompetenzbereiche Additive Fertigung, Automation, Services, digitale Lösungen und Maschinenüberholung, ebenso wie das Vortragsprogramm. Die begleitende Ausstellung umfasst 26 Qualitätspartner entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Metallbearbeitung. <https://chiron-group.com/de/open-house>

Nachhaltiger Technologiekonzern

Epson Deutschland, Meerbusch, startete im April in das neue Geschäftsjahr 2023/2024. Trotz der gesellschaftlichen und politischen Einschnitte im letzten Jahr und der daraus resultierenden Unsicherheit in der Wirtschaft kann das Unternehmen auf eine stabile Entwicklung verweisen und blickt optimistisch auf das kommende Jahr. Basis hierfür ist die konsequent nachhaltige Ausrichtung des Technologiekonzerns und die Realisierung dieser Planungen. „Epson EcoTank“ ist eine Erfolgsgeschichte und setzt Maßstäbe in der Branche. Das Ziel, zu 100 % mit Ökostrom weltweit in allen Produktionsstätten und Niederlassungen zu arbeiten, wird in 2023 erfüllt. Neue Technologien wie die „Dry-Fiber-Technologie“ (DFT) und „Metal Injection Molding“ (MIM) sind Ergebnisse einer Forschungs- und Entwicklungsarbeit, die den japanischen Konzern in Sachen Nachhaltigkeit zukunftsfähig aufstellen. Umwelttechnologien stehen hoch im Kurs: Mit DFT arbeitet Epson beispielsweise an einer Recyclingvariante, die bereits im Einsatz ist, zukünftig aber noch viel breiter Anwendung finden kann. Basis der Technologie ist die Zerlegung von Ausgangsstoffen in ihre Fasern, die sich dann auf verschiedenen Wegen wieder zusammenführen lassen. 2023 wird überdies ein Aufbruchsjahr für die Mitarbeitenden in der Meerbuscher Vertriebszentrale. Nach 20 Jahren geht Epson Deutschland wieder zurück nach Düsseldorf. Das Unternehmen hat ab dem Frühjahr 2023 rund 3000 m² im gerade im Bau befindlichen Gebäude Trigon in Düsseldorf-Heerdt angemietet.
www.epson.de

WINSFEED

HOCHLEISTUNGS-
PRODUKTE



- Qualität
- Funktionalität
- Innovation

Die optimale
Werkzeuglösung

für individuelle
Bearbeitungsaufgaben
in allen Branchen!



Digitales Angebot gestartet

Live, innovativ und voller Know-how – so soll sich das neue digitale Angebot der „GrindingHub“ präsentieren. Der Messeveranstalter VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken), Frankfurt/Main, bietet damit auch im messefreien Jahr der Schleiftechnikbranche eine Plattform. In sechsminütigen Pitchs erhalten Unternehmen am 23. Mai 2023 die Möglichkeit, ihre neuen Produkte und Technologien online einem internationalen Publikum vorzustellen und mit potentiellen Kunden in Kontakt zu treten. Gerahmt wird das Angebot von wissenschaftlichen Impulsvorträgen zu aktuellen Trendthemen und einer fachlichen Moderation. 2022 wurde die Premiere der GrindingHub in Stuttgart als neues Drehkreuz der Schleiftechnikbranche erfolgreich gefeiert. Das hybride Konzept mit digitalen Angeboten – Web-Sessions, Videoproduktionen und Forumsbeiträgen – hat sich damals bereits bewährt. Interessierte Unternehmen können sich ab sofort für das „360°Special“ registrieren.

www.grindinghub-digital.de

Sonderschau Berührungslose Messtechnik



Ein Exponat der Sonderschau sind die neuen „Swir“-Wärmebildkameras für Hochtemperaturanwendungen. Foto: InfraTec

Zum bereits 17. Mal findet bei der Messe „Control“ (9. bis 12. Mai 2023) in Stuttgart die Sonderschau „Berührungslose Messtechnik“ statt. Seit Langem ist sie ein fest etablierter „Marktplatz der Innovationen“, der aktuelle Entwicklungen und zukunftsweisende Technologien aus dem Bereich der berührungslosen Mess- und Prüftechnik vorgestellt. Rund 15 Aussteller präsentieren der Fachwelt auf 300 m² ihr Produkt- und Leistungsspektrum, Bild. Die Sonderschau findet wie jedes Jahr in Kooperation zwischen dem Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision und dem Messeveranstalter P. E. Schall statt. Zu sehen sind beispielsweise eine Wärmebildkamera für Hochtemperaturanwendungen, ein 3D-Time-of-Flight-Kameramodul für Industrie- und Roboteranwendungen, ein System zur 100%-Inline-Kontrolle von Präzisions-Schleifprozessen oder auch Bildverarbeitungslösungen für die Lithiumbatterieindustrie.

www.vision.fraunhofer.de – Control: Halle 7, Stand 7401

Softwarehaus mit gutem Geschäftsjahr 2022

Die Unternehmen der ams.Group, Kaarst, blicken auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr 2022 zurück. Im Auftragseingang verzeichneten die auf „Losgröße 1+“ spezialisierten Software- und Beratungshäuser mit insgesamt 34,5 Millionen Euro einen Zuwachs von 14,3 % gegenüber dem Vorjahr, während der Umsatz von 30,6 Millionen Euro ein Plus von 8,0 % bedeutete. Insbesondere das Neugeschäft entwickelte sich positiv: 22 gewonnene Projektaufträge sorgten nicht nur für einen Auftragswert von knapp 8,5 Millionen Euro, sondern erweitern auch die Nutzerbasis des branchenführenden Multiprojektmanagement-Systems „ams.erp“ um mehr als 1000 neue User. Die Vorstandsvorsitzende Simone Schiffgens ist sich sicher, die positive Unternehmensentwicklung auch in konjunkturrelevanten Zeiten fortsetzen zu können. Zum einen sei die Neubesetzung des Vorstands mit Kompetenzträgern aus dem eigenen Hause erfolgreich abgeschlossen, zum anderen honorierten Interessenten und Kunden die Unabhängigkeit des Familienunternehmens von externen Investoren und Kapitalgebern. Beides werde im Markt als Zeichen für Kontinuität und Stabilität gewertet. Eine positive Entwicklung gibt es auch im personellen Bereich: 43 neue Mitarbeitende konnten hinzu gewonnen werden. Insbesondere die Bereiche Projektberatung mit 21 und Software-Entwicklung mit zehn Neueintritten stechen heraus, da der Wettbewerb um qualifizierte Fachkräfte – speziell in diesen Segmenten – groß ist. www.ams-erp.com

**VDI-Z**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Drehteile-Industrie verhalten optimistisch



Die Deutsche Drehteile-Industrie blickt positiv auf das Jahr 2022 zurück – aber nur beim Exportanteil und bei der Auftragsreichweite. Foto: Verband Drehteile-Ind.

Wie ist die Stimmung bei den Mitgliedern des Verbands der Deutschen Drehteile-Industrie, **Bild?** Antworten auf diese Frage liefert die jährliche Umfrage, deren Ergebnisse der Verband mit Sitz in Düsseldorf jetzt ausgewertet hat. Für 2022 beteiligten sich 44 Unternehmen mit über 8830 Beschäftigten. Dabei gibt es „gemischte Gefühle“ beim Rückblick auf das Jahr 2022: Positiv stimmen der hohe Exportanteil und die durchschnittliche Auftragsreichweite. Sorgen bereiten dagegen nach wie vor die gestiegenen Material- und Energiekosten und anhaltende Probleme bei der Suche nach geeigneten Mitarbeitenden. Das vergangene Jahr in Zahlen: Die Umsatzentwicklung ist mit 9,7% gegenüber dem Vorjahr positiv, liegt aber deutlich unter dem Wert von 2021 mit 19,5%. Hier wirken sich zusätzlich die gestiegenen Materialkosten spürbar aus – es wurde ein Materialkostenanteil am Umsatz von 35,6% (Vorjahr: 31%) ermittelt. Deshalb fällt der Wert für den bereinigten Umsatz mit 1,6% sehr niedrig aus. Die Auftragseingänge haben nur noch um 4,3% zugenommen (2021: 40,5%). Positiv stimmt dagegen der Exportanteil: Dieser liegt mit 40,4% auf einem Allzeithoch. Ebenfalls beachtlich ist laut Lagebericht die Auftragsreichweite mit 37,6 Wochen. In nächster Zeit melden 63% der Unternehmen weiteren Personalbedarf an. Das Thema Kurzarbeit spielte nur noch bei 9% der befragten Unternehmen eine Rolle, dieser Wert folgt dem allgemeinen Trend in der Industrie. www.drehteileverband.de

Digitale Tools in der Arbeitswelt

Die neue Broschüre „Bleibt alles anders?“ des ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft, Düsseldorf, beschäftigt sich damit, wie Datenbrillen, Smart Watches und Co. die Arbeitswelt verändern. Gezeigt werden Beispiele aus Unternehmen, in denen sich die Arbeitsaufgaben durch den Einsatz von digitalen Tools verändern, welche Fähigkeiten gefragt sind und wie Betriebe bei der Implementierung vorgegangen sind. Denn viele Tools und Technologien, die aus dem privaten Bereich bereits bekannt sind, finden jetzt Einzug in die Produktion. Aufgaben werden durch sie geschaffen, verändert oder entfallen. Erfahrungen, die andere Unternehmen gemacht haben, sind hilfreich. In der Broschüre werden Praxisbeispiele aus Betrieben der Metall- und Elektroindustrie vorgestellt. So können digitale Hilfsmittel wie Datenbrillen oder Assistenzsysteme die Arbeit in der Produktion unterstützen, indem sie relevante Informationen zu den Maschinen anzeigen, auf Störungen aufmerksam machen oder Teilprozesse automatisieren. Auch in indirekten Bereichen können sie Standard-Aufgaben übernehmen, sodass sich die Beschäftigten auf wertschöpfende Arbeiten oder zum Beispiel die Kundenbetreuung konzentrieren können. Die Veröffentlichung stellt die Kernbotschaften aus 30 Experteninterviews vor. Sie kann kostenlos über die ifaa-Webseite heruntergeladen werden:

www.arbeitswissenschaft.net/alles-anders

Plötzlich international?



In der Produktentwicklung sind Sie mit immer komplexeren Anforderungen konfrontiert. Gleichzeitig sollen Sie schneller, kostensparender und nachhaltiger konstruieren.



Was es braucht, sind Lösungen, die CAD, PLM, ERP, IoT und IT zusammenbringen, damit Sie Effizienz und Effektivität steigern können. Sprich bessere Zusammenarbeit von Menschen und Systemen.



Auf diesem Weg unterstützen wir Sie mit unserem übergreifenden Verständnis für Digitalisierung und der Kompetenz, Lösungen für Sie individuell zusammenzuführen.

Starten Sie mit einer Beratung:

inneo.de/pe

INNEO®
That's IT.

Neuer Standort in Thailand

Ab April 2023 ist die Horn-Gruppe, Tübingen, auch in Thailand direkt vertreten. Das Unternehmen „Horn Cutting Tools Co. Ltd.“ hat seinen Firmensitz in Chonburi – circa 80 km südöstlich der Hauptstadt Bangkok, **Bild**. Kurzfristig und mittelfristig soll neben dem Vertrieb auch ein Nachschleifservice für MKD-Werkzeuge aufgebaut werden. Rund 70 Millionen Einwohner hat das asiatische Land. Im Jahr 2021 betrug das Bruttoinlandsprodukt (geschätzt) rund 505,9 Milliarden US-Dollar. Horn Thailand wird auch auf der Messe „Metalex“ vom 22. bis zum 25. November 2023 in Bangkok ausstellen: Gezeigt werden die Neuheiten 2023 und verschiedene Werkzeuglösungen wie „Supermini“, Verzahnungen, Reiben und Nutstoßen. 2022 waren über 86 000 Messebesucher vor Ort. Neben inländischen Besuchern kamen die Gäste vorrangig aus Indien und Singapur. *Andreas Vollmer*, Mitglied der Geschäftsleitung bei Horn und verantwortlich für den Bereich Vertrieb weltweit, sagt zu den Trends und Zukunftsthemen in Thailand: „Was wir bisher sehen konnten, zeigt, dass die Bearbeitungs- und Maschinenstrategien identisch sind mit den Anforderungen, die wir kennen – nicht nur in Thailand, auch in den Märkten



Der Firmensitz von Horn Cutting Tools (Thailand) Co. Ltd. in Chonburi hat eine Gesamtfläche von etwa 1250 m². Foto: Horn Thailand

Vietnam, Singapur, Indonesien, Malaysia und Philippinen. Beispielsweise begleitet uns das Thema Verzahnungen auch hier bereits.“

Michael Mellerup, General Manager Horn Cutting Tools Thailand, ergänzt: „Thailand hat im Bereich der Zerspanung viel zu bieten. Ich bin überzeugt, dass das Land für uns kurz-, mittel- und langfristig ein Wachstumsmarkt ist und wir un-

sere Kunden deutlich voranbringen können.“ Auf die anstehenden Aufgaben hat sich das Team gut vorbereitet: In den neuen Büroräumen werden zum Beispiel technische Produktschulungen stattfinden, um Zerspanungskompetenz an die Kunden vor Ort weiterzugeben. Ebenso wird ein Lager am Standort für den südostasiatischen Markt eingerichtet.

www.horn-group.com

Award für führende Digitallösungen in der Fertigungsindustrie

Die Gewinner des Microsoft Intelligent Manufacturing Award (MIMA) 2023 stehen fest. Microsoft Deutschland, München, und die Unternehmensberatung Roland Berger haben sie mit einer Jury mit führenden Expert*innen aus Wirtschaft und Wissenschaft ausgewählt. Die prämierten Betriebe präsentieren ihre zukunftsweisenden Projekte und Lösungen für die Fertigungsindustrie ausführlich auf einer eigenen Website. Unter dem Motto „Innovate, Transform, Sustain.“ waren führende Industrieunternehmen aus dem erweiterten Wirtschaftsraum Europa, Naher Osten und Afrika (EMEA) aufgerufen, ihre vielversprechenden digitalen Lösungen für die Fertigungs-, Prozess-, Bau- und Automobilindustrie einzuzeichnen. Ungefähr 50 Bewerber stellten sich dieser Herausforderung, von denen 15 Unternehmen aus sieben Nationen ins Finale einzogen und ihre Projekte einer Fachjury präsentierten. Ihr gemeinsames Ziel: die Wertschöpfungsketten in der Fertigungsindustrie durch Digitalisierung zu verbessern.

Das sind die Gewinner in den einzelnen Kategorien: Die deutsche Traditionsfirma Fischerwerke erzielte den Gesamtsieg für „Construction Monitoring“. Danieli Automation und beanTech erzielten

gemeinsam den Sieg in „Innovate!“ mit einem integrierten Qualitätsmanagement für die Metallindustrie. Trumpf und Prenode siegten zusammen bei „Scale!“ mit ihren Laser-Schneidmaschinen „as a Service“. Danone siegte bei „Add Value!“ mit dem Thema „Digitale Transformation beschleunigen“. Der Preis für „Sustainability!“ ging an Outokumpu für die Einführung eines neuen Nachhaltigkeitsstandards in der Edelstahlproduktion. Dieses Jahr gibt es außerdem eine Besonderheit: Neben den MIMA-Gewinnern möchte die Jury auch den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) loben, der sich nicht am Wettbewerb beteiligen konnte, weil die Preisverleihung sich nicht an Organisationen richtet. Weltweit entwickelt der VDMA seit 2017 zusammen mit 700 Unternehmen und Partnerorganisationen standardisierte Schnittstellen für Produktions- und Betriebsinformationen, die auf der „OPC-UA“-Technologie basieren. Eine umfassende Zusammenstellung aller Preisträger, Finalisten sowie eine Auflistung der Jury, welche aus renommierten Fachleuten der Wirtschaft und Wissenschaft besteht, findet sich hier:

www.MIMAwinner2023.com

**VDI-Z**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Hersteller von Messtechnik forcieren Digitalisierung

In drei Arbeitskreisen des VDMA Mess- und Prüftechnik werden derzeit grundlegende Standards erarbeitet, die künftig der Kommunikation und Interoperabilität in der Messtechnik Vorschub leisten, **Bild**. Auf der „Control“ 2023 präsentiert der VDMA die laufenden Projekte auf seinem Messestand in Halle 5. Messebesucher können dort mit Experten der beteiligten Unternehmen ins Gespräch kommen und sich aus erster Hand über den Stand der Projekte, Inhalte und Anwendungsfälle informieren.



Auf der Messe „Control“ informieren der Verband und Experten aus den beteiligten Messtechnik-Unternehmen über die Standardisierungsprojekte. Foto: VDMA

Die „OPC Companion Specification Geometrische Messsysteme“ (CS GMS) steht kurz vor der Veröffentlichung. Für geometrische Messsysteme, wie beispielsweise Koordinatenmessgeräte, Form- und Oberflächenmessgeräte sowie Vielstellenmessgeräte, ist die Bereitstellung von Informationen für den Datentransfer von und zu geometrischen Messsystemen über eine einheitliche Schnittstelle definiert, die von MES-Systemen oder anderen Datenverwaltungssystemen genutzt werden kann. Damit wird die digitale Integration messtechnischer Systeme in eine produktive Industrie 4.0-Umgebung herstellerübergreifend vereinfacht.

Mit „OPC UA Cutting Tools“ wurde Ende 2022 ein weiteres Vorhaben gestartet. Ziel ist der Austausch von Werkzeugparameterdaten zwischen CAM-System, Werkzeugschleifmaschine und Werkzeugmessmaschine bei der Herstellung oder Überarbeitung von Zerspanungswerkzeugen. Die neue OPC Companion Specification baut auf den Spezifikationen für geometrische Messsysteme auf und entwickelt diese für das Werkzeugschleifen weiter. Der neue Standard soll auch eine automatisierte Anpassung der Maschineneinstellungen aufgrund der Messergebnisse gestatten. Dieser „Closed Loop“ stellt eine wesentliche Erweiterung dar und kann als Baustein auch bei einer Überarbeitung der CS GMS verwendet werden.

Der Standard „I++ DME“ wurde ursprünglich von der Automobilindustrie initiiert, die Weiterentwicklung läuft nun durch Hersteller von Koordinatenmessgeräten. Der universelle und herstellernerneutrale Schnittstellenstandard erlaubt es, Messmaschine und Messsoftware unabhängig voneinander zu beschaffen oder auszutauschen. Die Anwender können sich für die individuell beste Kombination aus Hard- und Software entscheiden. VDMA Mess- und Prüftechnik hat mit Unterstützung der Firmen Hexagon, Mahr, Mitutoyo, OGP, Renishaw, Walter Maschinenbau, Wenzel und Zeiss den Informationsstand auf der Control in Stuttgart realisiert. Experten vom Verband und aus den Unternehmen erläutern den Besuchern dort den Nutzen und den Reifegrad der Standardisierungsprojekte.

www.vdma.org/messtechnik-prueftechnik

Control: Halle 5, Stand 5508



Die Software für Prozess- und Qualitätsmanagement



Prozesse International
Berichte Risikomanagement
Datenschutz LDAP
Mehrsprachigkeit Schnittstellen
Maßnahmen Social QM
WIKI QM IMS
Validierung Matrixorganisation
Auditmanagement
Schulungen Workflows
Kennzahlen BPMN
Gefahrstoffmanagement
Compliance GxP
Formulare Fragenkataloge
Dokumente
Qualifikationen KVP

ConSense GmbH
info@consense-gmbh.de
Tel.: +49 (0)241 | 990 93 93-0
www.consense-gmbh.de

Kontaktieren Sie uns!

Messtechnikanbieter mit neuer Geschäftsführung

Seit dem 1. März 2023 präsentiert sich der deutsche Mess- und Spannvorrichtungsspezialist Witte Barskamp, Bleckede, mit neu aufgestellter Unternehmensleitung. Gleichzeitig hat der Mittelständler einen Beirat sowie einen „Expertenpool Konstruktion“ eingerichtet. Geschäftsführender Gesellschafter ist nunmehr *Jens Düffert* (57). 2009 als Leiter der internationalen Materialwirtschaft ins Unternehmen eingetreten, verstärkte er die bisherige Führungsriege um Firmengründer *Horst Witte* (88) und dessen Sohn *Andreas* (66) bereits seit 2011 als Mitgeschäftsführer und seit 2021 auch als Mitgesellschafter. Die bisherigen Mitgeschäftsführer *Horst* und *Andreas Witte* bleiben weiterhin Gesellschafter, wechselten jedoch

vom operativen Geschäft in die neuen Verantwortlichkeiten. 1969 als Produktionspartner für hochpräzise Bauteile der Luft- und Raumfahrtindustrie gegründet, ist das Unternehmen heute einer der international tonangebenden Entwickler und Hersteller modularer, wiederverwendbarer Spann-, Positionier- und Messvorrichtungen sowie von Zuführsystemen und Automatisierungstechnik. Ein breites Einsatzspektrum haben die Produkte unter anderem in der Mess- und der Medizintechnik sowie in allen Branchen, in denen dimensionelle Qualitätsüberwachung, Wirtschaftlichkeit und Präzision eine entscheidende Rollen spielen.

www.witte-barskamp.de – Control: Halle 3, Stand 3103

IMPRESSUM

VDI-Z

ISSN 0042-1766, 165. Jahrgang 2023

Herausgeber

Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Organschaft

VDI-Z ist offizielle Organzeitschrift der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (VDI-GPL).

Redaktion

Dr.-Ing. Birgit Etmanski, Chefredakteurin
Telefon: +49 211 6103-331
betmanski@vdi-fachmedien.de
Gerd Fahry, freier Mitarbeiter der Redaktion
Telefon: +49 170 3411961
vdi-z@vdi-fachmedien.de
Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell
Redaktionsleitung VDI Fachmedien
Telefon: +49 211 6103-104
uschnell@vdi-fachmedien.de
Alexandra Briesch, Redaktionsassistentin
Telefon: +49 211 6103-335
Fax +49 211 6103-148
abriesch@vdi-fachmedien.de

Autorenhinweise/Veröffentlichungsgrundlagen: www.vdi-z.de

Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG
Unternehmen für Fachinformationen
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf
Commerzbank AG
SWIFT/BIC-Code: DRES DE 3300
IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

Geschäftsführung

Ken Fouhy, B.Eng.

Layout

Alexander Reiß

Leitung Media Sales

Sarah-Madeleine Simon
Telefon: +49 211 6103-166
ssimon@vdi-fachmedien.de

Anzeigenverkauf

Verlagsbüro Sven Pachinger
Telefon: +49 521 977998-80
Fax: +49 521 977998-90
sven.pachinger@verlagsbuero-pachinger.de

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 67 vom 1. Januar 2023.

Vertrieb und Leserservice

Leserservice VDI Fachmedien
65341 Eltville
Telefon: +49 6123 9238-202
Fax: +49 6123 9238-244
vdi-fachmedien@vservice.de

Bezugspreise

9 Ausgaben jährlich
(davon 1/2, 7/8, 11/12 als Doppelausgaben)
Jahresabonnement: 291,50 (E-Paper 250,40)
VDI-Mitglieder: 262,35 (E-Paper € 225,36)
nur für persönliche Mitglieder
Studenten: € 106,70 (E-Paper 91,70)
gegen Studienbescheinigung
Preise Inland inkl. MwSt., Ausland exkl. MwSt.
zzgl. Versandkosten (Inland: 14,50,
Ausland: 32,- Luftpost auf Anfrage)
Einzelheft: 33,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten.

Die Mindestlaufzeit beträgt 12 Monate.
Im Anschluss an die Mindestlaufzeit ist das Abonnement jeweils zum Monatsende kündbar.

Druck

KLIEMO AG, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Weitere Informationen:
www.vdi-z.de

Auflage IVW-geprüft



Berufsfeld Fertigung muss attraktiver werden

Eine neue Studie von Essentra, Nettetal, zeigt branchenweite Probleme bei der Mitarbeitersuche: HR (Human Resources)-Manager in Deutschland und den Niederlanden müssen sich intensiver dafür einsetzen, dass sich der Ruf des Berufsfelds Technik und Fertigung verbessert. Noch immer gilt die Branche fälschlicherweise als Anlaufstelle für ungelernte Arbeitskräfte. Bei einer Umfrage für den Bericht zum „Stand der Fertigung 2023“, welchen das The Engineer Magazin im Auftrag von Essentra Components zusammengestellt hat, gaben mehr als die Hälfte (57 %) der befragten Ingenieure an, dass ihr Unternehmen Schwierigkeiten hat, ausgeschriebene Stellen zu besetzen. 71 % sagen zudem, dass Bewerber die Stellenanforderungen der Arbeitgeber nicht erfüllen. Einige Unternehmen jedoch haben auch gezeigt, dass sie in der Lage sind, talentierte Mitarbeiter zu rekrutieren und zu halten. In Sachen Arbeitgeberattraktivität kann die Branche viel von ihnen lernen: Der „Skills Gap“ betrifft nicht nur Ingenieure auf der Fertigungsebene, sondern auch die Führungspersonen von Morgen, so das Resümee. „Die nächste Generation von Arbeitskräften will nicht in der Produktion und Fertigung arbeiten. Vor allem weil die Branche einen schlechten Ruf hat, aber unter Umständen auch wegen der Auswirkungen von Kurzarbeit und neuen Arbeitsmodellen. Teilweise liegt es aber auch an mangelnder Bildung“, fasst *Oshin Cassidy*, Chief People & Culture Officer bei Essentra PLC, zusammen. Der vollständige Bericht steht zum Download bereit.
www.essentracomponents.com/de-de/bericht-stand-der-fertigung-2023

**VDMA Additive Manufacturing
wird ideeller Träger der Kongressmesse**

Breites Programm für die AM-Welt

Die „Rapid.Tech 3D“ 2023 wird am 9. Mai mit einer Keynote von Ferrari eröffnet. Es folgen an den drei Veranstaltungstagen „Impulsredner“ von Diehl Defence, Rinspeed, Shell und der Ariane Group. Der VDMA engagiert sich bereits 2023 zum Thema Bildung.

Die Arbeitsgemeinschaft Additive Manufacturing im VDMA e. V. wird ab 2024 ideeller Träger der Rapid.Tech 3D. Das haben der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau sowie die Messe Erfurt in einem Kooperationsvertrag vereinbart. Der Verband wird sich zudem bereits auf der diesjährigen Veranstaltung vom 9. bis 11. Mai in Erfurt mit einem Format zum Thema Bildung engagieren.

Hochwertiger Fachkongress

„Der Rapid.Tech 3D-Fachkongress genießt einen ausgezeichneten Ruf in der Additive Manufacturing (AM)-Welt. Führende Wissenschaftler und Experten präsentieren aus der Praxis neueste Erkenntnisse zum industriellen 3D-Druck. Die seit vielen Jahren etablierte hochrangige Veranstaltung möchten wir gemeinsam noch erfolgreicher gestalten. Übergreifendes Ziel ist es, die Industrialisierung von AM weiter zu forcieren“, sagt Dr. Markus Hering, Geschäftsführer der VDMA-Arbeitsgemeinschaft AM sowie des gleichnamigen Fachverbands, und ergänzt: „Ein wesentlicher Faktor, um die Potentiale dieser Schlüsseltechnologie zu heben, ist eine professionelle Qualifizierung. Neben der Ausbildung gibt es aktuell viel Bedarf bei berufserfahrenen Ingenieuren. Deshalb werden wir bereits 2023 in Erfurt vor Ort sein und zeigen, welche Angebote es gerade in der Weiterbildung gibt.“

In der Arbeitsgemeinschaft AM repräsentieren rund 200 Unternehmen die gesamte Wertschöpfungskette der additiven Fertigung – von Technologie- und Materialanbietern über Anwender neuer Produktionsverfahren bis hin zur Forschung und Beratung. Der offizielle Start der ideellen Trägerschaft fällt 2024 in das zwanzigste Austragungsjahr der Messe. „Damit wird das Jubiläum geadelt. Wir freuen uns sehr auf die Zusammenarbeit“, sagt Michael Kynast, Geschäftsführer der Messe Erfurt GmbH.



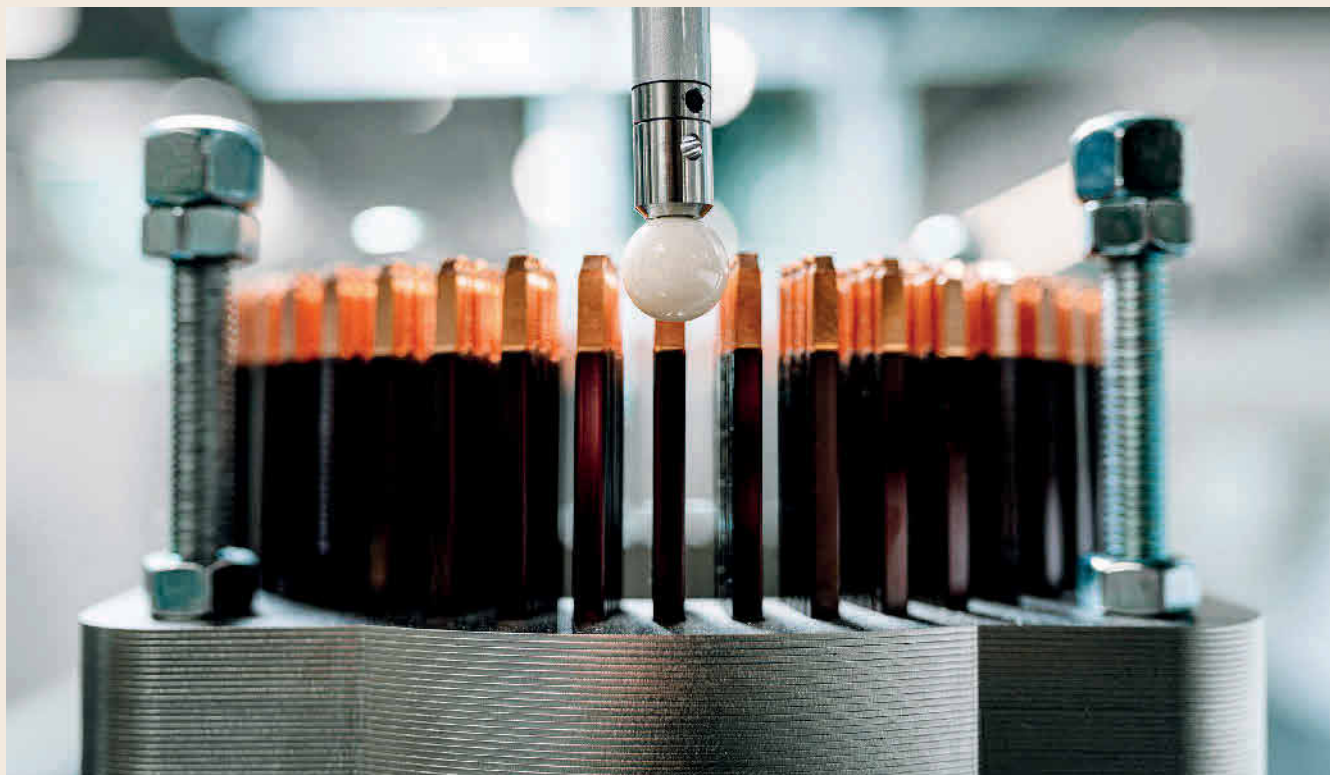
Wehrtechnik als Trendthema: Im Forum „Innovationen in AM“ geht es auch um die Erfahrungen der Luftwaffe mit additiver Fertigung.

Foto: Frank Paehr, Bundeswehr

Neue Geschäftsmodelle

Die additive Fertigung etabliert sich mittlerweile nicht nur als fast unverzichtbares Produktionswerkzeug. Sie gestattet ebenso den Aufbau neuer digitaler Geschäftsmodelle, die eine nachhaltige Wertschöpfung unterstützen. Gleichwohl entstehen zunehmend neue digitale Lösungen, um die Komplexitäten der additiven Fertigung besser beherrschbar zu machen. „In diesen Bereichen entwickelt sich aktuell sehr viel, deshalb bilden sie die Schwerpunkte im diesjährigen Forum Software & Prozesse der Rapid.Tech 3D“, betonen Dr. Guido Adam von DMG Mori Additive und Dr. Martin Holland von Prostep. Die beiden AM-Experten verantworten die inhaltliche Ausrichtung des Forums, das am 10. Mai 2023, dem zweiten Tag des Fachkongresses, stattfindet. Ein anderes Thema wird sein, wie AM die Fertigung und Anwendung moderner Verteidigungstechnik verändert, Bild. Die Keynote von Diehl Defence am Eröffnungstag beleuchtet die Nutzung über den gesamten Wertschöpfungsprozess – Erfahrungen der Luftwaffe mit additiver Fertigung werden im Forum „Innovationen in AM“ thematisiert. Die weiteren Foren-Themen lauten: Mobilität, Medizin, Luftfahrt, Design, Chemie & Verfahrenstechnik, Nachbearbeitung & Qualitätssicherung sowie Wissenschaft.

Die Rapid.Tech 3D hat sich in zwei Jahrzehnten zu einer führenden AM-Fachveranstaltung in Mitteleuropa entwickelt – mit dem Kongress als Herzstück. 2022 kamen mehr als 2500 Fachbesucher aus 18 Ländern nach Erfurt. Sie informierten sich über neue Produkte und Leistungen bei 97 Ausstellern aus elf Ländern, darunter aus den USA, Großbritannien, Österreich und der Schweiz. Bestens nahmen die Besucher das Kongressangebot mit wegweisenden Keynotes und vertiefenden Vorträgen in den Fachforen an: Hier wurden mehr Gäste als beim letzten Live-Kongress 2019 registriert. www.rapidtech-3d.de



Präzisionsmessung an einem Stator: Die fortschrittliche Scanningtechnologie steigert die Effizienz und senkt die Kosten. Foto: Zeiss

Vorstellung der „nächsten Generation“ auf der Messe Control

Innovationen in der Präzisionsmesstechnik

Jeder Fertigungsprozess erfordert ein Höchstmaß an Präzision. Nur so lassen sich Zuverlässigkeit und Qualitätssicherheit gewährleisten. Auf dem Gebiet der Präzisionsmessung sind Koordinatenmessgeräte der „Prismo“-Familie seit über 30 Jahren wegweisend.

Die Präzisionsmesstechnik entwickelt sich ständig weiter – und mit ihr auch Zeiss Prismo. Die neue Generation von Koordinatenmessgeräten (KMGs) aus dieser Familie setzt in puncto Geschwindigkeit, Flexibilität und Produktivität neue Maßstäbe für die Präzisionsmessung der Zukunft.

Auf welche Eigenschaften kommt es an?

Jedes KMG ist darauf ausgerichtet, bei höchsten Messgeschwindigkeiten ein

reproduzierbares Höchstmaß an Genauigkeit zu erzielen. Es vereint Sicherheit und Leistung, sei es im kontrollierten Umfeld eines Qualitätslabors oder in der eher rauen Umgebung einer Produktionslinie. Ein hoher Durchsatz mit einer minimalen Ausschussrate und eine Kostenreduktion durch weniger Ausfallzeiten – diese Win-win-Situation setzt die höchsten Präzisionsstandards voraus, die der Markt zu bieten hat.

Die Hersteller setzen bei ihrem Präzisionsanspruch auf besonders hohe Produktqualität und die Erfüllung strengster

Kundenanforderungen. Ob enge Toleranzen oder komplexe Geometrien – es gilt nicht nur, die Leistung zu maximieren, sondern auch die notwendige Sicherheit zu gewährleisten. Aber wie gelingt es, die Ausschussrate zu minimieren, Zeit einzusparen und gleichzeitig exzellente Messergebnisse zu erzielen?

Prozesse optimieren

Ein entscheidendes Mittel zur Beschleunigung von Prozessen ist eine grundsätzliche Neugestaltung der Pro-



Bild 1. Die neue Generation der „Prismo“-Familie bietet kompromisslose Präzision und ist der neue Maßstab für Erfolg. Foto: Zeiss

zessabläufe, damit diese in einem Bruchteil der Zeit durchgeführt werden können. Ausgestattet mit automatisierten Funktionen, die bei einer Gefährdungslage die Leistung auf ein sicheres Maß herunterfahren, führen solche innovativen Lösungen zu einer signifikanten Effizienzsteigerung, ohne Abstriche bei der Messgenauigkeit in Kauf zu nehmen.

Alle Maßnahmen zur Steigerung der Produktivität müssen auf Langfristigkeit ausgelegt sein. Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Lärmreduzierung, ergonomische Bedienung: Diese Aspekte sind nur einige der Anforderungen, die ein KMG heute und in Zukunft erfüllen muss. Zukunftsicher gerüstet, sind sie eine sinnvolle Investition.

Neue Leistungsmerkmale

Das Messgerät Zeiss Prismo „liefert“ in jeder Hinsicht: Es gehört zu den genauesten KMGs auf dem Markt. Es erfüllt alle Anforderungen und trägt als einziges Modell seiner Art zum Nachweis seiner hohen Qualitätsstandards das DGUV-Baumusterzertifikat. Die neue Generation der Prismo-Familie bietet eine ganze Reihe neuer Features:

- Das „PowerSaver“-Feature trennt das Messgerät nach einer voreingestellten Zeit automatisch vom Stromnetz und reduziert den Stromverbrauch während der Stillstandszeit auf null.
- Das „AirSaver“-Feature schaltet die Druckluft nach einer voreingestellten Zeit aus. So lässt sich bis zu 60 % des Luftverbrauchs sparen.
- Die neue Steuerung „C99m“ senkt den Stromverbrauch um 68 % bei einem normalen Testzyklus.



Bild 2. Anspruchsvolle Aufgabe: Die Vermessung filigraner Bauteile bedingt höchste Präzision bei besonders guter Produktivität. Foto: Zeiss

- Der neue Bedienpulhalter bietet eine komfortable Ablagemöglichkeit.
- Das neue Design der Frontabdeckung reduziert den Abstand zwischen Anwender und Messbereich. Das erleichtert die manuelle Beladung mit schweren Teilen.
- Die Sicherheits-Laserscanner erlauben eine vollständige Rundum-Überwachung der Anlage und drosseln bei Gefahr automatisch die Geschwindigkeit. Zeiss „Prismo fortis“ ist für den Einsatz in Qualitätslaboren und Inline-Umgebungen mit einer Umgebungstemperatur von bis zu 40 °C geeignet.

Alle vier Modelle der Prismo-Familie, **Bild 1**, erfüllen die individuellen Messanforderungen zuverlässig und schnell. Sie können auch mit der neuen „Vast Rotary Table Axis“ (ZVRA)-Option kom-

biniert werden, mit der sich die Achse des Drehtisches fast 75 % schneller definieren lässt – die ideale Voraussetzung für höchste Messgenauigkeit.

Messzeiten verringern

Das neue Hochleistungspaket Zeiss „CMM Acceleration Mode for Aerospace Applications“ reduziert die Messzeiten für Bauteile der Luftfahrtindustrie um bis zu 70 %. Es ist exklusiv für die „Prismo 7/12/7 fortis“ verfügbar, die mit den Prozessen „Vast Rotary Table“ (ZVR) und ZVRA ausgestattet ist. In Verbindung mit den Sicherheits-Laserscannern erhöht ZVR signifikant die Rotationsgeschwindigkeit des Drehtisches und damit die Messgeschwindigkeit. Die Unterstützung für spezielle Anwendungen bietet darüber

hinaus die Möglichkeit, die Leistungsfunktionen anzupassen und zu erweitern – für noch mehr Flexibilität und Produktivität, **Bild 2**.

Dieses Paket wurde für die unterschiedlichsten Bauteile in verschiedenen Industriezweigen entwickelt. Die Aerospace-Anwendung übernimmt zum Beispiel die Vermessung von Turbinenschaufeln und Blisks in der Luftfahrtbranche. ZVRA führt eine einzige gleichmäßige Messung zur schnellen und

genauen Positionsbestimmung der Drehtischachse durch. Danach misst ZVR die Turbinenschaufel oder die Blisk auf verschiedenen Ebenen. ZVRA und ZVR erlauben wiederholbare Messungen mit einer Reproduzierbarkeit von unter 10 % der zulässigen Toleranzen und erfüllen damit die branchenspezifischen Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Messgeräten.

Fazit: Präzision kennt keine Kompromisse. Die Präzision der Zukunft beginnt

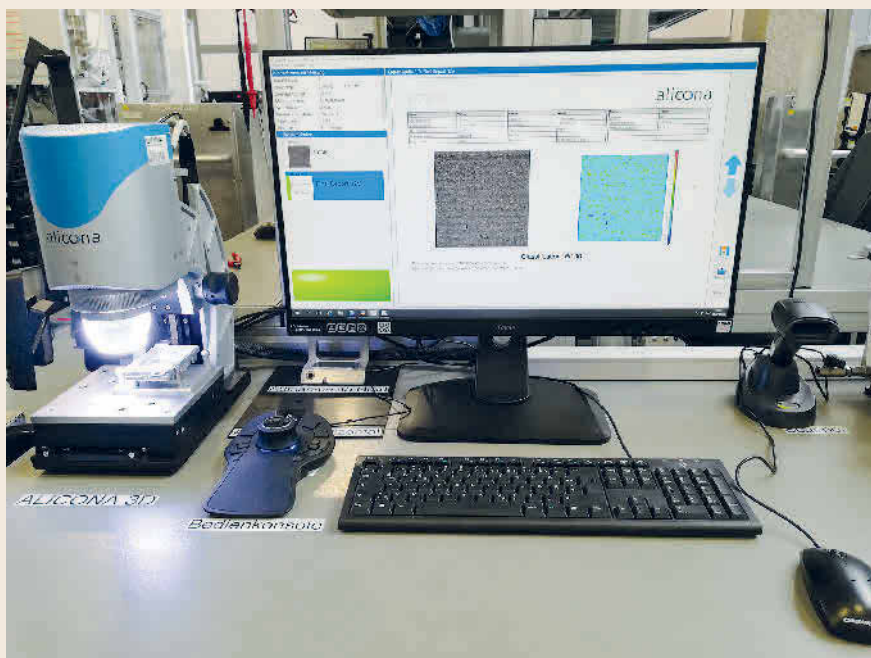
mit der neuen Generation der bewährten Zeiss-Prismo-Familie. Auf der Messe „Control“ sind diese und weitere neue Lösungen im Segment der industriellen Messtechnik „live“ zu sehen: für Applikationsbereiche wie „eMobility Solutions“ oder „Medical Industry Solutions“, außerdem gibt es neue Entwicklungen im Bereich der Software und der Serviceangebote. ■

www.zeiss.de

Control: Halle 9, Stand 9300

Automatische Klassifizierung mit Künstlicher Intelligenz

Bruker Alicona, Graz/A, stellt eine Klassifikationssoftware vor, die – basierend auf Künstlicher Intelligenz (KI) – die automatische Erkennung von IO- und NIO-Oberflächen erlaubt. Die Verfahren zur automatischen Klassifizierung und Segmentierung arbeiten mit intelligenten, selbstlernenden Algorithmen, die ein Bauteil charakterisieren, segmentieren, analysieren und klassifizieren, ohne dass spezielle Arbeitsabläufe programmiert werden müssen, **Bild**. Oberflächenparameter zur Bauteilbewertung werden automatisch abgeleitet und ausgewertet. Die Technologie wird zum Beispiel zur Analyse der Kornverteilung auf Schleifwerkzeugen oder zur Beurteilung von sandgestrahlten sowie laserbearbeiteten Bauteilen eingesetzt. Eine weitere Anwendung, die in der Flugzeugindustrie genutzt wird, ist die Bewertung von Kugelstrahlprozessen. Hier wird der Bedeckungsgrad von gestrahlten Oberflächen hinsichtlich Bearbeitungsdauer und Strahlintensität automatisch ausgewertet. Überdies kann das System auch zur automatischen Defekterkennung genutzt werden. Oberflächenparameter zur Bauteilbewertung werden automatisch abgeleitet und ausgewertet. Die Auswertung basiert auf einer Kombination von 2D-Texturdaten und 3D-Topografiedaten, die während des Prüfprozesses analysiert werden. Über einen



Die KI-basierte Klassifikationssoftware kann zum Beispiel zur Qualitätskontrolle von Laserbearbeitungsprozessen eingesetzt werden. Foto: Vitesco Technologies

„Klassifikator“ werden dem Messsystem sowohl Negativ- als auch Positivbeispiele eingelernt, die dann in einer beispielsweise seriennahen Überwachung die automatische Klassifizierung von Bauteilen erlauben. Aufwendige manuelle Arbeitsschritte

in einem Fertigungsprozess können ersetzt werden. Das System wird bei der Sonderchau „Berührungslose Messtechnik“ vorgestellt.

www.alicon.com

Control: Halle 7, Stand 7401



Die Baureihe „WGT“ misst beliebige Zahnräder, Wellengeometrien, Verzahnungswerkzeuge sowie andere rotationssymmetrische Werkstücke und wird vom Hersteller je nach Anforderung individuell konfiguriert. Foto: Liebherr

Messlösungen aus einer Hand beim chinesischen Getriebebauer

Perfekte Getriebe- komponenten-Fertigung

In der Haoneng-Gruppe, einem führenden Hersteller im Bereich der Fahrzeuggetriebe-Synchronisierung, sichern vier Messmaschinen der Baureihe „WGT“ die Qualität der Komponenten, die in Fahrzeugen für einen sauberen und sanften Schaltvorgang sorgen.

Synchronringe sind Schlüsselkomponenten in Schalt-, Automatik- und Doppelkupplungsgetrieben. Sie helfen, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Getrieberäder so anzugleichen, dass das Schalten sanft und reibungslos abläuft. Das Synchronisierungssystem wirkt sich erheblich auf die Effizienz und Geräuschkentwicklung aus. Damit Getriebe effizient, leise und möglichst leicht sind, müssen präzise und verlässliche Messsysteme die Qualität in der Herstellung sichern.

Die Haoneng-Gruppe

Einer der weltweit führenden Hersteller von Komponenten für die Synchroni-

sierung von Fahrzeuggetrieben ist die chinesische Haoneng-Gruppe, **Bild 1**. Die börsennotierte Muttergesellschaft Chengdu Haoneng Technology Co., Ltd., deckt zusammen mit ihren Tochterunternehmen den gesamten Fertigungsprozess rund um Getriebe- und Synchronisierungssysteme ab. Die vier Unternehmen produzieren an den Standorten Chengdu, Chongqing und Luzhou in der zentralchinesischen Provinz Sichuan und sind Zulieferer für namhafte europäische Automobilhersteller und OEMs.

Eine Tochtergesellschaft hat sich auf Synchronisierungssysteme für Fahrzeuge der Mittel- und Oberklasse spezialisiert. Für die Qualitätssicherung seiner Produkte hatte das Unternehmen 2014 erstmals

eine hochwertige Messmaschine bei Liebherr angefragt. Erfolgreiche Testreihen am Liebherr-Standort Shanghai überzeugten den Kunden dann, in eine „WGT 280“ von Liebherr zu investieren.

Hochpräzise Messgeräte

Liebherr entwickelt und fertigt hochwertige Verzahnmaschinen, Verzahnungsmessgeräte, Verzahnwerkzeuge und Automationssysteme. Die WGT-Baureihe von Liebherr-Verzahnentechnik, Kempten, zeichnet sich durch Präzision, Bedienungsfreundlichkeit und Langlebigkeit aus. Geläppte Granitführungen, Luftlagerungen, Präzisionsdrehtische und Renishaw-Tastsysteme stellen die mechanische



Bild 1. Die chinesische Haoneng-Gruppe ist ein weltweit führender Hersteller von Komponenten für die Synchronisierung von Fahrzeuggetrieben. Foto: Haoneng Technology Co., Ltd.



Bild 2. Die „WGT 280“ überzeugt durch mechanische Genauigkeit, Vielseitigkeit sowie die Anwenderunterstützung durch eine innovative, eigenentwickelte Software. Foto: Liebherr

Genauigkeit der Maschine sicher. Die WGT misst beliebige Zahnräder, Wellengeometrien, Verzahnungswerkzeuge und diverse andere rotationssymmetrische Werkstücke, **Bild 2**. Vom Hersteller wird sie je nach Anforderung individuell konfiguriert. Jedes Modell erfüllt die Genauigkeitsklasse der Gruppe 1 nach VDI/VDE 2612/2613 und misst Zahnräder ab einem Modul von $> 0,12$ mm.

Mit der Software „LHInspect“ lassen sich Einstelldaten automatisch korrigieren. Sie unterstützt die herstellernerneute GDE-Schnittstelle zum Austausch von Geometrie- und Messdaten zwischen Verzahnungsmessmaschine und Verzahnmaschinen und eröffnet die Möglichkeit zur Übertragung weiterer Produktions- und

Messdaten im Rahmen der offenen Fertigungslandschaft „LHOpenConnect“.

Überzeugend in der Anwendung

2015 investierte das Tochterunternehmen Luzhou Changjiang Machinery Co., Ltd., ebenfalls in eine Liebherr-WGT. Das Unternehmen, 1964 gegründet und damit der erste Hersteller von Synchronringen in China überhaupt, benötigte kurzfristig eine Messmaschine und kaufte kurzerhand eine WGT 280, die als Vorführmaschine auf einer Messe in China zu sehen war. Der nächste Auftrag kam drei Jahre später: Die Luzhou Haoneng Drive Technology Co., Ltd.,

Hersteller von Schlüsselkomponenten für Fahrzeuggetriebe und Lenksysteme, bestellte eine weitere WGT 280. „Wir konnten uns bei unseren Schwesterunternehmen von der Leistungsfähigkeit überzeugen und wollten genau diese Messmaschine“, berichtet *Jie Zhang*, stellvertretender Geschäftsführer und Qualitätsbeauftragter bei Haoneng in Luzhou. Schließlich folgte das Mutterunternehmen Chengdu Haoneng 2021 mit dem Kauf einer „WGT 400“.

Wie läuft die Produktionskontrolle ab?

Die Liebherr-WGT misst Abdachungen für Synchronringe und evolventische Verzahnungen, teilweise mit unterbrochener Flankenlinie, fehlender Lücke oder fehlendem Zahn, ebenso Verschränkungen von Verzahnungen, Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Zahnfußausrundungen. Die Software LHInspect generiert anhand der Werkstückdaten die Programme für den vollautomatischen Messablauf. Parallel dazu können die Ergebnisse und Werkstückdaten über das Netzwerk zwischen der Fertigungsmaschine und dem Messgerät übertragen und eingelesen werden. Nach der Fertigung des Erstteils folgt eine Kontrollmessung auf der WGT, die die Messergebnisse an die Fertigungsmaschine zurückspielt, die wiederum die Korrekturwerte für die Fertigung berechnet. Nach den entsprechenden Korrekturen auf der Maschine kann die Serienfertigung beginnen, dabei gibt es nur noch stichprobenartige Messungen.

Seit der Inbetriebnahme 2015 laufe die Anlage störungsfrei und ohne Stillstände. Mit den Funktionalitäten seien auch die Qualitätsstandards der Endkunden erfüllt, erläutert *Jie*. „Die Liebherr-WGT hat uns mit ihrer hohen Präzision und Messqualität überzeugt, und mit Liebherr haben wir einen zuverlässigen Partner gefunden, auf den wir jederzeit zurückgreifen können, wenn wir Unterstützung benötigen.“ Für die Zukunft könne sich sein Unternehmen vorstellen, die Kooperation noch zu erweitern: „Als effizienter und professioneller Anbieter ganzheitlicher Verzahnungslösungen ist Liebherr für uns im Hinblick auf die Beschaffung weiterer Maschinen – auch für Schleifanwendungen – ein Partner, dem wir vertrauen“, schließt *Jie Zhang*. ■

www.liebherr.com

Control: Halle 7, Stand 7506

Optimierte Präzisionsmesszentren

Auf der „Control“ präsentiert auch das Maschinenbauunternehmen Klingelnberg, Hückeswagen, erneut sein Leistungsportfolio – erstmalig jedoch in einer neuen Halle. Im Messegepäck mit dabei: Das Präzisionsmesszentrum „P 152“ für mittelgroße Verzahnungen sowie die „P 26“ und die „P 40“ mit optischer Messtechnik sowie bewährter Universalität. Die P 26 zum Beispiel eignet sich für verschiedene Anwendungen rund um die Verzahnungs- und Geometriemessung. Die etablierte Kombination von taktiler und optischer Messtechnik für die Erfassung von zylindrischen Verzahnungen ist jetzt auch für diese Baureihe verfügbar. Die Messmaschine hat sich erfolgreich im produktionsnahen Umfeld etabliert und präsentiert sich mit neuen Messstrategien sowie einer Temperaturkompensation. Den zunehmenden Kostendruck bei Großbauteilen für die Windkraft adressiert die P 152. Denn dies erfordert neue Technologien, um bewährte Prinzipien der Großserien- und Massenfertigung kleinerer Bauteile jetzt auch auf Großbauteile zu übertragen. Das neu entwickelte Präzisionsmesszentrum kann Bauteile bis zu einem Außendurchmesser von 1520 mm sowie einer Masse bis 8000 kg mit der gewohnten Präzision messen. Trotzdem ist kein besonderes Fundament erforderlich. Eine wesentliche Rolle spielt das eigensteife Maschinenbett mit einer Dreipunktauflage. Selbst bei großer Zuladung ändert sich die Winkellage der einzelnen Maschinenachsen zueinander nicht signifikant. Mit einer aktiven Schwingungsplattform im Maschinenbett können auch die niederfrequenten Schwingungen aus dem Hallenboden sicher abgefangen werden. Die P 152 verbindet Maß-, Form- und Lagemessungen mit der Verzahnungsmessung, um die

Arbeitsprinzipien aus der Massenfertigung auch für Großverzahnungen anzuwenden. Formmessungen (wie Rundheit und Zylindrizität) erhalten eine immer höhere Bedeutung. So wurden spezielle Messungen und Auswertungen an Verzahnungen mit Lager-

funktion entwickelt, die auch für die P 152 zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bietet diese in ihrem Durchmesserbereich alle Möglichkeiten des „Done-in-One“-Prinzips. www.klingelnberg.com
Control: Halle 7, Stand 7307

Mitutoyo
www.mitutoyo.de



55 Jahre in Deutschland
Messtechnik von Mitutoyo

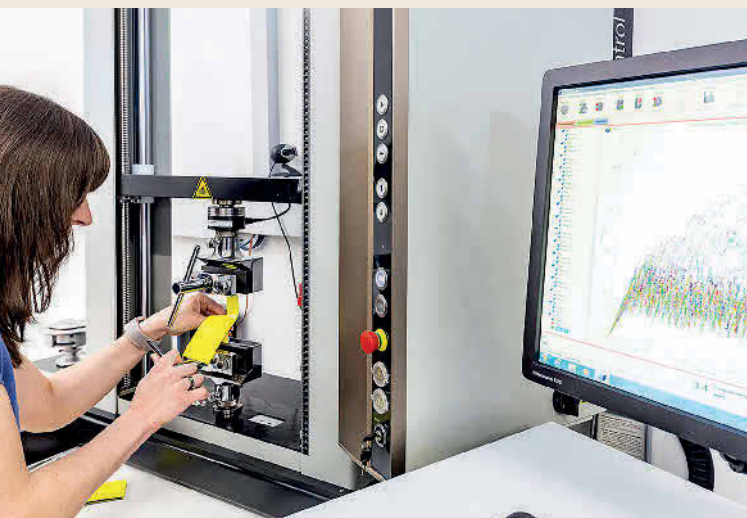
Linear Height LH-600F

Das neue Linear Height LH-600F/FG ist ein High-End-2D-Höhenmessgerät, in perfekter Kombination aus intuitiver Bedienung, Multifunktionalität und außergewöhnlicher Genauigkeit.



BESUCHEN SIE UNS!
09. – 12. MAI 2023, STUTTGART

**NEU! HALLE 3
STAND 308**



Gemeinsam für mehr Klimaneutralität: Der Anwender Vaude ist sehr zufrieden mit der Retrofit-Maschine, ihrer Prüfgenauigkeit und den verlässlichen Ergebnissen. Foto: ZwickRoell

Runderneuerte Prüfmaschine spart CO₂ ein

Nachhaltiger prüfen

Nachhaltigkeit ist das große Thema unserer Zeit. Auch in der Materialprüfung stellt sich die Frage: Wie kann ein Anwender den CO₂-Fußabdruck reduzieren und gleichzeitig modernste Prüftechnik nutzen?

Die passende Antwort liefert ZwickRoell, Ulm, mit der Prüfmaschinenreihe „RetroLine“ – gebrauchte, „runderneuerte“ Maschinen, die mit „State of the Art“-Technologie und neustem Zubehör ausgestattet sind. Für Vaude war dies die richtige Wahl, da die RetroLine perfekt zum ambitionierten Nachhaltigkeitsansatz des Outdoor-Spezialisten für Berg- und Bikesport aus Tettang im Bodenseekreis passt.

Lösung für „textile Flächengebilde“

Warum ein neues Gerät kaufen, wenn es auch ein gebrauchtes mit technischem Upgrade gibt? Das waren die Überlegungen der Verantwortlichen, die zum Kauf einer gebrauchten Materialprüfmaschine führten. Jetzt kommen Stoff- und Textilproben des Outdoor-Spezialisten in der RetroLine auf den Prüfstand, Bild. Vaude setzt die Maschine mitunter ein, um textile Flächengebilde – etwa für Hosen, Jacken und Zelte – gemäß der Norm DIN EN ISO 13937-2 zu prüfen, indem die Weiterreißkraft mit dem Schenkel-Weiterreißversuch bestimmt wird. Bei diesem Versuch geht es darum, das Textil an die „Belastungsgrenze“ zu bringen.

Bei einer „Schenkelprobe“ ist die textile Messprobe so eingeschnitten, dass zwei Schenkel entstehen. Die Weiterreißkraft ist die Kraft, die zum Weiterreißen des Einschnitts erforderlich ist, wenn die Kraft parallel zum Einschnitt aufgebracht wird und die Textile in Kraftrichtung reißt.

Absolut gleichwertig zu Neumaschinen

Bettina Roth, die Leiterin des Qualitätsmanagements bei Vaude, erläutert: „Um die hohen funktionellen Anforderungen an unsere Produkte zu gewährleisten, prüfen wir die von uns eingesetzten Materialien nach höchsten Qualitätsstandards. Unserem besonderen Anspruch wollen wir auch im Prüflabor mit absolut exakten Ergebnissen gerecht werden. Dass dies mit einer Retro-Maschine möglich ist, die uns hilft, Ressourcen zu sparen, freut uns umso mehr.“ Mit den modernisierten Prüfmaschinen lassen sich je nach Größe und Ausführung bis zu 4,3 t CO₂ einsparen.

Dass sich der Einsatz auch in finanzieller Hinsicht lohnt – die rundum erneuerten Prüfmaschinen sind durchschnittlich bis zu 30 % günstiger als Neugeräte – ist ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil. Dabei entsprechen die überarbeiteten Prüfmaschinen nicht nur technisch neuesten Standards, auch in puncto Software sind sie absolut „up to date“.

Dabei garantiert der Prüfmaschinenhersteller bei allen modernisierten Maschinen und Geräten die zuverlässige Funktionsfähigkeit mit aktueller Prüftechnik. Durch den Einsatz der aktuellen Prüfelektronik „testControl“ sowie der neuesten Version der Prüfsoftware „testXpert“ sind darüber hinaus auch Modularität und Flexibilität für die Zukunft sichergestellt – und dies trägt ebenfalls zum Ressourcen schonenden Prüfen bei.

Gemeinsam für mehr Klimaneutralität

Vaude und ZwickRoell haben ein gemeinsames Ziel: Nachhaltiger produzieren und Emissionen über Lieferketten und Produktionswege hinweg deutlich reduzieren. Daher ist der Anwender vom Konzept „erneuern und modernisieren“ überzeugt – und ebenso von der Prüfgenauigkeit und den Messergebnissen. Roth fasst zusammen: „Für uns als nachhaltig handelndes Unternehmen war es die richtige Entscheidung, eine modernisierte RetroLine-Maschine anzuschaffen. Damit haben wir eine ideale Verbindung von Qualität und Nachhaltigkeit geschaffen.“

ZwickRoell ist anerkannt als weltweit führender Anbieter von Technologien für die Werkstoffprüfung. Die Materialprüfmaschinen werden in der F&E und in der Qualitätssicherung in mehr als 20 Branchen eingesetzt. Das Ulmer Unternehmen steht für sichere Prüfergebnisse, exzellenten Service sowie für Qualität und Zuverlässigkeit in der Material- und Bauteilprüfung. Im Geschäftsjahr 2021 erzielte das Unternehmen einen Umsatz von 255 Millionen Euro. Zur Firmengruppe gehören mehr als 1650 Mitarbeitende und Produktionsstandorte in Deutschland (Ulm, Bickenbach), Großbritannien sowie Österreich.

www.zwickroell.com

www.vaude.de

Analytische Messmaschine

Eine analytische Messmaschine für kleinere und mittlere Werkstücke stellt Kapp-Niles, Coburg, zur Messe „Control“ vor. Die neue „KNM 6X“ ist konzipiert zur hochpräzisen Messung von Verzahnungen, Verzahnungswerkzeugen und weiteren rotationssymmetrischen Werkstücken, **Bild**. Ein innovatives Schnellspannsystem sorgt bei der Messmaschine für die Reduzierung der Nebenzeiten. Neben einer besonders kompakten Bauweise überzeugt die KNM 6X durch schnelle Messabläufe. Ein „smarter“ Gegenhalter gewährleistet die optimale Beladung und eine Erweiterung des Arbeitsbereichs.

Alle Führungen und die Basisplatten aus Granit sind extrem langzeitstabil und verfügen über identisch niedrige Ausdehnungskoeffizienten, was die Maschine unanfällig für Temperaturschwankungen macht. Luftlager mit Notlaufeigenschaften garantieren



Ein smarterer Gegenhalter erzielt bei der Messmaschine „KNM 6X“ eine gute Zugänglichkeit und Vergrößerung des Arbeitsbereichs.

Foto: Kapp-Niles

perfekte und verschleißfreie Führungen ohne kurzweilige Fehler. Luftfederelemente

unter den Basisplatten schirmen Erschütterungen und Vibrationen sicher ab, separate Fundamente sind dadurch nicht notwendig. Eisenlose Linear- und Torquemotoren der Rundtische garantieren ultimative Positionsgenauigkeiten und Bahntreue. Trotz kompaktem Design gewährleisten großzügige Verfahrbereiche für jedes Profil eine tangential Wälzbewegung zum Grundkreis. Je nach Anforderung können unterschiedliche scannende Tastsysteme eingesetzt werden. Der Schaltschrank ist frei aufstellbar. Weitere Kennwerte lauten: der maximale Werkstückdurchmesser beträgt 750 mm, die maximal messbare Werkstücklänge innen / außen 400 mm / 800 mm. Als weiteres neues Exponat zur Messe wird die „KNM 4X“ präsentiert, die sich für etwas kleinere Werkstücke eignet.

www.kapp-niles.com

Control: Halle 7, Stand 7108

Prozesssicherheit bei manuellen Arbeiten



Ein „Wearable“ in Form eines sensitiven Handschuhs sorgt für die Digitalisierung manueller Montageschritte. Foto: Tacterion

Wie sich Prozesssicherheit auch bei manuellen Arbeitsschritten gewährleisten lässt, zeigt bei der „Control“ die Firma Tacterion, München. „skillflow“ ist ein intelligentes Wearable für die Digitalisierung manueller Montageschritte, **Bild**. Es gibt dem Produktionsmitarbeiter sofortiges Feedback, um manuelle Fehler unmittelbar zu korrigieren. Es sorgt damit für die gleiche Qualitätssicherung, die auch bei Maschinen besteht. Diese lässt sich auf einfache Weise nun auch in die manuellen Prozesse bringen. Das System minimiert Fertigungsmängel, senkt die Ausschusskosten und verbessert Prozesssicherheit und Kundenzufriedenheit.

www.tacterion.com – Control: Halle 3, Stand 3309

Wir messen Qualität in Mikrometer

LIEBHERR

Messtechnik

Control, Stuttgart: 09.-12.05.
Halle 7, Stand 7506

Verzahnungsmessgeräte der Baureihe WGT

- Höchste Präzision durch Granitführungen und Luftlagerung
- Geringe Betriebskosten durch kontaktlose Führungen und zuverlässige Tastköpfe sowie preiswerte Ersatzteile
- Flexibel für alle Arten von Verzahnungen
- Liebherr-Software LHInspect

<https://go.liebherr.com/4yz7ll>

Highlight auf den Frühjahrsmessen 2023

Lasermesssystem für CNC-Bearbeitungszentren

Mit einem neuen Lasermesssystem erweitert der Messtechnikhersteller Blum-Novotest sein Produktportfolio um ein optisches System mit getrennter Sende- und Empfangseinheit sowie zukunftsweisender „Digilog“-Technologie.

Das neue „LC53-Digilog“, **Bild 1**, zur Werkzeugmessung und -überwachung in CNC-Bearbeitungszentren präsentiert der führende Anbieter von Mess- und Prüftechnologie aus Grünkraut nahe Ravensburg auf den Messen „Control“ im Mai sowie „Moulding Expo“ im Juni 2023, die jeweils in Stuttgart stattfinden.

Winfried Weiland, Marketingleiter, erläutert: „Mit dem LC50-Digilog haben wir im Jahr 2017 die Lasermesstechnik für CNC-Werkzeugmaschinen revolutioniert. Wenig später kam dann mit dem LC52-Digilog ein weiteres Trägersystem speziell für Kombinationsmaschinen Drehen/Fräsen auf den Markt. Typischerweise werden diese Systeme auf oder neben dem Maschinentisch montiert, um die Verfahrrwege und somit die Gesamt-Messzeit möglichst kurz zu halten. Ist die Montage eines Trägersystems in diesem Bereich der Maschine aus konstruktiven oder anwendungsspezifischen Gründen nicht möglich, bedarf es einer Lösung, bei der Lasersender und -empfänger getrennt – beispielsweise an der Maschinenwand – montiert werden können. Das neue Messsystem erfüllt genau diese Anforderung, **Bild 2**, wodurch Störkonturen im Arbeitsraum vermieden werden und eine flexible Integration in unterschiedliche Maschinentypen möglich wird.“

Vielzahl an Messwerten

Mit den Vorgängersystemen „Mini NT“ und „Micro Single NT“ hat das Unternehmen bereits seit vielen Jahren Geräte mit separater Sende- und Emp-



Bild 1. Das „LC53-Digilog“ kann flexibel an der Maschinenwand montiert werden, bietet eine hochpräzise Laseroptik und ein einzigartiges Schutzsystem. Foto: Blum-Novotest

fangseinheit erfolgreich im Angebot, die auch bisher schon durch hohe Präzision und Prozesssicherheit überzeugen konnten. Dank der jetzt eingesetzten Technologie konnten diese Attribute auf ein bisher ungeahntes Level gehoben werden.

Während die bewährten digital/schaltenden Lasermesssysteme mit NT-Technologie durch Abschattung des Werkzeugs nur wenige Signale zur Messwerterfassung erzeugen, generieren die neuen Digilog-Lasermesssysteme viele Tausende Messwerte pro Sekunde unter dynamischer Anpassung der Messgeschwindigkeit – entsprechend der Nenndrehzahl des

Werkzeugs. Auch misst das neue System jede Schneide einzeln, statt nur den Wert für die längste Schneide zu ermitteln, wodurch ein Vergleich von kürzester zu längster Schneide möglich ist. Als Resultat werden Rundlauffehler, verursacht beispielsweise durch Verschmutzungen am Konus der Werkzeugaufnahme, automatisch erfasst. Zudem erkennt der LC53-Digilog – aufgrund der Vielzahl an Messwerten pro Schneide – Schmutz- und Kühlschmierstoff (KSS)-Anhaftungen am Werkzeug und rechnet sie aus dem Ergebnis heraus, was die Messergebnisse nochmals zuverlässiger macht.

Prozesssicher und anwendungsfreundlich

Die vielen innovativen Ideen, die die Blum-Entwickler umgesetzt haben, ergeben beeindruckende Vorteile: Zum Beispiel wurde die Laseroptik perfektioniert und die Homogenität des Laserstrahls weiter verbessert, wodurch digiloge Messungen überhaupt erst möglich wurden. So wird zum Beispiel der Einfluss von KSS-Nebel weiter verringert, was mit einer Steigerung von Genauigkeit und Prozesssicherheit einhergeht.

Sehr benutzungsfreundlich ist bei der neuen Lasergeneration zudem, dass sich die Schmutzblenden durch den Bajonettverschluss werkzeuglos an- und abbauen lassen. Zur einfachen Installation steht ein neuentwickeltes Montage-Set zur Verfügung, das eine komfortable Ausrichtung von Sender- und Empfangereinheit erlaubt. Sollen die Systeme beispielsweise an der Maschinenwand angebracht werden,



Bild 2. Ist die Montage eines Trägersystems nicht möglich, so ist das System mit separater Send- und Empfangseinheit die perfekte Lösung. Foto: Blum-Novotest

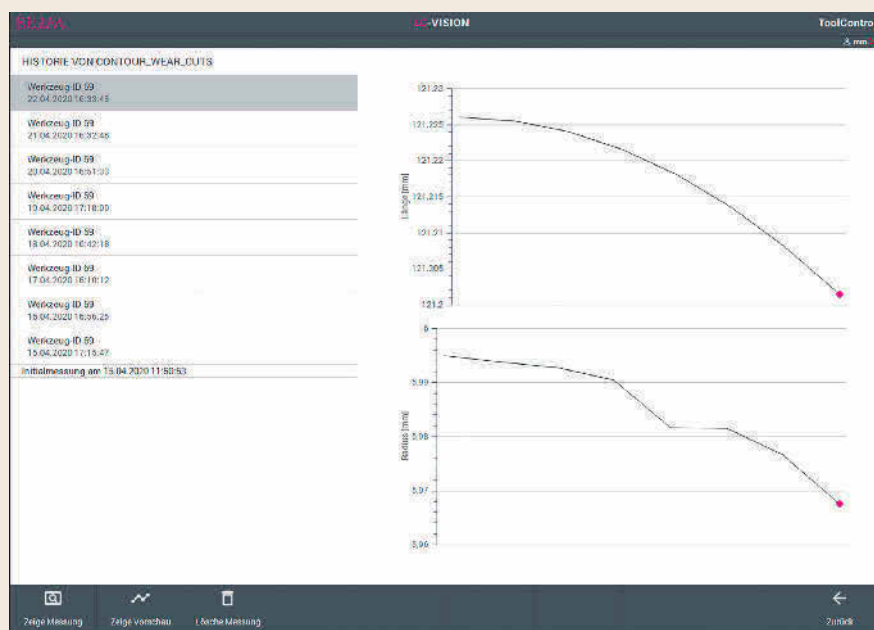


Bild 3. Mit der Mess- und Auswertesoftware können Messverläufe von Werkzeuglänge und -radius inklusive der werkzeugspezifischen Verschleißgrenzen ausgewertet werden. Grafik: Blum-Novotest

ist zur Befestigung nur eine einzige Gewindebohrung erforderlich.

Optimierte Darstellung

„Natürlich ist das neue Lasermesssystem auch kompatibel mit der von den Trägersystemen bekannten Mess- und Visualisierungssoftware ‚LC-Vision‘, **Bild 3**. Diese einzigartige Anwendung erlaubt es, eine Vielzahl an Messaufgaben am Steuerungsbildschirm ohne NC-Programmierkenntnisse zu generieren, Messergebnisse zu visualisieren und entsprechend der jeweiligen Anforderung auszuwerten. Das Einsatzfeld beschränkt sich nicht nur auf das Thema Werkzeugmessung, sondern schließt auch eine zuverlässige Beurtei-

lung der Motorspindelqualität ein. Durch diese Funktion sind vorbeugende Wartungen möglich, bevor es zum Maschinenausfall kommt“, erklärt Weiland.

Blum-Novotest, 1968 gegründet, gehört zu den weltweit führenden Herstellern von qualitativ hochwertiger Mess- und Prüftechnologie für die internationale Werkzeugmaschinen-, Luftfahrt- und Automobilindustrie. Das Familienunternehmen beschäftigt heute über 600 Mitarbeitende an insgesamt neun Standorten in Europa sowie in den USA, Mexiko, Brasilien, China, Japan, Taiwan, Singapur, Korea, Indien, Thailand und Vietnam. ■

www.blum-novotest.com

Control: Halle 3, Stand 3410

Moulding Expo: Halle 1, Stand 1/27

COMPACT.
CONSISTENT.
COMPETITIVE.

kapp-niles.com



Hall 7
Booth 7108



KAPP NILES

precision for motion



Einbauraum der Messeinrichtung während der Kalibrierung mit Messplattform und eingespanntem Prüfling. Alle Vektorachsen lassen sich gleichzeitig und vollautomatisch messen. Foto: GTM

Messeinrichtung als Meilenstein in der Metrologie

Mehrkomponentenaufnehmer kalibrieren

Wenn es darum geht, Kräfte entlang mehrerer Vektorachsen zu messen, und das auch noch gleichzeitig, kommen Mehrkomponentenaufnehmer zum Einsatz. Eine „Weltneuheit mit großem Potential“ hat dazu kürzlich ein hessischer Anbieter vorgestellt.

Die Neuentwicklung einer Messeinrichtung für Mehrkomponentenaufnehmer (MKA) hat GTM aus Bickenbach dem Markt präsentiert, **Bild**. Das „Bahnbrechende“ daran: Bei der MKA-Kalibrierung werden die verschiedenen Kraftvektoren gleichzeitig und noch dazu vollautomatisch gemessen – weltweit ein Novum. Aktuelle Anwendungsbeispiele für diese hochpräzisen Sensoren finden sich in der Luft- und Raumfahrt, in der Windenergie-Technik oder auch auf Prüfständen für Fahrzeuge.

Spezialist für Kalibrierung

Damit die Präzision jederzeit gewährleistet ist, müssen Mehrkomponentenaufnehmer in regelmäßigen Intervallen kalibriert werden – eine Dienstleistung, die ebenfalls zum umfassenden Portfolio von GTM gehört. 2005 hat der südhessische Metrologie-Spezialist das erste eigenentwickelte Messverfahren und die erste Messeinrichtung für MKA ins Serviceangebot aufgenommen. Mittlerweile ist ein weiteres, noch genaueres Verfahren hinzugekommen, sowie aktuell eine wei-

tere Messeinrichtung. Kürzlich hat die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) die zur Anwendung kommenden Verfahren und Einrichtungen neu akkreditiert.

Die verwendeten Messverfahren zur Kalibrierung von MKA sind komplex. Bereits beim bisher etablierten und bewährten Verfahren, das nach wie vor zum Service-Angebot von GTM zählt, werden je nach Anwendung bei der Kalibrierung bis zu drei der verschiedenen Vektorachsen (x, y, z) nacheinander gemessen, zudem läuft die Bedienung der Messeinrichtung von Hand ab – ein zeit-

aufwendiges Verfahren, das mit der Neuentwicklung von Grund auf „neu gedacht wurde“. Mit ihr ist es jetzt möglich, Kräfte und Momente in allen Vektorachsen gleichzeitig zu messen, noch dazu vollständig automatisiert. Ebenfalls besonders: Die Schwerkraft kann dabei in allen Achsen gut nachgebildet werden.

Enormer Zeitgewinn

Für Kunden von GTM, die das große Know-how des Anbieters beim Angebot von Kalibrierdienstleistungen nutzen, bedeutet das vor allem einen enormen Zeitvorteil: Die zu kalibrierenden Mehrkomponentenaufnehmer sind wieder schneller im Einsatz als bisher. Auch sind die mit dem neueren Verfahren gewonnenen Daten aussagekräftiger, ihr Infor-

mationsgehalt über das Verhalten des kalibrierten Gegenstands ist viel höher. Nicht zuletzt liegt die relative Messunsicherheit der neuen Messeinrichtung wegweisend bei nur 0,1 % – im Vergleich zur vorhandenen Messeinrichtung von 0,5 %. Einige Branchen haben den Stellenwert der MKA bereits erkannt und es lässt sich prognostizieren, dass sie über die nächsten Jahre weiter an Bedeutung gewinnen wird.

Über GTM

Mit mehr als 60 Mitarbeitenden an zwei Standorten im südhessischen Bickenbach und in Prag sind „die Gelben“ der führende Spezialist für das Messen von Kräften und Momenten. GTM setzt nicht nur weltweit metrologische und

messtechnische Maßstäbe, sondern bietet auch Standardprodukte für die Messung von Kräften und Momenten sowie (Kalibrier)-Dienstleistungen auf hohem Niveau. Weit über 50 Patente und die Konstruktion sowohl der (bezogen auf die Kraft) größten als auch der kleinsten Kraftmesseinrichtung in der DAkkS sowie der genauesten hebel-übersetzten Messeinrichtung markieren die Kompetenz. GTM hat die DAkkS-Akkreditierung als Kalibrierlaboratorium für Kraft-, Drehmoment- und Mehrkomponentenaufnehmer sowie das Spannungsverhältnis von DMS-Messverstärkern. Messeinrichtungen werden an Staatsinstitute, Kalibrierlaboratorien und die Hersteller von Kraft- und Drehmomentaufnehmern weltweit geliefert. ■

www.gtm-gmbh.com

News aus der QM-Welt

Die beliebte Qualitätsmanagement (QM)-Messe „ConSense Expo“ öffnete Ende April 2023 wieder ihre virtuellen Tore: Dort gab es News und Informationen rund um „gelebte“ und akzeptierte QM- und Integrierte Managementsysteme. Der technologisch führende Anbieter entwickelt seit 2003 in Aachen skalierbare Lösungen für alle Unternehmensgrößen. Mit weit mehr als 750 Kundenunternehmen und einer Anzahl an Usern im sechsstelligen Bereich finden die Produkte Anwendung in sämtlichen Branchen. Das Softwarehaus hat sich in seiner Entwicklung auf innovative Lösungen und Beratungsleistungen für Managementsysteme spezialisiert. Auf der ConSense Expo bot es dazu einen Gewinn bringenden Mix aus Fachvorträgen und Workshops. Unter anderem erläuterte *Tobias Beck*, international erfolgreicher Speaker, Spiegel-Bestsellerautor und Mental Coach, in seinem humorvollen Vortrag „Die Sprache des Erfolgs – Das Menschentypenmodell“, welche Menschentypen in jedem Unternehmen an-

zutreffen sind und wie dieses Wissen für zielgerichtete Kommunikation genutzt werden kann. Aus der Anwendung in der Praxis berichteten QM-Experten und -Expertinnen aus verschiedenen Unternehmen, darunter der TÜV Austria. Lösungen bieten die Aachener für jedes Level – vom einfachen Einstieg bis zum „Deep Dive“ für die Profis. Die Softwarelösungen richten sich an Unternehmen jeder Größenordnung und mit jedem Level an Vorkenntnissen – egal, ob es um den Einstieg in ein softwarebasiertes Managementsystem oder die bereits langjährige Nutzung geht. Die Themen reichten von Informationen zum Maßnahmen- oder Auditmanagement über die Möglichkeit des internationalen, mehrsprachigen Einsatzes der Systeme bis hin zu verschiedenen Lösungen der Bereitstellung. Zum Beispiel ist das „Portal“ eine webbasierte Lösung für Managementsysteme inklusive eines einfacheren Roll-outs sowie der Pflege sowie über die Hosting Services. www.consense-gmbh.de

Tagung Industrielle Bauteilreinigung

Die Technologie- und Energiewende erfordert von Unternehmen aus allen Bereichen der fertigen Industrie eine Anpassung der Prozesse. Davon betroffen ist auch der qualitätsentscheidende Schritt der Bauteilreinigung. Um aktuelle und zukünftige Anforderungen an die technische Sauberkeit von Komponenten stabil, effizient und nachhaltig zu erfüllen, präsentiert die 31. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“ innovative Lösungen, Know-how und Best Practice-Anwendungen sowie Einblicke in die Forschung und Entwicklung. Die Veranstaltung des Fachverbands industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) wird am 22. und 23. Juni 2023 im Neckar Forum Esslingen durchgeführt. Eine begleitende Ausstellung rundet das Programm ab. Das Anmeldeformular und weitere Informationen sind auf der Webseite verfügbar: www.industrielle-reinigung.de

Weniger
CO₂
Ein grüner
Fußabdruck für
Ihr Prüflabor –
CO₂ sparen durch
Modernisierung
Zwick / Roell
www.zwickroell.com/nachhaltigkeit



Bild 1. Der Maschinenbauer entwickelt und produziert automatisierte Lösungen für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit hochgenauen „Accubot“-Robotern. Die bereits schon große Vielfalt an Prüfverfahren wird nun um das Verfahren „Terahertz-Imaging“ erweitert. Foto: raumpixel

Fehlerfreie Leichtbaukomponenten dank Terahertz-Sensor

Roboter prüft GFK-Teile

Bisher war die Werkstoffprüfung in nicht-leitenden Materialien wie GFK schwierig. Dank der Spektroskopie mithilfe ultrakurzer Wellen im Terahertz-Spektrum eröffnet sich nun ein vielversprechendes Verfahren für die volumetrische Prüfung.

In industriellen Leichtbau finden glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) oder auch nachwachsende Naturmaterialien wie Holz und Kork immer breitere Anwendung. GFK beispielsweise besteht aus mehreren Lagen von Glasfasermatten oder -strängen und einer Kunststoff-Matrix, welche die Fasern umgibt. Beide müssen eine feste Verbindung eingehen, um die mechanischen Eigenschaften des Bauteils zu gewährleisten.

Multimodale Prüfung wächst um weitere Disziplin

Eine Unsicherheit bleibt stets trotz aller Vorteile dieser Leichtbauwerkstoffe bestehen: Es ist nicht möglich, Beschädigungen nach Umformprozessen oder

einer mechanischen Bearbeitung zu erkennen. Mit freiem Auge sind die im Inneren der Bauteile befindlichen – und somit in der Regel unsichtbaren – Defekte nicht detektierbar. Dies macht eine laufende Qualitätskontrolle der Faserverbundbauteile unverzichtbar. Im dreijährigen „Eureka“-Projekt mit dem Namen „Attic“ (Automated Terahertz Imaging of Composites and tooling profiling) wurde die jetzt zur Verfügung stehende Terahertz-Technologie erstmals in eine multimodale Anlage integriert, die ein oberösterreichischer Maschinenbauer entwickelt hat. Das erfolgreiche Forschungsvorhaben fand mit internationaler Beteiligung statt.

Ziel war die Entwicklung eines roboter-unterstützten automatisierten Verfahrens zur Fertigung und anschließenden

Inspektion von Bohrlöchern in Glasfaserverbundwerkstoffen sowie zur Kontrolle der Abnutzung des Bohrwerkzeugs. Die mittels KI (Künstliche Intelligenz) ausgewerteten Messdaten wurden in der weiteren Folge zur Anpassung der Prozessparameter wie zum Beispiel Bohrgeschwindigkeit verwendet. Nachdem das Loch gebohrt wurde, sollte das Material um dieses Loch herum mittels Bildgebung hinsichtlich eventueller Fehlstellen inspiziert werden, **Bild 1**.

Zerstörungsfreie Werkstoffkontrolle

Ein noch recht junges Verfahren der zerstörungsfreien volumetrischen Prüfung (non-destructive testing – NDT) in

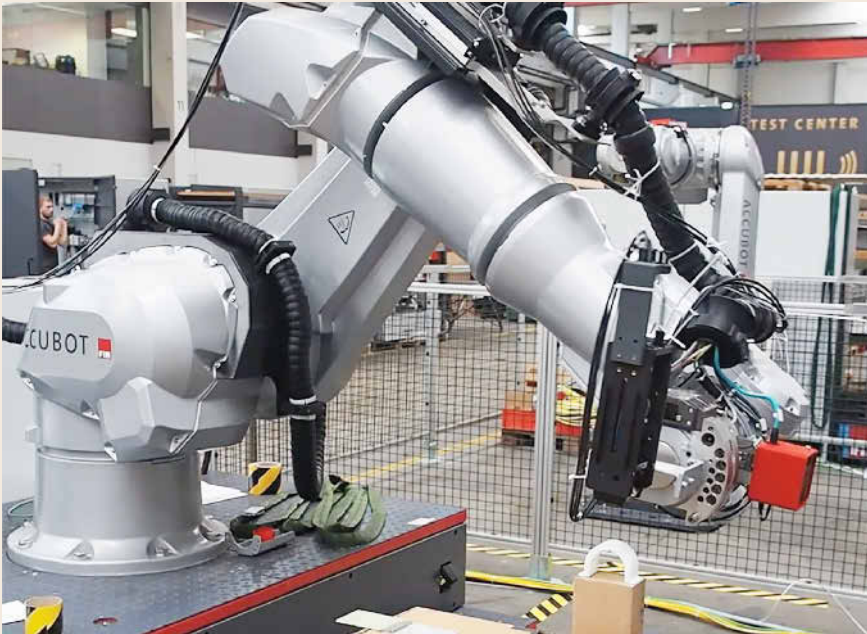


Bild 2. Im Eureka-Projekt „Attic“ machte die flexible, roboter-unterstützte Inspektionsanlage die Anwendung von THz-Imaging für Faserverbundteile möglich, auch wenn diese gekrümmt oder frei geformt sind. Foto: Fill Maschinenbau

nicht-leitenden Materialien ist die Spektroskopie mittels ultrakurzer Wellen im Terahertz-Spektrum (THz-Imaging). Dieses reicht von circa 100 GHz bis 10 THz (0,05 mm – 3,0 mm Wellenlänge) und bildet die Grenzregion zwischen Funk- und Lichtwellen. THz-Imaging erlaubt berührungslose Untersuchungen an GFK- oder Holzteilen ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen. Zudem lässt es sich auch zur Untersuchung von Schäumen oder zur Bestimmung der Schweißgüte von Thermoplasten nutzen.

Maßgeblich beteiligt am Projekt war Fill, ein international führendes Maschinenbau-Unternehmen mit Sitz in Gurten/A. Entwickelt und vertrieben werden von den Experten komplexe Hightech-Anlagen sowie individuelle Lösungen für die produzierende Industrie in den Bereichen Metall, Kunststoff und Holz. Branchen wie die Automobil-, Luftfahrt-, Sport- und Bauindustrie nutzen die Kompetenzen. Daneben entwickelt und produziert Fill auch automatisierte Lösungen für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. Dazu entstand nun ein Lösungskonzept unter Einsatz der hochgenauen „Accubot“-Roboter, die sowohl einzeln als auch auf parallel verlaufenden Linearachsen gemeinsam arbeiten können. Diese Anlagen können Prüfungen mit unterschiedlichen Methoden durchführen.

„Das Lösungskonzept setzt bei der Prüfung auf zwei hochgenaue Accubot-Roboter, die sowohl einzeln als auch auf parallel verlaufenden Linearachsen gemeinsam arbeiten können.“

Dank einer zusätzlichen rotatorischen Servoachse am Tool Center Point (TCP) ist die Bauteilprüfung auch in kleinen sowie in stark gekrümmten Bereichen möglich, **Bild 2**.

Terahertz-Prüfung für die industrielle Nutzung

Die Einsatzmöglichkeiten der THz-Spektroskopie für Kunststoffanwendungen beschränkten sich bisher auf den Laborbetrieb. Fill beteiligte sich mit bestem

Erfolg am dreijährigen Eureka-Projekt Attic. Dabei wurde das gesetzte Ziel der Entwicklung eines roboterunterstützten automatisierten Verfahrens zur Fertigung und anschließenden Inspektion von Bohrlöchern in GFK umgesetzt. Das Material rund um das Bohrloch wird zu diesem Zweck vollautomatisch mittels THz-Imaging auf Fehlstellen untersucht.

Die Integration eines THz-Spektrometers auf einen FlexChange-Schnellkupplungsflansch sorgte für eine rasche Implementierung dieser Technologie in eine roboter-unterstützte Inspektionsanlage. Das flexible System erlaubt die Anwendung von THz-Imaging für Faserverbund-Bauteile, auch wenn diese schwierige Geometrien haben – beispielsweise gekrümmt oder frei geformt sind (Video: <https://lnkd.in/e-xytXBt>). Gleiches gilt für die Kontrolle der inneren Stützstrukturen komplex geformter Teile aus additiver Fertigung.

Wichtiger Schritt auf dem Weg zur Produktreife

„Im Attic-Projekt erreichte das THz-Imaging – als eine weitere Technologie für unsere multimodalen automatischen NDT-Anlagen – den Technology Readiness Level (TRL) 5“, erklärt Harald Sehrschön, Teamleiter Forschung und Entwicklung bei Fill. „Es lässt sich prognostizieren: Die Integration des Imaging-Verfahrens in vollautomatische NDT-Anlagen macht für viele Hersteller einen Methodenwechsel in der automatisierten zerstörungsfreien Bauteilprüfung möglich. Bis zur Anwendung in einem Kundenprojekt bleibt jedoch noch einiges zu tun.“

Der Maschinenbauer genießt in vielen Branchen einen besonderen Ruf: Seit der Gründung im Jahr 1966 zeichnet sich das Unternehmen mit Sitz in Gurten/A durch Innovationskraft, Werteorientierung und vorbildliche Arbeitsplätze aus. „Wer die beste Lösung sucht, entwickelt gemeinsam mit Fill seine Zukunft“, ist die Leitidee der mehr als 975 Mitarbeiter. Das Unternehmen befindet sich zu 100 % in Familienbesitz und wird von Andreas Fill (CEO), Martin Reiter (CFO), Alois Wiesinger (CTO) und Günter Redhammer (COO) geführt. 2022 erzielte der Betrieb einen Umsatz von rund 187 Millionen Euro.

www.fill.com



Anspruchsvolle Zerspaltung: HIN Feinmechanik fräst Komponenten für die Pharmaentwicklung aus dem durch Titanzusatz stabilisierten Edelstahlwerkstoff 1.4571 (links). Die Flansche (rechts) werden für den Rennsport in Kleinserien hergestellt. Foto: HIN/Hermle

Präzisionsarbeit und passende Konzepte in der Pandemie überzeugen Neukunden

Dynamik für die Serie

Vom Entwurf über die Konstruktion bis hin zur Fertigung: HIN Feinmechanik hat sich erfolgreich zum Spezialisten für komplizierte Bauteile und komplexe Vorrichtungen entwickelt. Wichtig ist dem Eigentümer das Gütesiegel „Made in Germany“ – auch bei seinem Maschinenpark: Alle sechs Fräszentren kommen von Hermle aus Gosheim.

TEXT: Udo Hipp

Der 42-jährige Unternehmensgründer *Marco Hin* öffnet eine Seitentür in der Mitte eines weißen Flachbaus, lässt das lärmende Surren der Fräsen raus – und den Besucher hinein in die Fertigung. Wir folgen dem für die Zerspanungsmaschinen typischen Sound und stehen in einer Halle, in der sich fünf 5-Achs-Bearbeitungszentren (BAZ) von Hermle aneinander reihen, **Bild 1**. Noch lassen sie etwas Platz – unter anderem für eine CNC-Dreh- und eine CNC-Flachschleifmaschine. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis es auch hier eng werden könnte. Dabei ist HIN Feinmechanik erst 2020 in das neue Gebäude in Waldkirch bei Freiburg im Breisgau eingezogen. „Das war für uns ein großer Sprung, mit dem wir unsere Produktionsfläche verdreifacht haben“, kommentiert *Hin*.

Erfolg beginnt im Keller

Marco Hin bezeichnet sich selbst als Praktiker und liebt es, an der Maschine zu stehen. Wie sehr, wurde ihm erst klar, als der gelernte Werkzeugmechaniker und staatlich geprüfte Maschinenbautechniker die Praxis gegen das Projektmanagement tauschte. Sein Ausweg: ein Feinmechaniker-Meister als Vater und eine Fräsmaschine im elterlichen Keller. „Das war unser Spielplatz“, umschreibt er. Sein Können sprach sich herum, und aus dem Hobby wurde ein Nebengewerbe. 2014 erfüllte sich *Hin* den Wunsch, sein eigener Chef zu sein. Er gründete die HIN Feinmechanik GmbH. „Wir haben ganz unten angefangen. Um in dieser doch sehr kapitalintensiven Branche Fuß zu fassen, reinvestierten wir das erwirtschaftete Geld stets“, schildert er.

Die ersten Teile waren simpel: kleine, auf Länge abzufräsende Adapterplatten aus Aluminium, abzdrehende Schrauben und Ventilblöcke aus Kunststoff mit Bohrbild. Drei Monate nach der Firmengründung investierte *Hin* in sein erstes BAZ der Maschinenfabrik Berthold Hermle – für ihn keine Unbekannte: „Ich komme aus dem Formenbau, und dort ist Hermle oft vertreten, weil diese BAZ zuverlässig und präzise zerspanen.“ Einer der Hauptgründe sei jedoch der sehr gute Kundenservice – sowohl für Neu- als auch für Gebrauchsmaschinen.

Die gebrauchte „C 800 V“ bestätigte die Meinung des Jungunternehmers offensichtlich: 2015 stieg er mit einer ebenfalls gebrauchten „C 600 U“ in die 5-Achs-Bearbeitung ein und investierte 2016 erstmals in ein 5-Achs-BAZ direkt aus Gosheim. „Mir ist es wichtig, dass wir ‚Made in Germany‘ produzieren. Da ist es eben-

so naheliegend, dass unsere Maschinen und Werkzeuge ebenfalls aus Deutschland kommen und wir das Ganze mit Hermle-Maschinen umsetzen“, erklärt *Hin*.

Zufriedene Fachkräfte

Was ihm ebenfalls wichtig ist: die Wertschätzung der Mitarbeiter, für die der Südbadener Lohnfertiger gut bekannt ist. Das Problem, kompetente Fachkräfte für sich zu gewinnen, habe er nicht, wie der Unternehmer versichert. Wie er das schafft? „Ich verfolge die Strategie: eine Maschine, ein Mann, ein CAM-System. Denn der bessere Programmierer ist derjenige, der selbst fräst und umgekehrt.“ Jeder Zerspaner entscheidet demnach eigenverantwortlich, wie er seine Aufträge optimal fertigt. „Das gestaltet den Beruf und den Arbeitsplatz hier interessant“, ergänzt *Hin*. Neben dem guten Betriebsklima sei natürlich auch der moderne Maschinenpark ein überzeugendes Argument. Bis heute schafft er es, mit jeder neuen Maschine auch einen weiteren Mitarbeiter begrüßen zu können.

2017 erweiterte – eher ungeplant – noch eine gebrauchte C 800 U den Maschinenpark, 2018 baute *Hin* den Drehbereich aus. Vier Jahre nach der Firmengründung arbeiteten fünf Mitarbeiter an vier Fräszentren und einer Drehmaschine – heute sind es bereits zehn Angestellte. Sie konstruieren und fertigen Prototypen, Klein- und Großserien bis 5000 Stück für den Formenbau, die Pharma- und Medizintechnikbranche, für Elektronikfirmen und klassische Maschinenbauer.

„Stark“ ist HIN Feinmechanik auch im Vorrichtungsbau – beispielsweise zum Biegen von Kanülen, zum Zentrieren von Blechen für die Laserbearbeitung oder zum Schleifen in der Faseroptik. Entsprechend vielfältig sind die zu bearbeiteten Materialien: Aluminium, Buntmetalle, Carbon, Edelstahl, Kunststoffe, Magnesium, Titan und Werkzeugstahl. „Je nach Branche liegen die Toleranzen mal im Zehntel-, mal im Hundertstelbereich. Und für die High-Performance-Anwendungen brauchen wir einfach die Präzision der Hermle-Maschinen“, macht *Hin* deutlich.

In den Startlöchern ausgebremst

Das ist eine rasante Entwicklung, die die Strukturen und Prozesse herausforderte. „Bis zu diesem Zeitpunkt lief alles



Bild 1. Der Blick in die helle Produktion beweist: Geschäftsführer *Marco Hin* (links) ist von den präzisen Fräszentren absolut überzeugt. Daneben: *Helmut Müller*, Vertreter der HPV Hermle Vertriebs GmbH, und Konstrukteur *Andreas Kitz* (rechts). Foto: HIN/Hermle



Bild 2. Ein Prototyp aus Aluminium in Bearbeitung auf der „C 250 U“. Foto: HIN/Hermle

über meinen Tisch, was bei dem Wachstum nicht mehr praktikabel war“, sagt *Hin*. Er kaufte 2019 ausnahmsweise mal keine Maschine, sondern baute die betrieblichen Strukturen aus. Es war eher ein kurzes, tiefes Luftholen, als eine Pause: Zu seiner Entlastung stellte er einen Meister für die Arbeitsvorbereitung ein und bereitete den Betrieb für den „großen Sprung“ vor, wie er den Umzug im Jahr 2020 in das aktuelle Fertigungsgebäude nennt. „Hier haben wir unsere Produktionsfläche verdreifacht, unseren ersten Azubi übernommen und einen weiteren Mitarbeiter eingestellt“, zählt

Hin auf. „Zeitgleich kauften wir unser fünftes BAZ von Hermle.“

Ende Januar fuhr der Hermle-Lkw mit der „C 250 U“ auf den Hof. Rückblickend ein denkbar ungünstiger Zeitpunkt: Gerade umgezogen, mit neuen Mitarbeitern und einer neuen Maschine, hatte er die Weichen auf Wachstum gestellt, **Bild 2**. Dann zwang die Corona-Pandemie seine Auftraggeber zum Rückzug – Umsatzeinbruch und Kurzarbeit folgten.

Was *Marco Hin* daraufhin tat, brachte ihm einen Preis ein: Er investierte erneut. Diesmal jedoch in seine Mitarbeiter, die Website und in Werbung. „Wir gingen



Bild 3. Auf der zuletzt angeschafften „C 22 U“ fertigt HIN Feinmechanik-VA-Teile in Serie.

Foto: HIN/Hermle

einfach einen anderen Weg. Auch um die Motivation hochzuhalten und um die Frage „Wie geht es jetzt weiter?“ zu beantworten“, erklärt der Firmenchef. Er stockte das Kurzarbeitergeld auf, führte Tankgutscheine und das Dienstad-Leasing ein. Die Wertschätzung für seine Mitarbeitenden drückt *Hin* zudem mit Fotocollagen aus, die gut sichtbar den Flur zwischen Büroräumen und Produktionshalle säumen. „Es geht voran“, war das Signal, was er damit erfolgreich setzte. Der Gewinn: den „Jobmotor-2020-Award“ in der Kategorie „Konzepte in der Pandemie“ – und

die Aufmerksamkeit wertvoller Neukunden. „Nach ein paar Monaten Durststrecke ging es dann wieder voran“, sagt er.

Jetzt zählt jede Sekunde

Seit Juli 2022 fräst das sechste Hermle-BAZ in der Produktionshalle. Die „C 22 U“ unterscheidet sich von den bisherigen 5-Achs-Maschinen durch eine umfangreichere Ausstattung: mehr Platz für Werkzeuge, das Automationspaket sowie eine Werkzeuginnenkühlung. In Summe steigert es die Dynamik und reduziert die

Zykluszeiten, **Bild 3.** „Fünf Minuten länger oder kürzer spielte für die Einzelteilfertigung kaum eine Rolle. Darum haben wir auch bisher immer auf die Werkzeug-Innenkühlung verzichtet. Die C 22 U haben wir jedoch automatisiert, und mit dem Roboter davor zählt jede Minute“, verdeutlicht *Hin*. „Jetzt können wir das komplette Portfolio anbieten, vom Prototypen bis zur Serie.“

Abschließend geht es noch mal durch die helle Fertigung des rund 650 m² großen Firmengebäudes. „Es ist sehr viel in sehr kurzer Zeit passiert, fast zu schnell“, bringt *Marco Hin* es auf den Punkt. Daher wolle er die Betriebsgröße vorerst halten. Das „Vorerst“ grenzt er aber schnell auf zwei bis drei Jahre ein. Es wird wahrscheinlich kein allzu statischer Zustand sein. Eins ist für ihn aber gesetzt: „Wir sind mit Hermle immer gut gefahren und werden wohl auch weiterhin dabei bleiben.“

www.hermle.de



Udo Hipp leitet das Marketing bei der Maschinenfabrik Berthold Hermle AG in Gosheim. Foto: Autor

Qualitätskontrolle im Fertigungsbereich

Nikon, Louvain/B, unterstützt mit einer neuen Schnittstelle die Inspektion und Messung von Fertigungslinien. Die jüngste Software-Entwicklung, „Automation OPC UA by Nikon Interface“, vereinfacht die direkte oder indirekte Kommunikation verschiedener Hard- und Software im Fertigungsbereich, **Bild** – wie ein Manufacturing Execution System (MES), ein statistisches Prozesskontrollsystem oder ein Handhabungsroboter – mit den Röntgen-CT-Geräten (Computertomografen) von Nikon. Ein Röntgen-CT kann sowohl das Innere von Bauteilen als auch das Äußere zerstörungsfrei prüfen und messen. OPC UA gilt als branchenübliche, plattformunabhängige Schnittstelle. Sachkundige Integratoren können nun Industrie-, Automatisierungs- und Steuerungsanlagen von Drittanbietern leichter integrieren. Hierdurch werden sowohl Zeit als auch Kosten bei der Installation oder Neukonfiguration von Produktionsliniensystemen in einer einzelnen Fabrik oder in mehreren miteinander verbundenen Einrichtungen rund um den Globus gespart. www.industry.nikon.com



Die **OPC UA-Schnittstelle** ist heute eines der wichtigsten Kommunikationsprotokolle für die Vernetzung in Industrie 4.0-Fabriken. Grafik: Nikon



Die Zerspanung des Statorgehäuses umfasst die Innenbearbeitung mit verschiedenen Absätzen, die Bearbeitung der kleineren Mittenbohrung sowie die Bearbeitung der Außenseite mit ihren Kühlrippen. Foto: Niles-Simmons

Cost-per-Part bei der Bearbeitung von Statorgehäusen im Fokus

Neuer Dreh für die E-Mobilität

Die Zerspanung des Statorgehäuses umfasst die Innenbearbeitung mit verschiedenen Absätzen, die Bearbeitung der kleineren Mittenbohrung sowie die Bearbeitung der Außenseite mit ihren Kühlrippen – gezeigt wird eine Prozesslösung mit passenden Werkzeugen.

TEXT: Tobias Zimmermann, Tina Georgi

Wenn sich ein Hersteller von Werkzeugmaschinen sowie ein für seine Auf- und Feinbohrwerkzeuge bekannter Werkzeughersteller für ein gemeinsames Projekt zusammenfinden, sind außergewöhnliche Ergebnisse vorprogrammiert. Der Maschinenhersteller Niles-Simmons und der Werkzeughersteller Mapal haben gemeinsam einen Prozess entwickelt, der die Bearbeitungszeit von Statorgehäusen für Elektromotoren aus der E-Mobility Branche deutlich reduziert und dabei mit innovativen Details aufwartet, **Bild 1**.

Der Wandel in der Automobilindustrie vom konventionellen Verbrennungsmotor hin zum Elektroantrieb wird immer deutlicher. Niles-Simmons stellt sich diesem Umbruch und zielt mit effizientesten Her-

stellungsverfahren auf die Teilefertigung für die E-Mobility-Branche, um an die erfolgreichen Zeiten in der Kurbelwellenfertigung nahtlos anzuknüpfen.

Der überwiegende Teil der in Chemnitz gebauten Maschinen dient der Bearbeitung rotationssymmetrischer Werkstücke. Während hier die Drehbearbeitung im Vordergrund steht, konzentriert sich Mapal als Werkzeughersteller überwiegend auf kubische Bauteile, die gebohrt, gerieben und gefräst werden. Vor diesem Hintergrund ist es wenig verwunderlich, dass es zwischen den beiden Unternehmen in der Vergangenheit wenig Berührungspunkte gab.

Das sollte sich bei der Messe „EMO“ 2019 ändern. Am Messestand von Mapal hat Niles-Simmons ein Exponat entdeckt, das als Drehteil identifiziert wurde: ein Statorgehäuse für Elektromotoren. Mapal hatte bis dahin die Feinbohrwerkzeuge für

die Bearbeitung der Teile auf Fräszentren als sehr effizienten, hochgenauen Prozess in der Industrie etabliert.

Vorteilhafte Kombination: Drehen, Auf-/Feinbohren

Beide Seiten gewannen schnell den Eindruck, dass mit einer Kombination aus Drehen und Auf- beziehungsweise Feinbohren die Bearbeitung dieses Schlüsselbauteils für die E-Mobilität auf eine neue Ebene gehoben werden könnte. Im Nachgang der Messe wurde ein gemeinsames Entwicklungsprojekt ins Leben gerufen. Niles-Simmons baute eigens für das Projekt eine Maschine um, Mapal lieferte die Werkzeuge für die Vor-, Semi- und Fertigbearbeitung.

Topfförmige Bauteile wie Statorgehäuse sind eine sehr häufig eingesetzte Bauform für Elektromotoren in der Auto-



Bild 1. Das Projektteam (v.l.): Verkaufsleiter *Thomas Löttsch*, Entwicklungsingenieur Technologie *Christian Winkler*, Projektleiter *Daniel Pilz* (alle Niles-Simmons), Gebietsverkaufsleiter *André Ranke*, technischer Berater *Axel Schwarze* und Anwendungstechniker *Heiko Süß* (alle Mapal). Im Vordergrund die Innenbearbeitungswerkzeuge aus Aalen zum Vorschruppen, Schruppen, zur Bearbeitung der Mittenbohrung und zum Schlichten sowie das Werkstück (von links nach rechts). Foto: Niles-Simmons



Bild 2. Arbeitsraum des mehrspindeligen Drehzentrums mit Werkzeugrevolver als vertikaler Maschinenaufbau. Foto: Niles-Simmons

mobilindustrie. Das dünnwandige Aluminiumgehäuse ist außen mit Rippen für den Kühlkreislauf versehen und wird in das größere Motorgehäuse montiert. „Wir haben hier ein rotatorisches Werkstück mit einer rückseitigen Unwucht, das gedreht werden kann, aber aufgrund der hohen Durchmesser Genauigkeit sowie den vom Markt geforderten Form- und Lage-toleranzen auf- und feingeböhrt werden muss“, beschreibt Mapal-Gebietsverkaufsleiter *André Ranke* die Ausgangslage der Entwicklungspartnerschaft. Für die Versuche, die im Projekt bei Niles-Simmons zusammen mit Technikern des Werkzeugspezialisten stattfanden, kam kein Kundenwerkstück, sondern ein „Dummy“ zum Einsatz, der alle seriennahen Anforderungen abbildet. Die Innendurchmesser bewegen sich hierbei im Bereich von 220 mm bis 231 mm, die Außendurchmesser zwischen 250 mm und 260 mm. Es werden innen und außen Passungstoleranzen im IT6-Bereich gefordert, sowie Zylinderformen zwischen 20 µm und 30 µm. Die Konzentrität zwischen den verschiedenen Durchmessern ist teilweise auf 0,05 mm eingeschränkt.

Alle Werkzeuge sind bereits in der Maschine

Für die Entwicklung wählte Niles-Simmons eine Pick-Up-Drehmaschine vom Typ „DZS 315“ der ebenfalls in Sachsen ansässigen NSH-Tochterfirma

Rasoma. Die Maschine ist modular aufgebaut und kann somit für die jeweilige Bearbeitung passgenau konfiguriert werden. Im Versuchsaufbau wurden eine oben angeordnete vertikale Werkstückspindel, eine unten angeordnete Werkzeugspindel, ein Werkzeugkonsol und ein Werkzeugrevolver eingesetzt. Generell können weitere Bearbeitungseinheiten in die Maschine integriert werden und somit alle notwendigen Werkzeuge in der Maschine untergebracht werden, um Rüst- und Nebenzeiten zu minimieren. Die obere Spindel nimmt das Werkstück auf und verfährt es in einer einzigen Aufspannung mit dem Bettschlitten nacheinander zu den Stationen.

Die vertikale Bearbeitung bietet folgende Vorteile:

- Platzsparende Verkettung der einzelnen Bearbeitungseinheiten,
- optimaler Transport von Spänen und Prozesshilfsstoffen,
- kompakte Maschinenbauweise mit geringer Aufstellfläche,
- ein Pickup System.

„Beim Drehen ist das Pick-up eine übliche Lösung, wie sie bei vergleichbaren Teilen heute schon vielfach genutzt wird. Diese Beladung ist für eine automatisierte Großserienfertigung von Statorgehäusen ideal konzipiert.“, berichtet *Thomas Löttsch*, Verkaufsleiter bei Niles-Simmons.

Der entscheidende Vorzug des neu entwickelten Prozesses ist die damit mögliche Steigerung der Produktivität. Auf Anhieb ist es gelungen, die Produktionszeit für das Bauteil im kombinierten Dreh-Bohr-Verfahren gegenüber dem konventionellen Drehprozess um 50 % zu verkürzen. *Daniel Pilz*, der das Projekt bei Niles-Simmons leitete, beschreibt, wie die Zeit in den einzelnen Arbeitsschritten eingespart wird, bei denen sich von Fall zu Fall Werkstück, Werkzeug oder beide gleichzeitig drehen, **Bild 2**.

Bewährte Tools auf neue Weise eingesetzt

Die erste Station dreht den bislang von Mapal eingesetzten Prozess um. Anstatt das Bauteil mit einem drehenden Werkzeug zu schrappen, steht das Werkzeug in der Maschine still und nur das von oben kommende Werkstück dreht sich. Weil das Werkzeug aus Aalen im Gegensatz zu einem herkömmlichen Drehmeißel mit vier Schneiden ausgestattet ist, wird für das komplette Vorschruppen der verschie-



Bild 3. Das Semi-Schlichtwerkzeug für die Innenbearbeitung ist in der unteren Spindel gespannt und umschlossen vom glockenförmigen Außenwerkzeug (links). Bei der simultanen Bearbeitung wird das Werkstück von oben in den Ringspalt zwischen Außen- und Innenwerkzeug gefahren (Mitte). Ein Feinbohrwerkzeug dient zur Fertigbearbeitung aller Innendurchmesser (rechts). Foto: Niles-Simmons

denen Innendurchmesser am Bauteil nur etwa ein Viertel der Zeit benötigt.

Im zweiten Bearbeitungsschritt kommt ein von Niles-Simmons eigens entwickeltes Glockenwerkzeug für die Außenkontur in Kombination mit einem ISO-Aufbohrwerkzeug für die Semischlichtbearbeitung des Innendurchmessers zum Einsatz. Die Innen- und Außenseite des Werkstücks werden gleichzeitig bearbeitet.

„Die Besonderheit ist, dass ein stehendes Außenbearbeitungswerkzeug am Spindelgehäuse angebracht ist. Die Spindel treibt das Innenbearbeitungswerkzeug an“, beschreibt *Daniel Pilz* den Aufbau. In den von diesen beiden Werkzeugen gebildeten Ringspalt taucht das Werkstück ein, **Bild 3**. Mit einer einzigen Vorschubbewegung werden alle Durchmesser hergestellt, das sind bei diesem konkreten Bauteil je drei Innen- und Außendurchmesser. Pro Durchmesser sind vier Schneiden eingesetzt. „Zusammen mit dem Vorteil, dass wir innen und außen simultan bearbeiten, kommen wir insgesamt auf nur noch ein Achtel der Zeit, die wir für konventionelles Drehen benötigen würden“, rechnet *Pilz* vor. Weitere Vorteile sind:

- Durch die gegenläufigen Schnittkräfte von Innen- und Außenbearbeitung muss am Spannmittel des Werkstücks ein geringeres Drehmoment gehalten werden.
- Schwingungen des dünnwandigen Bauteils bei der Bearbeitung werden durch den zeitgleichen Eingriff der Schneiden innen und außen gedämpft.

Die zeitgleiche Innen- und Außenbearbeitung fand bei diesem Versuch mit einer Schnittgeschwindigkeit von 700 m/min statt. Die Bearbeitung im Sandwich-Verfahren mit dem Werkstück in der Mitte

sorgt dafür, dass das Bauteil während der Bearbeitung stabilisiert wird, weil die Schneiden von beiden Seiten gleichzeitig im Eingriff sind und so das Teil führen. Aufwendige Spanntechnik mit Schwingungsdämpfung erübrigt sich damit, was sich bei den Kosten bemerkbar macht.

Während die Industrie das Werkzeug von Mapal bereits auf horizontalen Bearbeitungszentren zur Innenbearbeitung von Statorgehäusen einsetzt, wurde das glockenförmige Außenwerkzeug von Niles-Simmons neu entwickelt und der innovative Prozess zum Patent angemeldet.

Die noch folgende Fertigbearbeitung übernimmt ein bereits bewährtes leistungsführendes Feinbohrwerkzeug, mit dem die Mittenbohrung für die Statorlagerung schließlich komplett inklusive aller Stufen geschichtet wird. Das dazu eingesetzte Feinbohrwerkzeug stellt Mapal in verschiedenen Ausführungen her. Für die Versuche in Chemnitz wurde eine Schweißkonstruktion mit Schneiden und Führungsleisten aus PKD (polykristalliner Diamant) benutzt. Der Durchmesser ist im µm-Bereich einstellbar.

Statorgehäuse sind die neuen Kurbelwellen

Bei Niles-Simmons wird erwartet, dass die Fertigung von Statorgehäusen für die Elektromobilität den gleichen Stellenwert einnehmen wird, wie in der Vergangenheit die Kurbelwellen für Verbrennungsmotoren. Die dafür erwarteten Stückzahlen, Taktzeiten und Kosten bewegen sich in einem vergleichbaren Bereich. „Anfragen nach solchen Bauteilen liegen bei 250 000 Stück pro Jahr“, berichtet Geschäftsführer *Klaus Kräher*. Bis 2030 könne der Bedarf weltweit bei 20 bis 50

Millionen Stück liegen. „Da sind 50 % Zeitersparnis eine Ansage, zumal in unserem neuen Prozess sicherlich noch Potential steckt“, so *Kräher*.

Neben dem bereits erfolgreich umgesetzten Vertikalkonzept untersucht Niles-Simmons auch die Möglichkeit, vorhandene horizontale Maschinen umzurüsten. Hintergrund sind über 300 Dreh-Räum- sowie Kurbelwellenfräsmaschinen der Chemnitzer, die derzeit weltweit in Kurbelwellenlinien der Automobilhersteller stehen. Sowohl der innovative Prozess als auch die Werkzeuge von Mapal können auch bei einer horizontalen Variante des Konzepts integriert werden.

Abseits der Bearbeitung von Statorgehäusen ist der Prozess auch für weitere Werkstücke aus den verschiedensten Branchen anwendbar – zum Beispiel für Kühlkörper für Hybridmotoren, Rohre-Flansche-Kupplungen für die Öl- und Gasindustrie sowie Lager- und Gehäusebauteile für den allgemeinen Maschinenbau bis hin zu Werkstücken für die Kunststoffindustrie. Damit ist dieser Prozess für ein sehr breites Werkstückspektrum mit rohr- und topfähnlicher Geometrie, die Toleranzen kleiner gleich IT6 fordern und hochgenaue Form- und Lagetoleranzen haben, relevant. ■

*niles-simmons.de/nsh-group/
www.mapal.com*

Tobias Zimmermann ist Department Manager Corporate Communications der Mapal Dr. Kress KG in Aalen.

Tina Georgi ist Marketing Managerin bei der Niles-Simmons-Hegenscheidt-GmbH in Chemnitz.



Maschinen-Neuvorstellung beim Pressetag in Thun/CH: Ein breites Portfolio ist zugleich Markenzeichen und Erfolgsgarant. Foto: Studer

Gutes Geschäftsjahr 2022 – positiver Ausblick

Pionier des Rundschleifens

Im Geschäftsjahr 2022 konnte Studer seinen Wachstumskurs fortsetzen und den Umsatz deutlich steigern. Zur Jahres-Pressekonferenz kamen kürzlich über 60 Journalisten aus rund 20 Ländern nach Thun/Steffisburg.

CEO Jens Bleher begrüßte die Pressevertreter an historischer Stätte, **Bild:** „Vor genau 111 Jahren gründete Fritz Studer hier sein Unternehmen. Seither stellte der Pionier des Rundschleifens unzählige technologische Innovationen vor – eine lange Tradition, die uns Verpflichtung für die Zukunft ist“. Für Bleher fällt daher auch der Ausblick ins Jahr 2023 sehr positiv aus: „Nach einem bemerkenswerten Jahresendspurt sind wir mit prall gefüllten Auftragsbüchern und vollem Schwung ins Jahr 2023 gestartet.“

Positive Entwicklung der Auftragslage

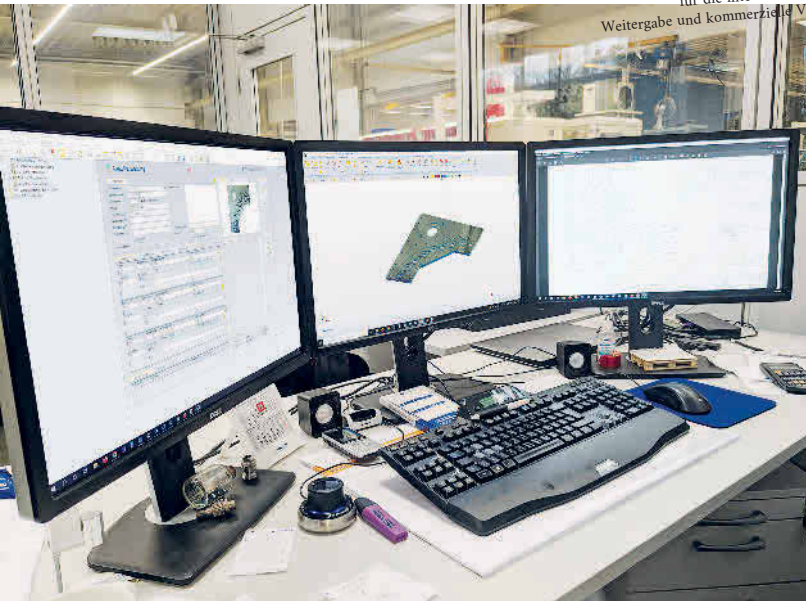
„In der Summe war es beim Auftragseingang das drittbeste Jahr in unserer Unternehmensgeschichte“, sagt CSO Sandro Bottazzo. In sämtlichen Verkaufsregionen wurden die Erwartungen übertroffen. Einzelne Länder, wie unter anderem die Türkei, verzeichneten sogar den höchsten Auftragseingang in der gesamten Firmenhistorie. Als global agierender Hersteller von hochpräzisen Schleifmaschinen ist Studer weltweit aktiv und konnte die Position in den wichtigsten Märkten weiter auszubauen. Der Neukundenanteil betrug 37 %. Im Dezember wurde zudem der zweitbeste Einzelmonat in der Geschichte erzielt. Die Segmente Luft- und Raumfahrt sowie Energie trugen zu dieser positiven Entwicklung signifikant bei. Auf hohem Niveau stabil blieben die Segmente Werkzeug-, Formen- und Maschinenbau. Der Bereich Feinmechanik mit den klein- und mittelständischen Zulieferbetrieben und Lohnfertigern stellt weiterhin das größte Einzelsegment dar. Rückläufig war hingegen die Entwicklung im Automobilbereich, was Auswirkungen auf die Nachfrage nach Produktionsmaschinen hatte. Im Geschäftsjahr 2022 gab es einen positiven Trend bei den Universal- und Innenrundschleifmaschinen –

im Standard- wie im Systemgeschäft. Die meistverkaufte Maschine war erneut die vielseitige CNC-Universal-Rundschleifmaschine „S33“. Bei den Innenrundschleifmaschinen gab es das bisher zweitbeste Jahresresultat überhaupt. Auf Rekordniveau lag auch die „WireDress“-Technologie für das präzise Abrichten metallgebundener Schleifscheiben – und damit beste Produktivität.

Auch im Bereich „Customer Care“ erzielte Studer 2022 einen neuen Umsatzrekord. Service, Wartungen und das Einzelgeschäft stellten jeweils eigene Rekorde auf. Bei den Überholungen war es das zweitbeste Jahr in der Unternehmensgeschichte.

Erfolgreiche Neumaschinen

Darüber hinaus brachte das Geschäftsjahr 2022 viele Neuentwicklungen und eine Erweiterung der Produktpalette, betonte CTO Daniel Huber. Auf dem chinesischen Markt wurde einerseits die neue Generation der bewährten CNC-Universalrundschleifmaschine „KC33“ vorgestellt. Andererseits steht der chinesischen Kundschaft mit der „ecoGrinder“ nun eine wirtschaftliche Lösung für den Einstiegsbereich zur Verfügung. Die Produktionsmaschine „S36“, gezeigt auf der GrindingHub in Stuttgart, schließt eine Lücke im Portfolio und ist unter anderem besonders gut für Applikationen und Bauteile rund um die Elektromobilität geeignet. Sie ist auch mit einem Energie-Monitoring-Konzept erhältlich. Des Weiteren ist die revolutionäre und markenübergreifende Hard- und Softwarearchitektur „C.O.R.E.“ auf immer mehr Maschinen zu finden. „Nur die Hersteller, die intelligente Maschinen mit intuitiver Bedienung, digitalen Assistenz- und Monitoringssystemen, Automatisierungsoptionen sowie einer effizienten Prozessbearbeitung anbieten, werden in Zukunft erfolgreich sein“, resümiert Huber. www.studer.com



Zentrale Datenversorgung – auch Insellösungen wie das CAM-System „Virtual Gibbs“ und „Mazatrol CAM“ für die Programmierung der im Werk genutzten Mazak-Maschinen werden mit Werkzeug- und Technologiedaten des „ToolDirector VM“ versorgt. Foto: Coscom

Auf- und Ausbau der Digitalisierung mit hohem Investitionsschutz

Zentrale Datenbank-Plattform gibt den Takt vor

Der Weltmarktführer von Flechtmaschinen hat sein Fertigungsdaten- und Betriebsmittelmanagement mit einer Datenbank-Plattform zentralisiert und sichert so das eigene Know-how ab – zugleich ist es eine überzeugende Antwort auf den Fachkräftemangel.

TEXT: Bernhard Valnion

Wer das „Heft in der Hand halten will“, sollte in der Produktion keine Zetelwirtschaft betreiben. Herzog – Weltmarktführer von Flechtmaschinen – setzt daher wohlwissend auf das „ECO“-System von Coscom und verbindet damit sukzessive shopfloor- und unternehmensweit seine IT-Insellösungen zu einem schlagkräftigen Ganzen. Somit ist das gesamte Unternehmens-Know-how stets im Zugriff aller Mitarbeiter. Das beachtliche Ergebnis ist eine zentrale Lösung für verlässliche, reproduzierbare, stabile und durchgängige Prozesse – und für eine schnellere Reaktionsfähigkeit.

Wunderwerke aus Textilien

Geflechte sind die ältesten bekannten textilen Strukturen. Abdrücke eines derartigen Gebildes werden auf 24 000 v. Chr. datiert. Die ersten Hinweise einer mechanischen Flechtvorrichtung lassen sich in einem Buch des Universalgelehrten Georg Philipp Harsdörffer aus dem Jahr 1653 nachlesen. Die Herzog GmbH aus Oldenburg gibt es seit 1861 und der Maschinenbauer ist einer der führenden Hersteller von Flecht- und Spulmaschinen, **Bild 1**. Mit technologischer Triebkraft entstand ein anerkannter Weltmarktführer, der nach wie vor die Konkurrenz, unter anderem aus Fernost, in die Schranken weist. Und: Seit mehr als 15 Jahren

lässt sich Herzog von Lösungen der Coscom Computer GmbH aus Ebersberg nahe München immer wieder aufs Neue eine Stufe höher in Sachen Digitalisierung der Fertigung hieven.

Seien es nun Textil- oder Seilflechtmaschinen, Kabelbaum- oder Spulflechtmaschinen – diese technischen „Wunderwerke“ in Spitzenqualität werden „Made in Germany“ hergestellt. Die aufwendigen Maschinen, die in der Hauptsache nach einem Engineering-to-Order-Geschäftsmodell auf den Markt kommen, verfügen über viel innovative Steuerungstechnik, denn „Mechanik und Kinematik kann mittlerweile fast jeder in unserem unmittelbaren Wettbewerbsumfeld“, sagt Betriebsleiter Andreas Wiegner. Herzog legt



Bild 1. Seien es Textil- oder Seilflechtmaschinen, Kabelbaum- oder Spulmaschinen – Herzog stellt diese technischen Wunderwerke in unverwechselbarer Spitzenqualität her. Foto: Herzog

jedoch auch Wert auf eine hohe Güte der mechanischen Fertigungskomponenten, kann daher auf einen umfangreichen, technologisch sehr heterogenen Maschinenpark verweisen. Konstruiert wird im Haus nicht-parametrisch mit den PTC-Systemen „Creo Elements/Direct Modeling“ und „Direct Model Manager“. Businessprozesse wie die Auftragsplanung und -abwicklung und die Erstellung der Fertigungsstücklisten laufen über das ERP (Enterprise-Resource-Planning)-System „Proalpha“.

Für (fast) alle Branchen

Die auf den Maschinen gefertigten Endprodukte sind Schnürsenkel, Nähgarn oder Litzen (zweidimensionale Geflechte) für die Schuh- und Textilindustrie oder technische Geflechte für die Fahrzeug- und Chemieindustrie (etwa Ummantelungen für Kabelbäume, Schläuche und Dich-

tungen). Aber auch der Mensch hängt mitunter sprichwörtlich „am seidenen Faden“ von Produkten aus Oldenburg: Die 150 Mitarbeiter stehen im Dienste kundenindividueller Lösungen für die Medizintechnik, so zur Herstellung von chirurgischen Nahtmaterialien, Stents und Kompressen, oder etwa von hochwertigen Sport- und Kletterseilen.

Neuen Schub hat die „Digital Journey“ bei Herzog jüngst durch den Austausch des zuvor im Einsatz befindlichen Werkzeugverwaltungssystem durch „ToolDirector VM“ bekommen. Die meisten Werkzeuge werden direkt an den gut 30 CNC-Maschinen gelagert, viele davon gehen massiv ins Geld – sind es doch Spezialwerkzeuge. Für die Klein- bis Großserien steht ein heterogener Maschinenpark im Shopfloor zur Verfügung: CNC-Fräsmaschinen verschiedenster Fabrikate, darunter auch eine große Portalfräsmaschine und zyklengesteuerte Maschinen,

sowie diverse unterschiedliche CNC-Drehmaschinen der Fabrikate Forest, DMG, Wemas, Emco, Monforts, Matra, Mazak, Hedelius, Maier, POS, Harrison und Weiler.

Professionelles Tool-Management

Der ToolDirector übernahm nicht nur professionell die bisherige Werkzeugverwaltung, sondern vielmehr das Handling der Betriebsmittelprozesse insgesamt, **Bild 2.** So wurden auch das Zoller-Messgerät und die Lifte von Kardex eingebunden. Zuvor war mit dem alten Werkzeugverwaltungssystem zwei Jahre lange keine Rede von einer wirkungsvollen IT-gestützten Werkzeugverwaltung. *Andreas Wiegner*, Betriebsleiter beim Flechtmaschinenhersteller, sagt: „Zunächst waren wir skeptisch und haben daher einen Referenzkunden in unserer Nähe besucht.“ Auch die Gesellschafter waren in die Entscheidungsfindung eingebunden. Investitionen werden sorgfältig abgewogen und die Rentabilität beziehungsweise der ROI genau geprüft. Derzeit wird in Oldenburg ein neuer Produktionsstandort errichtet, „daher ist es sehr wichtig, dass die IT-Prozesse perfekt funktionieren, sodass diese ins neue Werk 1:1 übernommen werden können“, erklärt der Betriebsleiter. Das wurde nun erfolgreich nach dem Anbieterwechsel erreicht.

Das Daten-Drehkreuz

Was macht die Coscom-Lösung so einzigartig und wie konnte sie das technische Management von Herzog restlos für sich gewinnen? Der ToolDirector kommt nicht als „Software-Insel“ daher, sondern ist tief integriert in die Daten-Plattform. Die insgesamt „ECO-System“ benannte Lösung funktioniert wie ein „Drehkreuz“ an Flughäfen: Jedes ankommende Flugzeug wird andockt und abgefertigt – da bleibt nichts liegen und bei Bedarf kann die Reise zur „Final Destination“ weitergehen, wie an die CAM-Systeme oder die Werkzeuvoreinstellung. Zudem liefert die Software alle benötigten Prozessdaten bis zu den „InfoPoints“ direkt an den Maschinen. Damit existiert eine zentrale Daten- und Prozessdrehkreuz „unterhalb“ des ERP-Systems, das die Funktion des führenden Shopfloor-Systems innehat.

„Der entscheidende Nutzen einer umfassenden, zentralisierten Digitalisierung

des Shopfloor ist, dass der Anwender sich nicht mit zig verschiedenen Systemanbietern beziehungsweise Softwarelösungen auseinandersetzen muss, um die Schnittstellenthematik in den Griff zu bekommen. Genau an einer Stelle werden die Daten zentral abgelegt“, sagt *Ingo Kolberg* von Coscom. „Plattform-Anbieter darf sich nur nennen, wer auch über das Schnittstellen-Know-how zu den einzelnen Satellitensystemen verfügt. Wir sind darauf spezialisiert und bietet moderne Technologien sowie neutrale Datengrundlagen bei der Integration dieser Systeminseln an. Bei einem Release-Wechsel entstehen keine Datenformat- und Kommunikationsprobleme. Das spart Zeit, Ärger und Kosten.“

In 7-Meilen-Stiefeln voranschreiten

Viele CAM-Systeme sind immer noch nicht offen und prozessfähig. „Erschwerend kommt hinzu, dass die CAM-Systeme individuelle Werkzeuginformationen aus dem Tool-Managementsystem erwarten, zum Beispiel im Bereich der Grafikformate oder der Definition der Schneidengeometrie“, erklärt *Patrik Lüneberg*, CNC-Programmierer bei Herzog. Mit der Einführung eines CAM-Systems ist längst noch kein solides Fundament für die Digitalisierung im Shopfloor geschaffen. Meistens werden anvisierte wirtschaftliche Ziele nicht erreicht, weil 3D-Daten, das organisatorische Umfeld oder der Werkzeugprozess – alles das, was aus einer Plattform bereitgestellt werden sollte – fehlt.

Coscom trete stets lösungsorientiert mit prozessfokussierter Beratung und dem Ziel auf, gemeinsam mit dem Kunden einen „Masterplan“ in Sachen Digitalisierung zu definieren und umzusetzen. Bei Herzog ging es darum, die Tätigkeiten in der Fertigung über die Plattform komplett wertschöpfend abzusichern – nicht nur, indem Maschinen, sondern auch die Menschen über die Plattform vernetzt werden. „So ist es möglich, dass die Fachkräfte transparent miteinander kommunizieren können, ihr Fachwissen teilen und dieses auch in der Plattform für die Zukunft erhalten bleibt“, bestätigt *Wiegner* das Erreichte.

Übrigens sind nicht nur klassische CAD/CAM-Systeme in die Coscom-Lösung integriert, sondern auch spezifische Programmier-Arbeitsplätze des Maschi-



Bild 2. Markante Effizienzsteigerung: Durch Zentralisierung von Werkzeugverwaltung, Lagerlogistik, Bestellkreislauf sowie Prozessoptimierungen werden rund 120 000 Euro/a eingespart. Foto: Coscom

nenherstellers Mazak. Zum Hintergrund: Bei Herzog findet ein erheblicher Teil der Programmierung direkt an den einzelnen CNC-Bearbeitungszentren statt. Gerade kleinere Teile mit überschaubarer Komplexität werden vollständig an den Steuerungen programmiert. Die Anbindung von InfoPoint-Terminals in die Plattform stellt in diesem Zusammenhang als „Knopfdruck-Lösung“ sicher, dass auch bei der „Werkstatt-orientierten Programmierung“, falls ein CAM-Programm bereits existiert, keine Doppelarbeiten durchgeführt werden.

Nutzen in Zahlen gefasst

„Durch die prozessoptimierte Zentralisierung des gesamten Tool-Managements, bestehend aus Werkzeugverwaltung, Lagerlogistik, Bestellkreislauf und den Funktionalitäten des Factory Director VM, könnten rund 100 000 bis 120 000 Euro im Jahr eingespart werden. Der ToolDirector VM arbeitet als digitales Drehkreuz für alle Betriebsmittel, auch für die vielen, teuren Spezialwerkzeuge – Nahtstellen statt Schnittstellen“, erklärt *Lüneberg* zufrieden. Die zentrale Daten-Plattform und die InfoPoint-Terminals erfreuen sich großer Akzeptanz bei den Werkern. Aktuelle, verlässliche Informationen stehen dort zur Verfügung, wo sie wirklich gebraucht werden: sowohl in der Arbeitsvorbereitung als auch direkt an der Maschine. Die Lösung entschärft auch die Thematik rund um den Fachkräftemangel, denn selbst weniger versierte Mitarbeiter finden sich schnell zurecht und lassen sich

schnell einarbeiten. Die unproduktiven Zeiten durch Suchen sind minimiert. Alle NC-Programme sind stets in aktuell freigegebenen Versionen direkt auf Knopfdruck verfügbar. Nichts wird unnötig neu programmiert, was gerade bei Wiederholteilen ins Gewicht fällt. Die beachtliche Anzahl von rund 16 000 kompletten Stammdatensätzen zu den Fertigungsartikeln sind bereits im System hinterlegt.

Digital Journey

Nun gilt es, Software-Inseln abzuschaffen und Systeme zu zentralisieren. „Wir erleben Coscom als verlässlichen ‚Reisebegleiter‘ in Sachen Digitalisierung im Shopfloor. Es werden pragmatische, prozessorientierte Lösungen präsentiert. Auf unsere Fragen wird rasch mit kompetenten Lösungsvorschlägen geantwortet“, lobt *Wiegner*. Mit dem Softwarespezialisten gelang es, aus der anfänglich als CIM-Projekt gestarteten CAM-Einführung ein ganzheitliches und nachhaltiges Digitalisierungsprojekt erster Klasse zu machen, so ist die Meinung. Das Prozessdesign wird vom ERP-System bis in den Shopfloor zu Ende gedacht und umgesetzt. ■

herzog-online.com – www.coscom.eu



Dr. Bernhard Valnion ist freier Fachjournalist aus München. Foto: Autor



Liquid Metal Printing: Die erste Hürde hin zur Herstellung von magnesiumhaltigen Aluminiumbauteilen wurde erfolgreich genommen. Foto: Grob-Werke

Flexibilität für die Einzel- und Kleinserienfertigung

Liquid Metal Printing

Um den Forderungen der Märkte nach individuell angepassten und endkonturnahen Bauteilen gerecht zu werden, hat ein Werkzeugmaschinenpezialist mit „Liquid Metal Printing“ (LMP) ein zukunftsweisendes, wirtschaftliches und flexibles Fertigungsverfahren im Bereich der Additiven Fertigung entwickelt.

Nach der Premiere vor einem Jahr präsentiert Grob, Mindelheim, auf der Hausmesse 2023 die „GMP300“ – eine Fertigungsanlage zur Herstellung endkonturnaher Bauteile mit verbesserten Eigenschaften, **Bild** – und bietet seinen Kunden somit eine modifizierte Maschinenvariante. Die Nachteile traditioneller, metallverarbeitender additiver Fertigungsverfahren sollen damit vermieden werden. „GMP“ steht für „Grob Metal Printing“ und 300 für die Größe des Arbeitsraums von 300 mm x 300 mm x 300 mm. Die Anlage ist mit einer 3-Achsen-Kinematik und einer maximalen Achsgeschwindigkeit von 30 m/min ausgestattet. Die sauerstoffreduzierte Atmosphäre durch Schutzgas dient dem Schutz des Bauteils

vor Oxidation und garantiert damit gleichbleibend gute Materialeigenschaften.

Verbesserungen im Detail

Mit einem weiterentwickelten Schutzgaskonzept und einer verbesserten Abdichtung kann der Restsauerstoffgehalt im Bauraum noch weiter bis zu einem geringen ppm-Anteil reduziert werden. Auch im Bereich der Materialien gab es Fortschritte: Es können jetzt weitere Aluminiumlegierungen verarbeitet werden. Ebenso konnten bei der Tropfengenerierung Fortschritte mit bis dato schwer zu verarbeitenden Aluminium-Magnesium-Legierungen erzielt werden. Neben der Identifikation und Untersuchung neuer Materialien finden aktuell verschiedene

Untersuchungen zur Qualifizierung der bereits druckbaren Materialien in einem definierten Prüfprozesses statt. Ziel ist es, die materialspezifischen Eigenschaften der mit dem Verfahren hergestellten Bauteile zu identifizieren und zu quantifizieren.

Auch im Bereich der Prozessentwicklung konnten weitere Optimierungen erzielt werden. Mithilfe von zusätzlichen Sensoren können nun in-situ sowohl die Tropfengröße und -geschwindigkeit wie auch die Bauteilhöhe während des Druckprozesses aufgenommen und regelnd in die Bauteilfertigung eingegriffen werden. Durch diese zusätzlichen Qualitätssicherungsschritte ließen sich Bauteilqualität und Prozessstabilität deutlich verbessern.

Um Kunden und Anwender von den Vorteilen der Technologie zu überzeu-

gen, wurden Gespräche mit Partnern geführt und auch eine Vielzahl an individuellen Kundenbauteilen gefertigt. Dabei unterstützte das AM-Team die Firmen nicht nur bei der Bewertung der Bauteile, sondern auch beim Re-Design der Komponenten, um diese für die Fertigung mit dem LMP-Verfahren zu optimieren. Neben Musterfertigungen ist die Fertigung erster kleiner Bauteilserien als Druck-Dienstleistung im Angebot.

Weniger Abfall, geringere Nacharbeit

Besonders positiv wurden von den Kunden die Vorteile des Verfahrens

bewertet. So ist, im Gegensatz zu bereits bekannten Pulverbettverfahren, beim LMP das Ausgangsmaterial Draht. Dadurch können nicht nur die Materialkosten reduziert werden, sondern vor allem die Gesundheits- sowie Explosionsgefahr eliminiert werden, wodurch zusätzliche Arbeitsschritte wie das Entpulvern des Bauteils sowie das Sieben und Aufbereiten des Pulvers entfallen. Zudem handelt es sich um einen Mikrogieß- und nicht um einen Schweißprozess, mit keinem oder nur geringem thermischen Verzug. Dadurch können nicht-schweißbare Legierungen verarbeitet werden. Es entsteht ein homogenes Mikrogefüge bei Streckgrenzen, die gleich oder zum

Teil auch über den Werten des Ausgangsmaterials liegen.

Darüber hinaus überzeugt das Verfahren durch seine hohe Flexibilität und Produktivität. Flexibilität wird erreicht durch die Möglichkeit eines schnellen Materialwechsels ohne hohen Reinigungsaufwand, durch die hohe Variabilität des Tropfendurchmessers und durch den Tiegelwechsler, mit dem sich Druckkopf und Düse schnell und einfach wechseln lassen. Die gute Produktivität des LMP-Verfahrens entsteht in erster Linie durch die hohen Aufbauraten, den reduzierten Nachbearbeitungsaufwand und die Tatsache, dass die Bauteilkosten nur gering über dem Füllgrad der Bauplatte skalieren. www.grobgroup.com

3D-gefertigte Halterungen für innovatives Fahrzeugprojekt

Eine mobile Welt, in der keine fossilen Energien mehr für den Antrieb der Fahrzeuge benötigt werden – an dieser Vision arbeiten Automobilhersteller weltweit. Einer der deutschen Pioniere auf diesem Gebiet ist Sono Motors mit seiner fahrzeugintegrierten Solartechnologie. Die 3D-Spezialisten von 3D Laser BW, Kirchheim/Teck – einer Tochter von Benseler – haben zur Entwicklung beigetragen, **Bild**. Ein Elektro-Fahrzeug, das jeden Sonnenstrahl nutzt, um seine Batterie zu laden und zusätzlichen Fahrstrom zu generieren: diese innovative Idee haben die Ingenieure von Sono Motors in München mit dem Solar Electric Vehicle (SEV) „Sion“ umgesetzt. 4,45 m lang und 1,83 m breit sind die Testfahrzeuge, die – ausgestattet mit optisch nahezu in der Oberfläche verschwindenden Solarzellen auf Motorhaube, Kotflügeln, Seiten, Dach und Heck – durchschnittlich 120 km pro Woche rein mit Solarstrom zurücklegen können. Bei diesem spannenden Projekt waren auch die 3D-Spezialisten der 3D Laser BW mit an Bord. Sie lieferten für die Serien-Validierungs-Fahrzeuge 21 verschiedene Halterungsvarianten, die an der Fahrzeugstruktur des mit 1,73 t im Vergleich zu anderen E-Fahrzeugen leichtgewichtigen Solar-Autos verbaut wurden und die Verbindung zu den Kunststoff-Außenteilen herstellen. Diese für den jeweiligen Einsatzort in der Fahrzeugkarosserie maßgefertigten Halterungen entstanden im selektiven Laserschmelzverfahren. Dafür nutzten die Spezialisten für additive Fertigung den 3D-Metalldrucker „DMP320“ von 3D Systems, der über einen Bauraum von 273 mm x 273 mm x 400 mm verfügt. Die Bauteile wurden darin aus austenitischem rostfreien Stahlpulver der Legierung 1.4404/316L gefertigt, die aufgrund ihres hohen Chrom- und Molybdängehalts in Verbindung mit einem niedrigen Kohlenstoffgehalt eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit bietet. Die durchschnittliche Laufzeit pro Bauplatte betrug dabei rund 50 Stunden. Zur Qualitätssicherung wird dieser Laserschmelzprozess mittels „Melt Pool“ überwacht. Mithilfe von Sensoren wird das Schmelzbad konstant auf die richtige Temperatur oder eventuelle andere Fehler geprüft wird. Erkennt das Monitoring-System Unregelmäßigkeiten, können die Maschinenbedienenden korrigierend eingreifen. Dem eigentlichen Ferti-



Die maßgefertigten Halterungen werden an verschiedenen Positionen des Aufbaus des Solarautos eingesetzt. Foto: Benseler

gungsprozess voraus geht die Aufbereitung der CAD-Daten durch die Fachleute mithilfe der Software „3DXpert“. Dazu gehört neben dem Platzieren der Bauteile das passgenaue Einbringen von für den Fertigungsprozess wichtigen Stützgeometrien und die Simulation der Halter auf Verzug. Nach Abschluss des Laserschmelzprozesses werden die Komponenten von den Bauplatten getrennt und von den Stützgeometrien befreit. Anschließend lassen sich die benötigten Gewinde einbringen, bevor die Bauteile abschließend ein Oberflächenfinish gemäß den Kundenvorgaben erhalten – um dann zur Montage zum Fahrzeugbauer transportiert zu werden. Benseler ist kompetenter Dienstleister und Partner für technisch anspruchsvolle Lösungen in den Bereichen Beschichtung, Oberflächenveredelung, Entgratung und elektrochemische Metallbearbeitung von Serienteilen mit Sitz in Markgröningen bei Stuttgart. 2018 ist das Unternehmen zudem in die additive Fertigung im metallischen Bereich eingestiegen. www.benseler.de

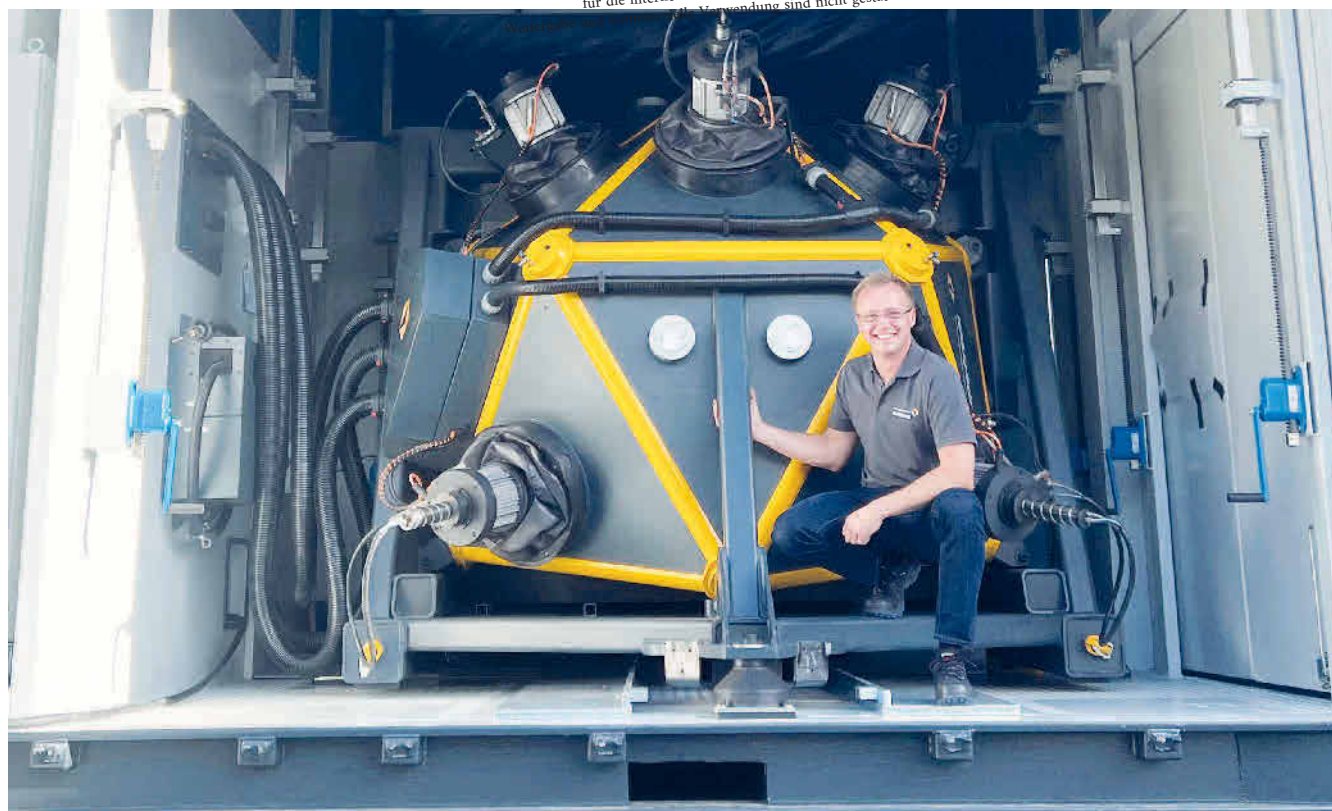


Bild 1. Marcus Witt vor der gemeinsam mit der BTU Cottbus entwickelten „Mobilen Reparaturfabrik“. Die Pentapod-Anlage bietet die additive Bearbeitung mit dem „DED“-Verfahren - und in derselben Aufspannung das Fräsen für die Feinmodellierung des Bauteils. Foto: Metrom

Neue Lösung für Fräsen und 3D-Druck in identischer Maschine

Hybride Bearbeitung in mobiler CNC-Anlage

Ein Sondermaschinenbauer aus Hartmannsdorf bei Chemnitz sorgt für technologische Entwicklungen, die auf dem Gebiet der additiven Fertigung bislang einzigartig sind. In mobilen CNC-Maschinen werden die Werkstücke überwiegend hybrid bearbeitet.

Das sächsische Unternehmen Metrom Mechatronische Maschinen entwickelt Bearbeitungszentren sowie mobile Maschinen, die Werkstücke überwiegend hybrid – also additiv und in der gleichen Aufspannung auch subtraktiv – bearbeiten können. Gemeinsam mit der Brandenburg Technischen Universität Cottbus (BTU) wurde dazu die weltweit erste „Mobile Reparaturfabrik“ entwickelt. Untergebracht ist sie in einem oder zwei speziell angepassten 20-Fuß-Containern.

Pentapod leistet Erstaunliches

Herzstück ist eine außergewöhnliche Maschine, die sowohl im Container genutzt als auch diesem entnommen werden kann. Sie basiert auf dem Konzept der Parallelkinematik und der

Metrom-Innovation einer patentierten fünf-achsigen Pentapod-Konstruktion, **Bild 1**. „Im Vergleich zu konventionellen Werkzeugmaschinen haben wir das Bearbeitungsprinzip quasi umgedreht“, erläutert Marcus Witt, Chief Technology Officer bei Metrom. „Denn das Werkstück wird bei uns nun nicht mehr auf einem Maschinentisch zur Bearbeitung in Position gebracht, sondern die Spindel bewegt sich umgekehrt so um das Bauteil, dass damit eine fünfachsig und hochdynamische Fertigung möglich ist.“ Dies erlaube eine deutlich höhere Flexibilität und Präzision.

Dank der „Ikosaeder“-Konstruktion zeichne sich die Anlage zudem durch eine enorme Steifigkeit aus, die im Vergleich zum Roboter 50-fach höher sei. „Mit dieser Technologie haben wir auf dem Markt ein absolutes Alleinstellungsmerkmal“, betont Witt.

3D-Druck und Fräsen in derselben mobilen Anlage

Für die Bearbeitung der Teile setzt die Maschine nun auch in der Mobilen Reparaturfabrik auf das „Direct Energy Deposition“ (DED) mit Metall. Bei diesem wird je nach Erfordernis ein mit einem Lichtbogen oder Laser aufgeschmolzener Metalldraht lagenweise aufgetragen und generiert oder repariert so das metallische Bauteil. Für dessen Feinmodellierung läuft die anschließende Fräsarbeit in der gleichen Anlage ab. Da dies in derselben Aufspannung geschieht und insofern kein erneutes aufwendiges Einmessen auf einer separaten Anlage erforderlich ist, profitiert der Anwender von einer beträchtlichen Zeit- und damit Kosteneinsparung.

Mit dieser in einer mobilen Maschine weltweit einzigartigen hybriden Anwendung und der Mobilen Reparaturfabrik der BTU zielen die Sachsen auf die unterschiedlichsten Branchen ab. Insbesondere in Kraftwerken, Chemieanlagen, der Öl- und Gasindustrie, im Schiffsbau oder auch in häufig fernab gelegenen Bergbauanlagen und Minen kann diese Technik schnell vor Ort eingesetzt werden und überzeugt durch ihre Leistung. Denn gerade dort, aber genauso bei der Modifikation oder Reparatur von Großbauteilen, **Bild 2**, führt eine schnelle Bearbeitung zur Vermeidung von kostspieligen Ausfallzeiten. „Hier bietet unsere Lösung erhebliche Vorteile“, unterstreicht *Witt*. Dazu trage auch die Möglichkeit bei, nicht nur mit Metall, sondern auch mit Kunststoff zu fertigen. „Dass dies in der gleichen Anlage möglich ist, hebt uns ebenso vom Wettbewerb ab.“ Darüber hinaus sei durch die Pentapod-Konstruktion die Größe des Bearbeitungsraums nicht limitiert. Auch diese Flexibilität bietet hohe Effizienz und ist herausragend auf dem Markt. ■

metrom.com

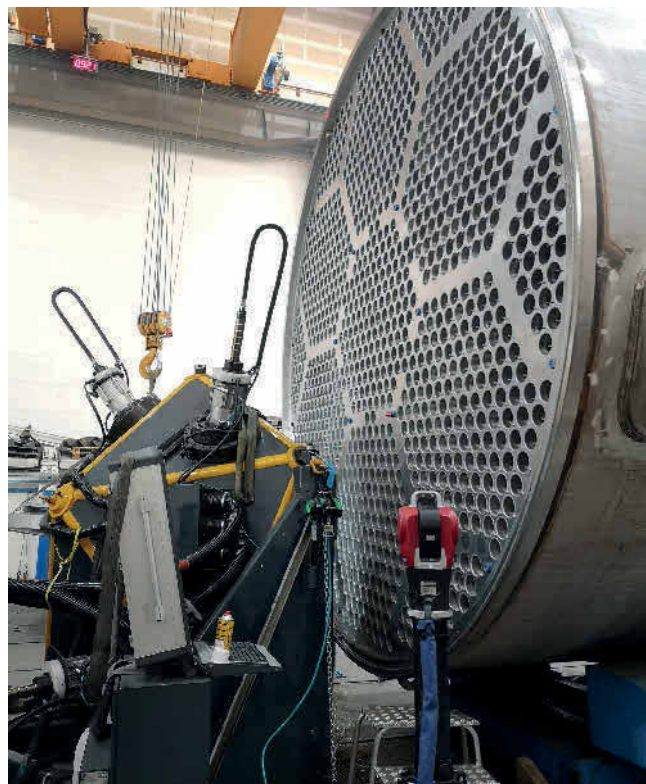


Bild 2. An einem Polymerisationsreaktor für die Herstellung von Kunststoff (Durchmesser: 5,5 m) sorgt die mobile Maschine umlaufend für die Vorbereitung einer Nut-Feder-Verbindung zur mechanischen Verklammerung von zwei Segmenten. Die Bearbeitung nahm vor Ort je Segment vier Tage in Anspruch. Hätte diese nicht im Kundenwerk durchgeführt werden können, wäre ein zeitaufwendiger, kostspieliger Transport mit Sondergenehmigungen erforderlich gewesen. Foto: Metrom

Drei neue Photopolymere

Evonik, Marl, setzt seine Materialoffensive im 3D-Druck konsequent fort. Das Spezialchemieunternehmen hat drei neue Photopolymere für industrielle 3D-Anwendungen auf dem Markt, **Bild**. Sie erweitern die zuvor eingeführte Produktlinie von Kunstharzen, die für den Einsatz in gängigen UV-härtenden 3D-Druckverfahren wie SLA oder DLP geeignet sind. „Infinam RG 2000 L“ ist ein Kunstharz für die anspruchsvolle Brillenindustrie. Die klare flüssige Formulierung härtet schnell aus, lässt sich leicht verarbeiten und hat einen niedrigen Vergilbungsindex. Es eignet sich auch für Anwendungen wie mikrofluidische Reaktoren oder transparente High-End-Prototypen zur Beobachtung des Innenlebens komplexer Baugruppen, für Linsen, Lichtleiter und Beleuchtungsabdeckungen. „RG 7100 L“ wurde speziell für DLP-Drucker entwickelt und erlaubt die Herstellung von Teilen mit isotropen Eigenschaften und geringer Feuchtigkeitsaufnahme. Die gedruckten Teile haben glatte und glänzende Oberflächen und können zum Beispiel in Automobilteilen eingesetzt werden, die eine hohe Duktilität bei guter Schlagzähigkeit erfordern. „TI 5400 L“ ist eine Antwort auf Kundenwünsche – insbesondere



Der strategische Fokus liegt auf neuen Hochleistungsmaterialien für alle wichtigen polymerbasierten 3D-Druck-Technologien. Foto: Evonik

aus der Region Asien – nach einem PVC-ähnlichen Kunstharz für den wachsenden Markt der Designerspielzeuge.

www.evonik.com



Trendthema für die Fertigungsindustrie: Der industrielle 3D-Druck gilt anwendungsbezogen bereits jetzt schon als nachhaltiger als herkömmliche (also abtragende) Verfahren. Foto: EOS

Trends in der additiven Fertigung im Jahr 2023 und darüber hinaus

AM: Ein Blick in die Zukunft

In Zeiten unterbrochener Lieferketten hat sich die flexible additive Fertigung zuletzt ganz besonders bewährt. *Markus Glasser*, Senior Vice President EMEA bei EOS, wirft einen Blick auf einige der Trends, die die Fertigungsindustrie bestimmen werden.

Die letzten drei Jahre waren für die Fertigungsindustrie auf der ganzen Welt herausfordernd. Und es sieht so aus, als würde sich dies auch im Jahr 2023 fortsetzen – mit Unsicherheiten im Hinblick auf Treibstoff- und Produktionskosten sowie den anhaltenden Krieg in der Ukraine. Gerade angesichts dieser Herausforderungen hat die additive Fertigung (Additive Manufacturing – AM) eine Schlüsselrolle dabei gespielt, den Herstellern bei der Überwindung von unterbrochenen Lieferketten zu helfen und gleichzeitig die Herstellung von Komponenten möglich zu machen, die robuster, leichter und funktionsintegrierter sind, **Bild**.

Wie sind die Prognosen?

Der Markt verzeichnet ein erhebliches Wachstum, das sich laut den Analysen von

Context, London/GB, fortsetzen dürfte. Im „Additive Manufacturing and 3D Printing Report“ für das erste Quartal 2022 wird prognostiziert, dass der Umsatz mit Materialien, Hardware und Dienstleistungen von 12 Milliarden US-Dollar im Jahr 2021 auf geschätzte 38 Milliarden US-Dollar im Jahr 2026 steigen wird. Das sind beeindruckende Zahlen. Aber der Markt entwickelt sich auch in anderer Hinsicht, da das Vertrauen in AM und die damit verbundenen digitalen Fertigungstechnologien wächst. Im Folgenden werden die Einschätzungen von EOS, Krailing, zu den Trends für 2023 und darüber hinaus skizziert.

Training und Weiterbildung

Die Welt der additiven Fertigung lässt sich nach wie vor weitgehend in zwei Gruppen einteilen: Fortgeschrittene Anwender, die in die Technologie investiert haben und zuverlässige, leistungsfähige

Systeme erwarten, sowie „experimentierfreudige“ neue Anwender. Letztere benötigen Unterstützung bei der Anwendung und wollen wissen, wie sie Herausforderungen mit ihrer bestehenden Fertigung überwinden können.

Die industrielle Akzeptanz von AM wird weiter zunehmen. Und damit werden sich die Geschäftsmöglichkeiten für große und kleine Hersteller beschleunigen. Die Vorteile des industriellen 3D-Drucks, die seit Jahren für kleinere Hersteller bestehen, werden sich nun in größerem Umfang in der Industrie durchsetzen. Schulungen und Weiterbildung werden dabei eine zentrale Rolle spielen. Wir rechnen mit einer weiter steigenden Nachfrage nach Online- und virtuellen Schulungen. Gleichzeitig erwarten wir mehr Besuchsanfragen für unsere eigene digitale Fertigung: Dort erleben Kunden, wie eine digitale Fertigungslinie in vollem Umfang funktionieren kann. Die Branche geht einerseits zu besseren Fernschulun-

gen über, jedoch sehen wir auch eine steigende Nachfrage nach Besuchen an unseren Standorten. Produzierende Unternehmen aller Größenordnungen sehen die additive Fertigung jetzt als integralen Bestandteil ihrer Fabriken und nicht nur als eine Möglichkeit, Prototypen herzustellen.

Anwendungsorientierung

Im Trend liegen anwendungsorientierte Fabrikkonzepte. Dies erfordert die Optimierung der additiven Systeme, der Peripherie und der Nachbearbeitung, um den Durchsatz zu maximieren und die Kosten zu minimieren. Durch die Optimierung einer AM-Produktionslinie kann sich ein Business Case von einem unrentablen hin zu einem rentablen Szenario verwandeln. Gute Chancen bestehen für Designinnovationen –für viele Hersteller ein entscheidender Schritt. Denn in der Regel werden Lösungen für eine spezielle Anwendung optimiert. Hersteller wie EOS unterstützen Kunden dabei, ihre zukünftigen Fabrikkonzepte so zu gestalten, dass sie die Erwartungen an konventionelle Fertigungslösungen übertreffen. Zuverlässiges und übertragbares AM Equipment für wiederholbare Bauteilqualitäten ist entscheidend, um die „Plug-and-Play“-Skalierbarkeit in zukünftigen Fabriken zu erzielen.

Digitale Prozessketten

Mithilfe von AM verbinden Hersteller die physische Lieferkette mit einer digitalen Prozesskette. Diese erlaubt es, Produkte vom Konzept bis zum Ende ihrer Lebensdauer effizienter zu verwalten. Mithilfe eines digitalen Fertigungssystems kann eine Produktion über mehrere Standorte verteilt werden, indem einfach eine Datei gesendet wird. Diese Dezentralisierung sorgt für eine kollaborativere, transparentere und effizientere Lieferkette. Im Falle einer Natur- oder vom Menschen verursachten Katastrophe kann der industrielle 3D-Druck viel schneller reagieren als die herkömmliche Fertigung, indem die Produktion einfach an einen anderen Standort verlagert wird, wo die Technologie vorhanden ist.

Werkstoff-Innovationen

In Zukunft wird es immer rascher zu Synergien zwischen Materialwissenschaft,

Fertigung und Technologie kommen. Dies wird Innovationspotentiale freisetzen, die bisher nicht denkbar waren. Während beträchtliche Investitionen in alle Bereiche rund um AM das Wachstum weiter vorantreiben, sollte die Bedeutung der Werkstoffe nicht unterschätzt werden.

Es werden zunehmend hybride Werkstoffe zur Verfügung stehen, die für spezielle Anforderungen und Anwendungen entwickelt werden, um den Herausforderungen der jeweiligen Branche gerecht zu werden. Durch die Anpassung von Prozessparametern können Materialeigenschaften wie Duktilität und Zugfestigkeit an verschiedenen Stellen des additiven Fertigungsprozesses verändert werden. Hybride Werkstoffe werden eine neue Generation von Anwendungen möglich machen, insbesondere in stark regulierten Branchen wie der Medizintechnik und der Luft- und Raumfahrt.

„Die industrielle Akzeptanz von Additive Manufacturing wird weiter zunehmen. Und damit werden sich auch die Geschäftsmöglichkeiten für große und kleine Hersteller rasch weiterentwickeln.“

Nachhaltigkeit

Ökologische Nachhaltigkeit ist seit einigen Jahren ein wichtiger Trend. Hersteller und Unternehmen bemühen sich, unternehmensseitige Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern: mit diversen Maßnahmen, um den Energieverbrauch zu senken, Abfall bei der Produktion zu verringern und nicht wiederverwertbare Materialien aus Produkten und Verpackungen Stück für Stück zu entfernen. Hinzu kommt, dass immer mehr Endkun-

den mittlerweile Nachweise für die Nachhaltigkeit der Produkte und Dienstleistungen einfordern, die sie einkaufen. Branchen wie erneuerbare Energien und Elektromobilität, aber auch Veränderungen im Lifestyle-Sektor zeigen, dass dieses Thema uns alle auch in Zukunft begleiten wird. Und die Hersteller erkennen dies.

In der additiven Fertigungsindustrie wird es 2023 weitere Innovationen geben, die diesen Trend unterstützen. Der industrielle 3D-Druck ist anwendungsbezogen bereits jetzt schon nachhaltiger als herkömmliche Verfahren. Gleichzeitig arbeiten EOS und andere Hersteller kontinuierlich daran, Systeme und Werkstoffe energieeffizienter und nachhaltiger zu machen und das Modell der Kreislaufwirtschaft im Zuge von verbesserter Recyclingfähigkeit und biologischer Abbaubarkeit zu unterstützen. Hersteller werden zudem die Daten, die ihre Systeme im Bauprozess generieren, intensiver nutzen, um die Effizienz ihrer Herstellungsprozesse für die Kunden zu belegen.

Ausblick

Der globale Fertigungssektor wird von den Ereignissen auf der „Weltbühne“ erheblich beeinflusst. Prognosen zur Entwicklung in 2023 sind daher nur schwer möglich. Aber: Jedes Mal, wenn die Branche bisher vor Herausforderungen stand, hat sich gezeigt, wie hartnäckig und innovativ sie sein kann, um „den Sturm zu überstehen“. In den letzten Jahren hat die AM-Branche bewiesen, dass sie Herstellern und Lieferketten ein enormes Maß an Flexibilität bietet. Gleichzeitig ist sie auf dem besten Weg, für bestimmte Anwendungen zur dominierenden Fertigungstechnik zu werden. ■

www.contextworld.com

www.eos.info



Markus Glasser
ist Senior Vice President EMEA beim industriellen 3D-Druck-Anbieter EOS (Electro Optical Systems) in Krailling. Foto: EOS

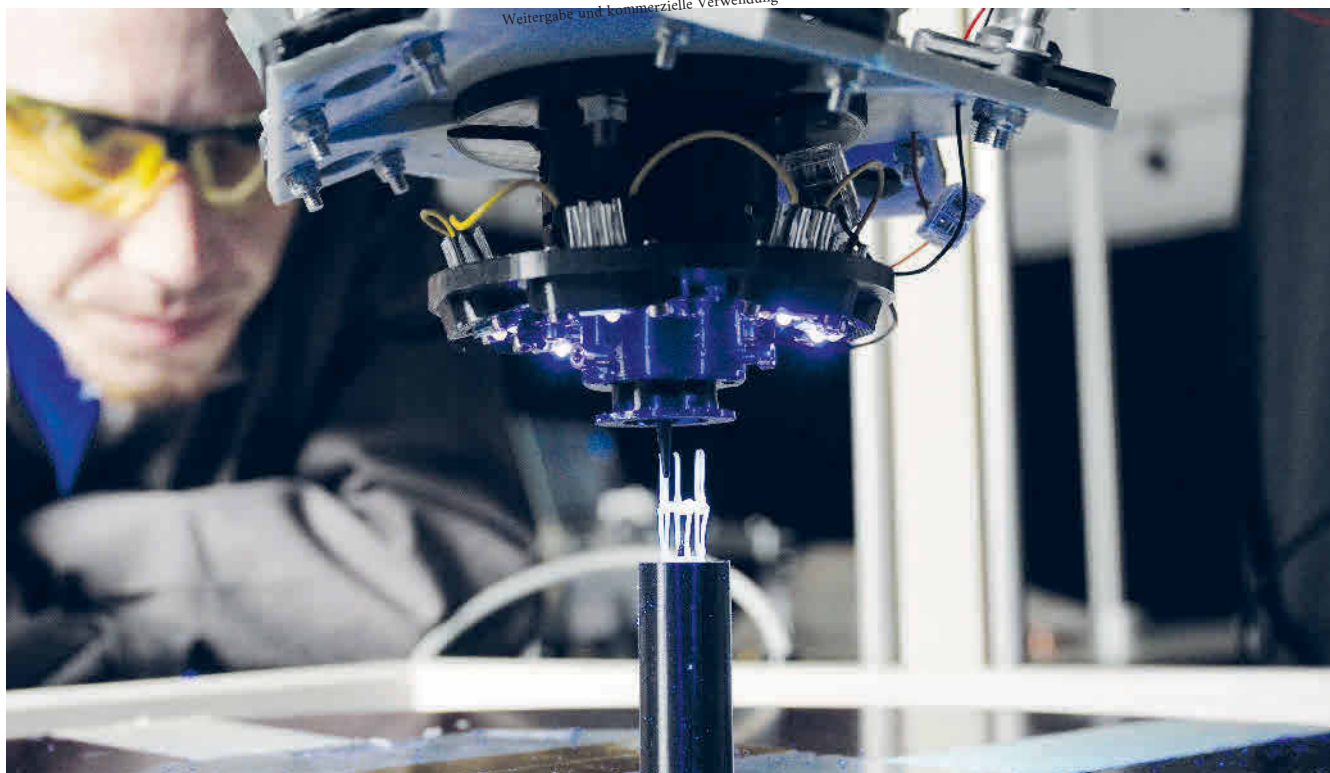


Bild 1. Doktorand *Michael Kringer* beobachtet einen 3D-Druck-Vorgang in der Erprobungsphase im Labor der Hochschule München. Foto: *Eduard Krasnov*

Bauteile unter Weltraumbedingungen fertigen

3D-Druck in Schwerelosigkeit

Missionen in den Weltraum boomen. In der Regel geht es darum, die dort dringend benötigten Komponenten zu transportieren. Doch ist es nicht sinnvoller, Teile vor Ort herzustellen? Mit dieser Frage hat sich die Hochschule München erfolgreich beschäftigt.

Komponenten für Satelliten und Raumfahrzeuge werden aktuell noch unter hohen Kosten – und häufig auch ineffektiv – von Trägerraketen ins All transportiert. Ein Forschungsteam der Hochschule München (HM) hat eine (nach eigenen Angaben) Weltpremiere verwirklicht: Mit einem 3D-Drucker wurde in einer Forschungsrakete eine Struktur im offenen Weltraum „gedruckt“. Die Ergebnisse sind vielversprechend, **Bild 1**.

Automatisierte Fertigung

Die Additive Fertigung (umgangssprachlich: 3D-Druck) bietet inzwischen eine willkommene Alternative zum bishe-

rigen Transportverfahren. Um die ausgewählte Methode zuverlässig zu testen, hat die Gruppe von Wissenschaftlern und ehemaligen Studierenden der HM in einer realen Rakete Experimente zur Fertigung von Strukturen im Weltraum durchgeführt. Die gedruckten Proben wurden an das „Esrange Space Center“, nördlich des Polarkreises in Schweden, zurückgeführt und ausgewertet, **Bild 2**.

Die Versuche an Bord der 5,60 m langen und 35,5 cm breiten Forschungsrakete fanden in einer Höhe von bis zu 90 km statt. Das Ziel lautete, aus einem mitgeführten, flüssigen photoreaktiven Harz unter Bedingungen der Schwerelosigkeit und in einem Vakuum mit einem 3D-Drucker Stäbe zu fertigen.

Das studentische Team um Prof. Dr. *Markus Pietras*, Leiter des Masterstudiengangs Luft- und Raumfahrttechnik, und Doktorand *Michael Kringer* waren sehr zufrieden mit den Ergebnissen: „Keiner wusste, ob unser Konzept vom autonomen 3D-Druck mit flüssigem Druckmaterial unter realen Weltraumbedingungen funktionieren würde. Jeder kennt die Bilder von Flüssigkeiten, die durch die Raumstation als kugelförmige Tropfen schweben. Wir hatten schon Bedenken, dass so etwas auch mit unserem Material passieren könnte. Durch eine Härtung des Druckmaterials mit UV-Licht direkt an der Düse hat es sich während des Druckes jedoch so verhalten wie erhofft und wir konnten damit erfolgreich Stäbe produzieren.“

Neue Perspektiven für die Raumfahrt

Die an der HM entwickelte Technologie erzeugt unmittelbar durch die dreidimensionale Bewegung des Druckkopfes neue Komponenten. Das photoreaktive Harz wird aus dem Druckkopf durch eine Düse gedrückt und unter Bestrahlung mit UV (ultraviolett)-Licht gehärtet. Die Methode ist sehr energieeffizient, da nur LEDs (aus dem englischen: light-emitting diode) betrieben werden. Eine Nachhärtung ist sogar unter Einwirkung von Sonnenlicht möglich. Auch entsteht dabei nur wenig Abwärme. Dies ist ein sehr positiver Aspekt, da diese ansonsten im Welt- raum kompliziert abgeführt werden muss.

Der herkömmliche 3D-Druck, wie er zum Beispiel bisher auf der Internationalen Raumstation durchgeführt wird, benötigt erheblich mehr Energie: Denn beim hierfür genutzten Verfahren wird thermoplastischer Kunststoff verwendet. Dieser wird zuerst geschmolzen, um dann schichtweise aufgetragen und wieder abgekühlt zu werden.

Die zukünftige Anwendung liegt in der Erzeugung großer Strukturen direkt vor Ort, damit der aufwendige Transport von Teilen entfällt. *Kringer* erläutert die Vorteile: „Auf Trägerraketen ist der Platz begrenzt. Wichtige Komponenten wie Antennen oder Solargeneratoren müssen daher für den Start sehr kompakt gestaltet und dann im Orbit entfaltet werden. Mit Hilfe der Additiven Fertigung könnten wir die Strukturen vor Ort so bauen, wie wir sie wirklich haben wollen.“

Vom Labormaßstab bis zum „In-Space-Manufacturing“

Die Fertigung von Strukturen im Weltraum beschäftigt schon allein aus Kostengründen alle Weltraumorganisationen. Nach erfolgreichen Tests mit dem 3D-Druck von komplexen Strukturen und Formen im Labor der HM war der nächste logische Schritt eine Erprobung unter Bedingungen der Schwerelosigkeit.

Das Team bewarb sich dazu 2020 erfolgreich beim „FlyYourThesis!“-Programm der Europäischen Weltraumagen-



Bild 2. Das Wissenschaftlerteam mit der Höhenforschungsrakete vor dem Start in Schweden: Das Ziel des Projekts lautet, ineffiziente und umweltschädliche Transporte ins Weltall mit Trägerraketen künftig zu reduzieren. Foto: Hochschule München

„Nach dem erfolgreichen ersten Test ist ein längerer Einsatz des Druckers auf einem Satelliten in der Erdumlaufbahn geplant.“

tur (ESA). Bei Parabelflügen in einem umgebauten Airbus erproben sie ihr Verfahren weiter. Mit den Tests in einer Höhenforschungsrakete haben die Forscher nun den Beweis geführt, dass die Technologie auch im Weltraum einsatzfähig ist. Gemeinsam mit der ESA und Industriepartnern wird die Technologie weiter erforscht. Dabei steht bereits der nächste Schritt im Fokus: Geplant ist ein längerer Einsatz des Druckers auf einem Satelliten in der Erdumlaufbahn. *Pietras* ist optimis-

tisch: „Abgesehen von den wirtschaftlichen Aspekten wird die Technologie auch die Möglichkeiten zur Erforschung des Weltraums erweitern. Weltraumgestützte Solarenergie oder eine bemannte Marsmission kann ich mir zum Beispiel ohne eine Fertigung vor Ort nicht vorstellen.“

Die Hochschule München ist mit über 500 Professor:innen, 820 Lehrbeauftragten und über 18.500 Studierenden eine der größten Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Deutschland. In den Bereichen Technik, Wirtschaft, Soziales und Design bietet sie rund 100 Bachelor- und Masterstudiengänge an. Am Wirtschaftsstandort München arbeitet sie zudem eng mit Unternehmen und Institutionen zusammen und engagiert sich in praxisnaher Lehre und anwendungsorientierter Forschung. Die HM belegt im „Gründungsradar“ des Stifterverbands deutschlandweit erneut den ersten Platz unter den großen Hochschulen und Universitäten. Auch in Rankings von Arbeitgeber:innen zählt sie zu den gefragtesten Hochschulen in ganz Deutschland. ■

hm.edu



Beim Nassstrahlen wird ein Wasser/Strahlmittelgemisch zu einer Strahlpistole gepumpt, durch Druckluft beschleunigt und auf die Werkstücke geschleudert. Die Aufprallenergie erzeugt den gewünschten Effekt – sei es eine Reinigung, Oberflächenglättung oder Vorbereitung für das Beschichten. Foto: Rösler

Additiv gefertigte Komponenten dank Nachbearbeitung optimieren

Nassstrahlen für AM-Bauteile

Die additive Fertigung erobert sich immer mehr Anwendungsgebiete. Sie stellt Betriebe aber auch vor neue Herausforderungen, insbesondere im Bereich der Nachbearbeitung. Ein etabliertes Verfahren bietet jetzt noch unerschlossene Chancen.

TEXT: David Soldan

Additive Manufacturing (AM) eröffnet bezüglich der raschen Fertigung von komplexen Komponenten ungeahnte Möglichkeiten. Der Nachteil bisher: Die damit hergestellten Bauteile haben Defizite in Bezug auf die Oberflächenqualität und teilweise auch bei den inneren Strukturen. Zumindest im Bereich der Nachbearbeitung wird jetzt eine innovative Lösung in den Fokus gerückt: Ein bislang noch wenig betrachtetes Verfahren ist hierfür die Nassstrahltechnik. Das an sich eher „konventionelle“ Verfahren bietet zahlreiche Vorteile.

Immer mehr Einsatzmöglichkeiten

Die additive Fertigung, eine Bezeichnung für den industriellen 3D-Druck, hat in den letzten Jahren die Welt der konventionellen Herstellungsmethoden kräftig „durcheinander gewirbelt“. Sie hat sich inzwischen als industrielle Fertigungstechnologie im Markt etabliert. Verbesserte Druckverfahren beschleunigen den Druckprozess erheblich, steigern die Maßhaltigkeit der Produkte und sorgen für reproduzierbare Ergebnisse. Dies verbessert die Produktivität und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

AM erlaubt die Erzeugung von geometrisch komplizierten und leichtgewichtigen Komponenten mit einer hohen Materialausbeute. Prominente Anwenderbranchen sind die Automobil- und Luftfahrtindustrie, die Medizintechnik und inzwischen auch die Werkzeugindustrie – sowohl im Segment Werkzeugbau als auch für Zerspanwerkzeuge. Mit der Technologie lassen sich auch rasch Ersatzteile produzieren, was mit konventionellen Herstellungsmethoden nicht möglich oder sehr teuer wäre. Dadurch können Maschinen oder auch Automobile problemlos repariert werden, ohne sie ersetzen zu müssen. Fertigungen lassen sich

dezentralisieren und somit Lieferkettenprobleme mildern.

Oberflächenoptimierung hat Schlüsselrolle

Jedoch gibt es auch noch einige Probleme zu überwinden – zum Beispiel bei der Oberflächenbearbeitung der Rohkomponenten, die aus dem Drucker oder von der Bauplatte kommen. Mittels 3D-Druck hergestellte Kunststoff- oder Metallkomponenten erfordern eine Nachbearbeitung, mit der unter anderem Restpulver und/oder Stützkonstruktionen entfernt werden. Das Hauptproblem ist jedoch die Oberflächenverbesserung. Durch den druckbedingten „Staircasing“-Effekt verfügen die rohen AM-Teile über eine Stufenstruktur. Weiterhin haben sie auch eine sehr raue Oberfläche. Dies beeinträchtigt sowohl den optischen Eindruck, als auch die Funktionalität. Die Oberfläche der Teile muss in entsprechenden Nachbearbeitungsprozessen „verfeinert“ werden, **Bild 1**.

„Das Nassstrahlen ist eine saubere, zuverlässige, reproduzierbare und präzise Technologie, die im Vergleich zu anderen Methoden erheblich bessere Oberflächen erzeugt.“

Da der Anteil der Nachbearbeitungskosten an den Gesamtkosten für das fertige Produkt sehr hoch ist, wird intensiv daran gearbeitet, wirtschaftliche, reproduzierbare und automatisierte Nachbearbeitungssysteme zu entwickeln. Viele Firmen arbeiten an speziellen Lösungen, zum Teil mit eindrucksvollen Ergebnissen. Meist sind die Lösungen jedoch begrenzt auf einzelne Materialien oder Geometrien; und generell sind sie teuer und kompliziert.



Bild 1. Nussstrahlen erzeugt glatte und präzise Oberflächen bei guter Reproduzierbarkeit. Die Technik ist dabei nicht nur flexibel einsetzbar, sondern auch besonders wirtschaftlich. Foto: Rösler

Aus diesem Grund werden zumeist bestehende Oberflächenbearbeitungsverfahren weiterentwickelt und an die Anforderungen der Nachbearbeitung von 3D-gedruckten Metall- und Kunststoffkomponenten angepasst. Eine Reihe von Technologien, beispielsweise Gleitschleifen, Strahlen, „Shot Peening“ sowie chemische Glättungssysteme, werden schon mit Erfolg eingesetzt.

Vorgestellt wird in diesem Beitrag eine Methode zur Oberflächenverfeinerung von AM Komponenten, die bisher oft vernachlässigt wurde – das Nussstrahlen. Dabei handelt es sich um eine saubere, zuverlässige, reproduzierbare und präzise Technologie, die im Vergleich zu anderen Methoden erheblich bessere Oberflächen erzeugt. Dies ist insbesondere der Fall bei Komponenten, die mit den Verfahren „Direct Metal Laser Sintering“ (DMLS) und „Selective Laser Sintering“ (SLS) hergestellt werden.

Wie funktioniert das Nussstrahlverfahren?

Bei dieser Strahlmethode wird ein Gemisch aus Wasser und Strahlmittel beschleunigt und auf die Werkstückoberfläche geschleudert. Das Nussstrahlen eignet sich besonders für die Bearbeitung von empfindlichen Präzisionsteilen. Das Verfahren arbeitet absolut staubfrei. Weiterhin erlaubt es die Verwendung von sehr feinen Strahlmitteln. Ein großer Vor-

teil ist, dass das Gemisch die Aufprallenergie dämpft. Strahlmitteleinschlüsse in der Werkstückoberfläche werden komplett verhindert. Am wichtigsten ist jedoch, dass das Nussstrahlen auf AM Komponenten ein bestmögliches Oberflächenfinish erzeugt.

Das Strahlgemisch enthält im Schnitt etwa 10 bis 40 Vol-% an Strahlmittel. Dieses Gemisch wird zur Strahlpistole gepumpt, wo es durch Druckluft beschleunigt und auf die Werkstücke geschleudert wird. Die Aufprallenergie des Gemisches erzeugt den gewünschten Effekt – sei es eine Reinigung, Oberflächen-glättung, die Vorbereitung für das Beschichten, oder das Erzeugen einer matten Oberfläche.

Das Nussstrahlen entfernt Restpulver sowie die Stützkonstruktionen von verschiedenen Kunststoffkomponenten und verfeinert gleichzeitig deren Oberfläche. Mit unterschiedlichen Strahlmitteln wird ein dekoratives oder funktionelles Oberflächenfinish erzielt. Nussstrahlmaschinen können problemlos in automatisierte Fertigungslinien integriert oder auch als Insellösungen eingesetzt werden, **Bild 2**.

Vorteile beim Einsatz „nasser“ Strahlen

Nussstrahlen erzeugt nicht nur hochwertige Oberflächen, sondern bietet auch eine schonende Bearbeitung. Der Prozess ist absolut staubfrei und verursacht keine



Bild 2. Ob Einzelteil- oder Chargenbearbeitung von Werkstücken aus Metall und Kunststoff: Die Allroundmaschine „S1 Wet“ passt sich mit zahlreichen Ausstattungsvarianten an. Foto: Rösler

elektrostatischen Probleme. Somit müssen keine „Atex“-Vorschriften hinsichtlich brennbarer oder explosiver Stäube eingehalten werden. Im Gegensatz zum Trockenstrahlen entstehen auch keine Strahlmitteleinschlüsse, welche die Oberflächenqualität beeinträchtigen.

Trockenstrahlen erzeugt eine beträchtliche Menge an Wärme, die in Verbindung mit der hohen Aufprallenergie insbesondere empfindliche Werkstücke verformen kann. Im Gegensatz dazu ist das Nassstrahlen erheblich kühler und schonender – und deshalb ideal für die Nachbearbeitung von empfindlichen, dünnwandigen Komponenten. Im Hinblick auf die Entfernung des Restpulvers von AM-Komponenten entfernt das Nassstrahlen alle an der Oberfläche anhaftenden Fremdstoffe, sogar aus schwer zugänglichen Bereichen wie internen Kanälen (zum Beispiel bei Bohrern oder Werkzeughaltern) und Hinterschneidungen.

Allgemein erzeugt das Nassstrahlen glattere Oberflächen mit einem hohen Grad an Präzision und Reproduzierbarkeit. Das erzeugte Finish ist sehr homogen und sorgt für eine Oberflächenrauigkeit von weit unter 100 µm (Ra). Im Hinblick auf dekorative Oberflächen erzeugt das Nassstrahlen ein glattes, mattedes Finish. Durch die Vermeidung von Verformungen werden enge Maßtoleranzen erreicht.

Ein wichtiger Vorteil des Nassstrahlens ist außerdem seine Vielseitigkeit. Durch unterschiedliche Strahlmittelkonzentrationen im Gemisch und die einstellbare Strahlintensität kann eine breite Palette an verschiedenen Materialien und Werk-

stück-Geometrien bearbeitet werden, ohne dass die Form oder Funktionalität der Bauelemente gefährdet wird. Die Strahlmittelkonzentration im Gemisch beträgt bis zu 40 Vol-%. Die Ermittlung der optimalen Konzentration macht Musterbearbeitungen erforderlich.

Qualifizierter Anbieter

Nassstrahlmaschinen sollten in der Regel von Lieferanten mit ausreichendem Know-how bezogen werden – eine Möglichkeit dazu bietet AM Solutions – 3D post processing technology. Das Unternehmen bietet eine professionelle Beratung hinsichtlich des am besten geeigneten Nassstrahlverfahrens und garantiert präzise sowie reproduzierbare Bearbeitungsergebnisse. Seit über 80 Jahren ist der Mutterkonzern – Rösler Oberflächen-technik aus Untermerzbach – als inhabergeführtes Unternehmen im Bereich der Oberflächenbearbeitung tätig. Der internationale Marktführer bietet ein umfassendes Portfolio an Anlagen, Verfahrensmitteln und Dienstleistungen rund um die Gleitschliff- und Strahltechnik für unterschiedlichste Branchen. Dazu gehört auch eine Auswahl an etwa 15 000 Verfahrensmitteln. Unter der Marke AM Solutions sind die Lösungen und Dienstleistungen speziell für das Thema 3D-Druck/Additive Fertigung gebündelt.

Besonderheiten beim Nassstrahlen von AM-Teilen

Das Nassstrahlen ist eine bestens geeignete Technologie für unterschied-

liche Nachbearbeitungsaufgaben. Es reinigt 3D-gedruckte Komponenten durch die Entfernung von Restpulver und reduziert die Oberflächenrauigkeit der Rohteile erheblich, beispielsweise von Ra = 25 µm auf 1 bis 1,5 µm. Durch die Homogenisierung der Werkstückoberfläche mittels Nassstrahlen werden nachfolgende Gleitschliffprozesse vereinfacht.

Im Falle von metallischen AM Teilen werden gesinterte Pulverpartikel, auch in schwer erreichbaren Ecken, komplett entfernt. Mit dieser Technologie wird das Problem einer potentiellen Entzündung oder Explosion des Restpulvers nachhaltig verhindert. Die Oberflächen sowohl von metallischen als auch nicht-metallischen Werkstücken lassen sich bearbeiten – sei es reinigen, Restpulverentfernung oder Oberflächenglättung. Mit unterschiedlichen Strahlmitteln und Strahlintensitäten kann praktisch jedes Oberflächenfinish erzielt werden. Das erzielte Strukturfinish garantiert auch eine optimale Haftung diverser eingesetzter Beschichtungsmaterialien.

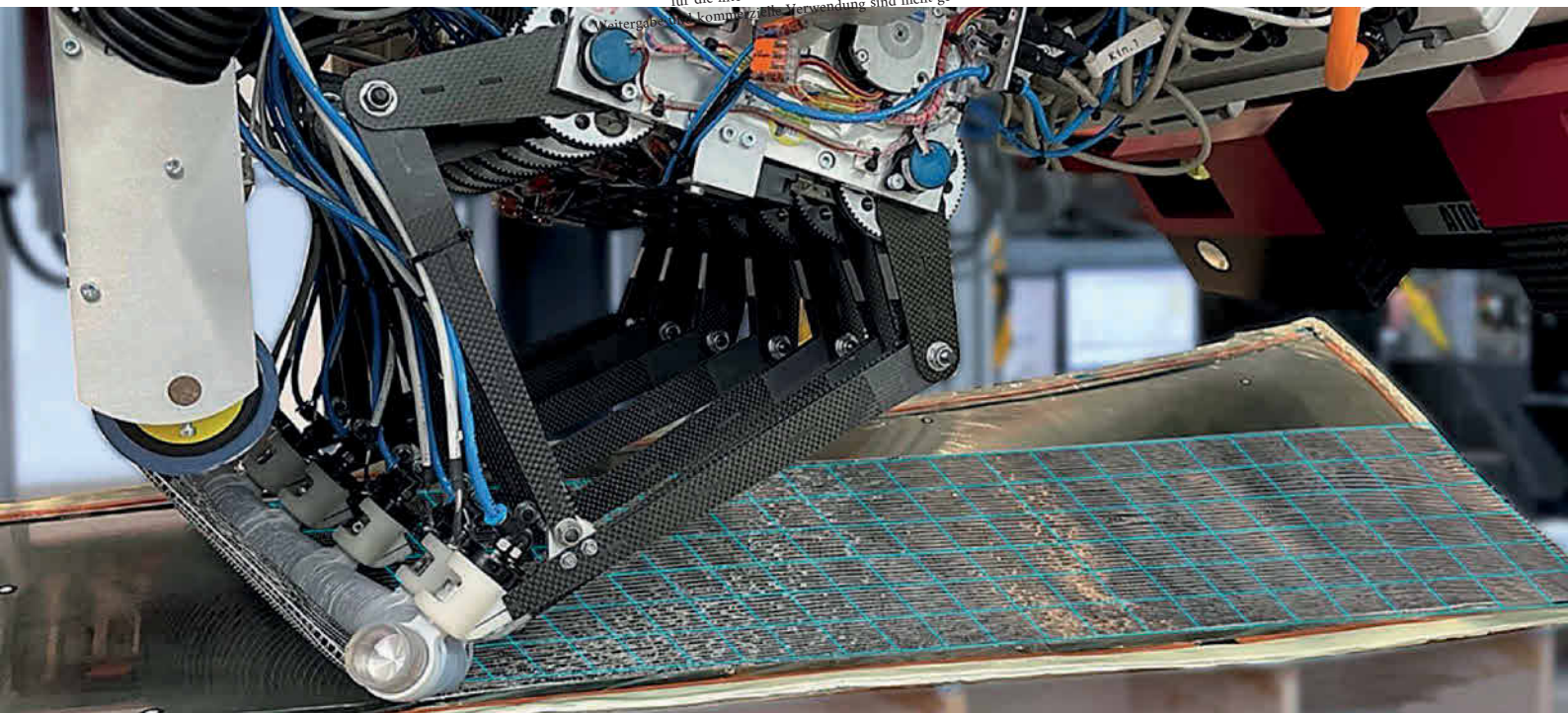
Fazit: es geht auch preisgünstig

Einige Firmen investieren viel Geld, um maßgeschneiderte Lösungen für die Nachbearbeitung von 3D-gedruckten Komponenten zu entwickeln. Aber die Industrie erkennt immer mehr, dass eine Reihe an traditionellen Methoden zur Oberflächenbearbeitung relativ einfach an die Post-Processing-Anforderungen für AM-Komponenten angepasst werden können. Das Nassstrahlen ist eine hervorragende Technologie, um ein hochwertiges, reproduzierbares Oberflächenfinish auf komplexen Werkstücken innerhalb enger Maßtoleranzen zu erzielen. Die Technik ist dabei nicht nur äußerst flexibel einsetzbar, sondern auch sehr wirtschaftlich. ■

www.solutions-for-am.com



David Soldan ist Head of AM Solutions – 3D post processing technology, einer Tochtergesellschaft von Rösler Oberflächentechnik. Foto: Rösler



Die automatisierte Preform-Fertigung durch eine additive Drapierung textiler Halbzeuge stellt wirtschaftliche und qualitätsspezifische Fertigungs-optimierungen für faserverstärkte Kunststoffverbund-Bauteile in Aussicht. Foto: IFW

Wirtschaftlicher Leichtbau mit faserverstärkten Kunststoffverbund-Bauteilen

Automatisierte Preform-Fertigung

Bezogen auf ihre Dichte, verfügen Faserverbundwerkstoffe über hervorragende mechanische Eigenschaften. Um die Anwendung wettbewerbsfähig und wirtschaftlich zu gestalten, bedarf es effizienter und automatisierter Fertigungstechnologien. Dann können die Vorteile auch in kostensensitiven Branchen genutzt werden.

TEXT: Marco Bogenschütz, Hendrik Möllers, Jan-Lukas Stüven, Carsten Schmidt

Die Herstellung großflächiger Bauteile aus FVK (faserverstärktem Kunststoff) mit hohem Längen-Breiten-Verhältnis – wie Rotorblätter für Gezeiten- und Windkraftwerke – ist durch einen großen Anteil manueller Arbeit geprägt. Standardmäßig wird zunächst lagenweise ein end-

konturnaher Preform, auch Vorformling genannt, aus Textilschnitten aufgebaut. Die Einzellagen werden dabei von einem Binder zusammengehalten und fixiert. Im Anschluss wird der fertige Preform mit Matrixharz infundiert. Ein prominentes Verfahren hierfür ist die Vakuuminfusion.

Eine automatisierte Preform-Fertigung bietet Potential für eine schnellere und günstigere Blattfertigung. Wichtig für eine erfolgreiche Automatisierung sind eine sichere Textilhandhabung sowie eine faltenfreie Drapierung der Textilien im Werkzeug [1]. Im Projekt „AutoBlade“ der Forschungskoooperation HP CFK – bestehend aus dem Institut für Flugzeugbau und Leichtbau der Technischen Universität Braunschweig, dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität

Die Autoren danken dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) für die Unterstützung des interdisziplinären Forschungsprojekts „AutoBlade“. Außerdem danken die Autoren den Projektpartnern M&D Composites Technology GmbH und Schottel Hydro GmbH für die bereitgestellten Materialien und Informationen zur Rotorblattfertigung.



Bild 1. Spannender Anwendungsfall: Gezeitenkraftwerk mit einem Rotorblatt aus CFK (kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff).
Foto: Sustainable Marine Energy Ltd.

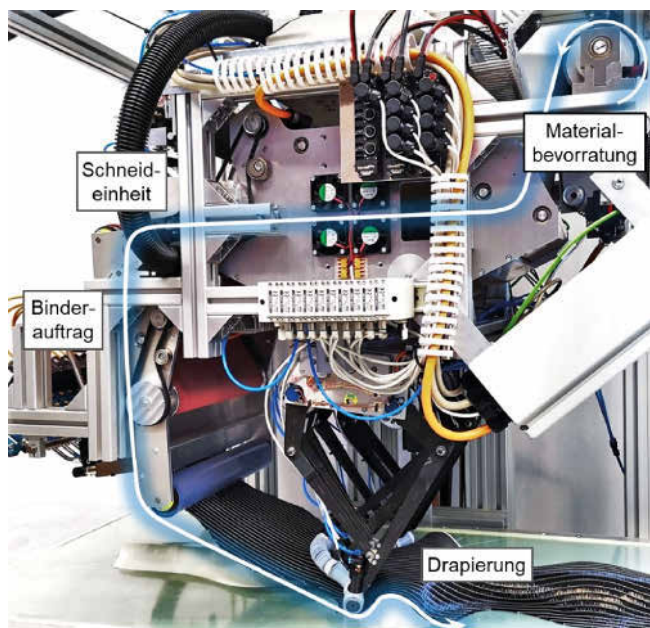


Bild 2. Automatisierter Legekopf für das „Continuous Wet Draping“: Die komplexe Vorrichtung setzt sich aus einer Materialbevorratung, der Schneideinheit, dem Sprüh- und Drapiermodul zusammen.
Grafik: IFW

Hannover sowie dem Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik der Technischen Universität Clausthal – wird am Forschungszentrum CFK Nord in Stade an der Automatisierung der Preform-Fertigung am Beispiel eines Rotorblatts geforscht, **Bild 1**.

Basierend auf einer Weiterentwicklung des eigenentwickelten „Continuous-Wet-Draping-Prozesses“ können Faserlagen über eine neuartige Drapierkinematik auf komplex gekrümmten Werkzeugoberflächen hinreichend genau abgelegt werden [2].

Die Fertigungstechnologie

Der lagenweise Aufbau wird beim dargestellten Prozess mit trockenen textilen Halbzeugen durchgeführt, die durch einen automatisierten Legekopf, **Bild 2**, bebindert und auf ein Werkzeug zu einem Preform drapiert werden. Der fertige Preform wird dann mittels nachgelagerter Vakuuminfusion mit einem Epoxidharz infundiert. Bei der Drapierung auf eine komplex gekrümmte Werkzeugoberfläche kommt es zwangsläufig zu einer Verscherung des zu drapierenden Materials. Wird dabei ein materialspezifischer Verscherwinkel überschritten, der sogenannte Sperrwinkel, kommt es zur Faltenbildung bei der Textilablage.

Über eine vorgelagerte Drapiersimulation kann die Herstellbarkeit beliebig komplexer Strukturen geprüft und deren kritische Bereiche identifiziert werden. Sobald die Herstellbarkeit über die Simulation abgesichert wurde, werden die Steuerdaten für den lagenweisen Preformaufbau berechnet. Das zu drapierende Material wird über die Materialförderung zugeführt und über ein integriertes Schneidmodul auf die benötigte Kontur zugeschnitten. Alternativ können die Lagen auch vor-konfektioniert und dem System über ein Trägermaterial zugeführt werden.

Um die Formhaltigkeit der Einzellagen – und damit des Preforms – zu gewährleisten, werden die Lagen über ein Sprühmodul mit einem Binder auf Epoxidbasis benetzt [3]. Anschließend werden sie über eine Drapiereinheit auf die Werkzeugoberfläche drapiert. Dazu wird die Werkzeugoberfläche über pneumatisch angesteuerte Kontinuumsaktoren nachgebildet und kontinuierlich abgefahren. Lage für Lage wird so additiv ein Faserpreform aufgebaut. Sowohl für Einzellagen als auch für den gesamten Faserpreform wurde eine Überwachungs- und Qualitätsbewertungsmethode implementiert. Im Anschluss an die Preform-Fertigung werden die Fasern über eine Vakuuminfusion mit Epoxidharz infundiert und das Bauteil ausgehärtet, **Bild 3**.

Prozessüberwachung und Qualitätsbewertung

Beim hier vorgestellten, additiven Prozess bietet sich zum Zweck der Qualitätssicherung ein zweistufiges Verfahren – bestehend aus einer prozessbegleitenden, lagenweisen Überwachung und einer abschließenden Qualitätsbewertung – besonders an. Bestandteile der lagenweisen Überwachung können dabei je nach Anwendungsgebiet beispielsweise die Erfassung der lokalen Faserorientierung, Verscherwinkel und Geometrie [4] sowie die Detektion von Falten, Unebenheiten und Fremdkörpern sein, **Bild 4**.

Auf diese Weise können sichtbare Defekte bereits auf Lagen-niveau adressiert und nicht unmittelbar erkennbare Defekte durch parallel laufende oder nachgeschaltete Simulationen identifiziert werden. So lassen sich beispielsweise die mechanischen Eigenschaften mittels eines Finite-Elemente (FE)-Modells bestimmen und bewerten. Dieses kann auf Basis der realen Faserwinkelabweichungen und der Geometrie online generiert werden. Eine grobe Abschätzung der tolerierbaren Faserwinkelabweichungen auf Lagen-niveau kann dabei bereits mittels Gestaltungsrichtlinien vorgenommen werden [5].

Obwohl das zweistufige Verfahren noch nicht wie beschrieben umgesetzt wurde, konnte die Machbarkeit der einzelnen Elemente bereits nachgewiesen werden.

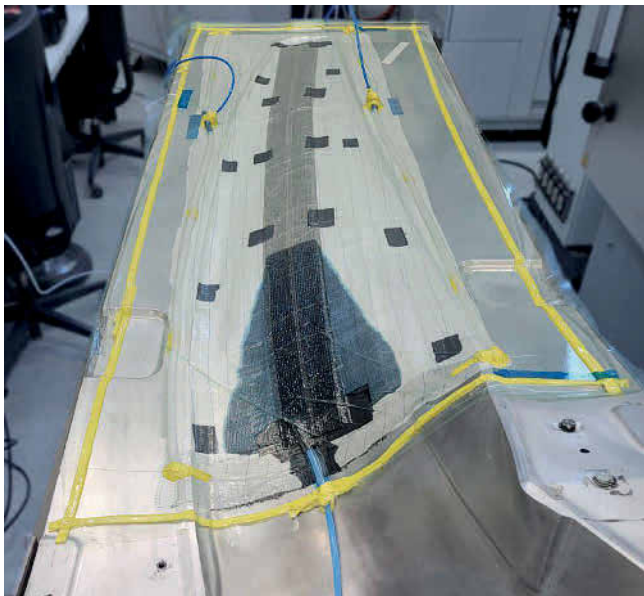


Bild 3. Rotorblatt-Preform während der Vakuuminfusion, anschließend folgt die Aushärtung des Bauteils. Foto: IFW

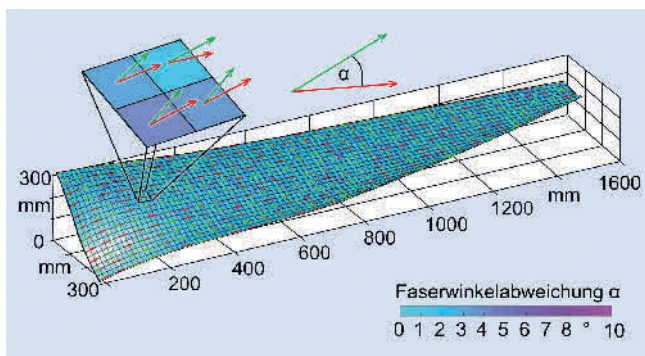


Bild 4. Vergleich der Richtungsvektoren von simulierten (grün) und gemessenen (rot) Faserverläufen. Der eingeschlossene Winkel α beschreibt die Faserwinkelabweichung. Grafik: IFW

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine neue Technologie zur automatisierten Fertigung von faserverstärkten Kunststoffverbund-Bauteilen mit hohem Aspektverhältnis vorgestellt. Mit der neuartigen, pneumatisch gesteuerten Drapierkinematik können erstmals auch komplex gekrümmte Werkzeugoberflächen hinreichend genau abge-

bildet werden. Die neue Technologie wird unterstützt durch eine auf den Prozess zugeschnittene Prozessüberwachung, die auftretende Drapierfehler erkennen und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften des Bauteils berechnen kann.

Zukünftig soll die Prozessüberwachung in den Fertigungsprozess integriert und deren Funktionalität überprüft werden. Im DFG-Projekt „OptiDrap“ ist darüber hinaus eine genauere Erforschung des Verhaltens der Drapierkinematik bei der Fertigung komplexer Geometrien geplant. ■

Literatur

- [1] Ohlendorf, J.-H.; Richrath, M.; u.a.: Towards automation of wind energy rotor blade production: a review of challenges and application examples. *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science* 6 (2020), Nr. 4, S. 173–190.
- [2] Denkena, B.; Schmidt, C.; u.a.: Development of a Shape Replicating Draping Unit for Continuous Layup of Unidirectional Non-Crimp Fabrics on Complex Surface Geometries. *Journal of Composites Science* 5 (2021), Nr. 4, S. 93–106.
- [3] Möllers, H.; Schmidt, C.; Meiners, D.: Spray binder for automated preforming: Spray process and preform properties. *Polymer Composites* 44 (2022), Nr. 1, S. 432–443.
- [4] Denkena, B.; Schmidt, C.; Bogenschütz, M.; Werner, S.: Determination and impact of fibre angle deviations in automated processing of carbon fiber non-crimp fabrics. *5th Int. Symp. on Automated Composites Manufacturing*, Bristol/GB, 2022.
- [5] Stüven, J.-L.; Heimbs, S.; Schmidt, C.: Effects of fibre misalignment on the stability of double-curved composites. *16th CIRP Conf. on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 2022. *Procedia CIRP*. Elsevier (in print).

Marco Bogenschütz, M. Sc., Jahrgang 1995, studierte Maschinenbau an der Hochschule Esslingen und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover am CFK Nord in Stade.

Hendrik Möllers, M. Sc., Jahrgang 1995, studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik der TU Clausthal am CFK Nord in Stade.

Jan-Lukas Stüven, M. Sc., Jahrgang 1996, studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Bremen und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Flugzeugbau und Leichtbau (IFL) der TU Braunschweig am CFK Nord in Stade.

Dr.-Ing. **Carsten Schmidt**, Jahrgang 1975, leitet den kooperativen Forschungsstandort der Universitäten Hannover, Braunschweig und Clausthal am CFK Nord in Stade.

Übernahme im AM-Bereich

Die B.I.G. Holding, Berlin, ist ab sofort alleinige Eigentümerin von Gefertec. In gemeinsamer Entscheidung mit den bisherigen Gründer-Mitgesellschaftern *Tobias Röhrich* und *Georg Fischer* hat die Gruppe deren Anteile übernommen. „Der Betrieb verfügt damit über den nötigen Handlungsspielraum, um seine Position auf dem wachsenden Markt des 3D-Metalldrucks weiter auszubauen und zu festigen“, so *Igor Haschke*, Geschäftsführer von Gefertec und Inhaber von B.I.G. Besonders in den USA steige die Nachfrage nach den Maschinen. Geboten werden komplette Fertigungssysteme für den

Metall-3D-Druck im „Wire-Arc-Additive-Manufacturing“ (WAAM)-Verfahren. Hierfür wird das traditionelle Metallschutzgasschweißen mit spezieller Prozessexpertise für den additiven Aufbau von Bauteilen, einem robusten Maschinensystem, einer integrativen CAM-Software und einer prozessbezogenen Qualitätssicherung kombiniert. Der robuste Prozess, die hohen Aufbauraten und die einfache Handhabung von Draht als Ausgangsstoff machen das Verfahren interessant für die Fertigung mittelgroßer bis großer Bauteile. www.gefertec.de



Die aus dem „Primobius“-Recyclingprozess herausgelösten Wertstoffe: Die Vermeidung von CO₂-Emissionen über alle Prozessstufen hinweg wirkt sich positiv auf die Klimabilanz im Produktlebenszyklus eines Batteriemoduls aus – sowie des E-Fahrzeugs, in dem es eingesetzt wird. Foto: SMS

Elektrifizierung der Welt: Nachhaltigkeit wird zum Wachstumstreiber

Top-Thema Batterie-Recycling

Die Elektrifizierung schreitet in atemberaubendem Tempo voran. Der Anteil an Elektromobilen auf den Straßen steigt immer rascher. Der Bedarf an Speicherlösungen erhöht sich ebenso rasant, wie die Nachfrage nach Rohstoffen für deren Produktion.

Bis 2030 sind in Europa neue Produktionsstätten für Lithium-Ionen-Batterien (LiB) mit einem Output von über 700 GWh geplant. Dabei wächst der Bedarf an Nickel, Lithium und Kobalt rasant. Die weltweit seltenen Rohstoffe werden heute CO₂-intensiv über komplexe Produktions- und Logistikketten gewonnen – teilweise in Entwicklungsländern. Die CO₂-Bilanz von LiB ist kurzfristig betrachtet deshalb negativ belastet. Batteriebetriebene E-Fahrzeuge erreichen erst nach vielen Jahren einen Break-Even-Punkt in der CO₂-Bilanz.

Im Fokus der meisten Nachhaltigkeitsinitiativen steht die Reduzierung der CO₂-Emissionen und die damit verbundene Optimierung des „CO₂-Fußabdrucks“ von Prozessen und Produkten. Um die ambitionierten Dekarbonisierungsziele erreichen zu können, braucht die Industrie, allen voran die Automobilbranche, innovative Ansätze – insbesondere für bessere und nachhaltigere Recycling-Lösungen für Lithium-Ionen-Batterien.

Standortnahe Recycling

Um das enorme Marktpotential mit einer emissionsarmen Recycling-Lösung für Lithium-Ionen-Batterien im industriellen Maßstab zu erschließen, bündeln zwei Partner ihre Kräfte. „Primobius“ ist ein Joint-Venture, das 2020 zwischen dem australischen Unternehmen Neometals Ltd. und dem deutschen Technologieunternehmen SMS group entstanden ist. Die Gründung kombiniert in seinem zweistufigen Recycling-Prozess, dem „Hub and Spoke“-Ansatz folgend, mechanische und hydrometallurgische Verfahren. Diese gelten als besonders energieeffizient, bieten eine Dekarbonisierung der Lieferkette und haben eine hohe Rückgewinnungsquote für die in den Batterien enthaltenen Materialien, **Bild 1**:

In der ersten Stufe werden LiB-Altbatterien verschiedener Größen und Typen geschreddert und in Kunststoffteile, Metallteile sowie ein als Black Mass bezeichnetes Zwischenprodukt sortiert. Diese mechanischen Prozesse können dezentral stattfinden, zum Beispiel bei Kunden-

unternehmen. Die zweite Stufe der nass-chemischen Rückgewinnung von Materialien aus der „Black Mass“ folgt in zentral gelegenen Anlagen, auch bekannt als „Hubs“. In diesem Prozess werden wertvolle Stoffe extrahiert, darunter Lithium, Nickel und Kobalt. Die so zurückgewonnenen Materialien sind von hoher Reinheit und können in einer Kreislaufwirtschaft direkt in die Lieferkette und den Produktionsprozess neuer Zellen eingebracht werden.

Effiziente Hydrometallurgie

Hersteller von LiBs sind gesetzlich verpflichtet, Batterien am Ende ihrer Nutzung zurückzunehmen und zu verwerten. Aktuell wird dieses Ziel jedoch nicht erreicht. Viele Batterien enden auf Mülldeponien oder in ineffizienten, auf dem Einschmelzen der Batterien basierenden Recyclingverfahren. Die Innovation des Primobius-Prozesses liegt darin, dass auf einen energieintensiven pyrometallurgischen Prozess verzichtet wird und dieses Verfahren auch noch CO₂ frei abläuft.

Diese direkte Integration des hydro-metallurgischen Prozesses führt zu höchsten Rückgewinnungsquoten, die es beim Recycling von LiB bislang gibt. Ziel ist eine Rückgewinnung von über 90 % gemessen am gesamten stofflichen Einsatz. Bereits heute werden die Vorgaben der Europäischen Kommission für 2025, die eine Rückgewinnungsquote von 65 % vorschreiben, deutlich übertroffen.

Auch im Hinblick auf die einzelnen Materialien setzt Primobius neue Maßstäbe. Nickel und Kobalt können mit einer Rückgewinnungsquote von über 95 % recycelt werden und die Vorgaben werden bis ins Jahr 2030 übertroffen. Auch für Materialien, die bislang kaum zurückgewonnen werden konnten, wie Graphit oder Elektrolyt, erlaubt der Prozess eine Wiedergewinnung. Alles in allem kann so der CO₂-Fußabdruck einer LiB von aktuell etwa 8 t um bis zu 70 % reduziert werden.

Der „Proof of Concept“

Primobius hat bereits ein Jahr nach der Gründung eine voll funktionsfähige Anlage zum Recycling von LiB errichtet, **Bild 2**. Das aktuell am SMS-group-Standort Hilchenbach aufgebaute Recyclingsystem wurde bisher für das Erstellen von Machbarkeitsdaten, zur Unterstützung bei der Prozessoptimierung sowie für Live-Demonstrationen eingesetzt. Die Schredderanlage, mit einer Kapazität von 10 t täglich, wurde aber von Anfang an im Hinblick auf den Bedarf der Lieferketten für LiB-Hersteller in Europa errichtet.

Im Frühjahr 2022 wurde die Demonstrationsanlage in den kommerziellen Betrieb überführt. Heute wird der komplette mechanische Separierungsbereich im Zweischichtbetrieb am Standort Hilchenbach betrieben. Kunden haben somit die Möglichkeit, ihre LiB der Typen NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxide), NCA (Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxide) oder LCO (Lithium-Cobalt-Oxide) aus Unterhaltungselektronik oder E-Fahrzeugen nachhaltig zu entsorgen. Eventuell enthaltene Restladung wird entnommen und die Restenergie kann im Recyclingprozess genutzt werden. Module unterschiedlicher Herstellungsart werden vorsortiert und notwendige Demontagearbeiten in Handarbeit an entsprechenden Stationen vorgenommen.

Als Endprodukt, resultierend aus mechanischem Zerkleinern und Aufbereiten, entsteht in eine Mischfraktion aus Kupfer-, Aluminium- und Plastikteilen. Diese



Bild 1. Presserundgang: Primobius beherrscht sämtliche Stufen des Prozesskreislaufs und bietet eine perfekt aufeinander abgestimmte Komplettlösung. Foto: SMS



Bild 2. Blick auf die Lithium-Ionen-Batterien-Recyclinganlage am Standort in Hilchenbach. Foto: SMS

Materialien werden im Sinne einer Kreislaufwirtschaft dem Markt direkt wieder zugeführt. Die Black Mass als Zwischenprodukt der Schredderanlage wird derzeit noch verkauft, bis sie für die weitere Verarbeitung durch eine kommerzielle Primobius-Raffinationsanlage aufgenommen werden kann.

Wertstoffkreislauf schließen

Diese Verwertung von Batterierückläufern als „urbane Mine“ sowie die direkte Reintegration des Rezyklates in die Kreislaufwirtschaft bieten eine Unabhängigkeit von den Volatilitäten des Rohstoffmarkts und können so die deutsche und auch europäische Automobilindustrie vor der strategischen Gefahr von Lieferengpässen schützen. Weiterhin erhöht es den nationalen Anteil der Wertschöpfung an der Batterie von derzeit rund 20 % bis 30 %

auf bis zu 80 % bis 90 % und kann ein wirkungsvoller Hebel sein, um die Umweltbilanz der Batterien und somit der gesamten Elektromobilität zu verbessern.

Die Vorteile haben bereits namhafte Unternehmen erkannt und es wurden erste Partnerschaften geschlossen. Mit Blick auf die zukünftige Rücknahme von Li-Batteriesystemen erweitert Mercedes-Benz seine globale Batterie-Recycling-Strategie und baut derzeit eine eigene Batterie-Recycling-Fabrik am Standort in Kuppenheim. Für die Anlage, die im Jahr 2024 in Betrieb gehen soll, wird Primobius seine Technologie in Lizenz zur Verfügung stellen. Die geplante Anlage soll CO₂-neutral sein und eine Jahreskapazität von 2500 t abdecken. Die zurückgewonnenen Materialien wird Mercedes-Benz wieder in den Herstellprozess von bis zu 50 000 neuen Batteriemodulen zuführen.

www.sms-group.com

Metec: Halle 1, Stand E40/41

Inhalte der Online-Ausgabe 3-2023

TITELTHEMEN: INDUSTRIE 4.0 – DIGITALE FABRIK – AUTOMATISIERUNG

*T. Bauernhansl – Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF,
Universität Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung IPA*

Energie- und Ressourceneffizienz im Fokus

Liebe Leserinnen und Leser der wt Werkstattstechnik online, unsere global angelegten Wertschöpfungssysteme mit komplexen weltumspannenden Lieferketten sind sehr störungsanfällig und führen häufig zu massiven Umweltproblemen sowie zu gesellschaftlichen Ungleichgewichten. Was wir brauchen, ist ein technologiebasierter Übergang zu einer dezentralen Herstellung kundenindividueller Produkte. Die technologische Basis für nachhaltige Produktionssysteme entsteht immer häufiger durch die Verschmelzung von Natur und Technik. Diese Biologische Transformation ergänzt die Digitale Transformation, die wir seit über zehn Jahren im Rahmen von Industrie 4.0 beobachten und vorantreiben.

M. Willenbrink, D. Karelina, I. Effenberger – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Flexible Objektdetektion in 3D-Lidar-Scans

Eine wachsende Zahl von Unternehmen setzt auf Digitalisierung, um ihre Prozesse zu optimieren und angesichts zunehmender Unsicherheiten resilienter zu werden. Die Erzeugung und Pflege der dazu eingesetzten digitalen Modelle ist aber mit hohem Aufwand verbunden. Eine flexible KI-basierte Objekterkennung, die nur geringe Ansprüche an die Datenbasis stellt und dem Anwender außerdem Korrekturmöglichkeiten bietet, kann als Schlüsseltechnologie helfen, die bestehenden Hindernisse zu überwinden und die Transformation zu effizienteren Prozessen zu beschleunigen. doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-6

M. Köhler, D. Karelina – Fraunhofer IPA, Stuttgart

UNA – Menschzentrierte Automatisierung

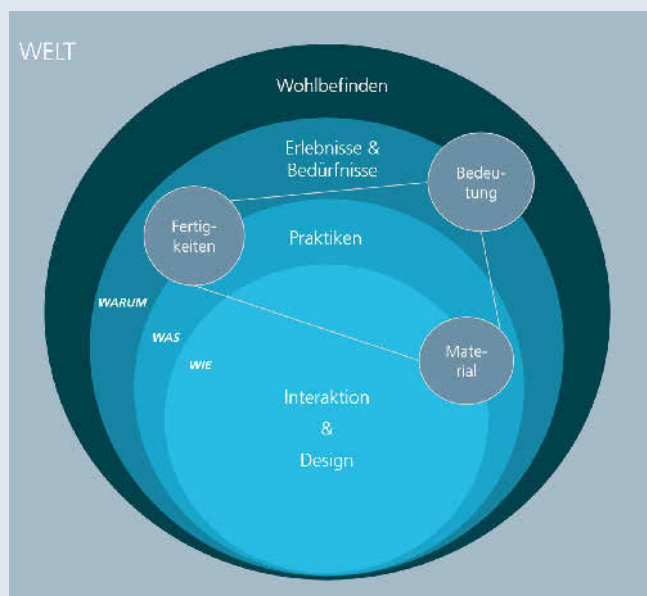


Bild 1. Arbeitsmodell des Wohlbefindens. Grafik: Fraunhofer IPA nach [7]

Ein User Needs Assessment, kurz UNA, bietet die Möglichkeit, menschliche Bedürfnisse zu erfassen und zu analysieren. Im industriellen Kontext werden die Bedürfnisse der Mitarbeitenden selten berücksich-

Seit 112 Jahren – seit 22 Jahren online – informiert wt Werkstattstechnik zu den aktuellsten Forschungsergebnissen zum Thema Produktionstechnik aus Hochschule, Wissenschaft und Industrie – zukunftsorientiert und praxisbezogen. Im Rahmen eines Konsortiums der Technischen Informationsbibliothek (TIB) erscheinen in neun Ausgaben pro Jahr die Beiträge Gold Open Access. Die veröffentlichten Fachaufsätze sind peer-reviewed und ausschließlich Erstveröffentlichungen. Weitere Informationen über die Konsortialteilnehmenden und den Konditionen für Nicht-Teilnehmer, die Interesse an einer Open Access Veröffentlichung haben, finden sich unter www.werkstattstechnik.de.

sichtigt, was besonders bei der Einführung von Automatisierung oder künstlicher Intelligenz unzufriedene Mitarbeitende zur Folge haben kann und die Einführung unnötig erschwert. Im Nachfolgenden wird dieser Themenkomplex erläutert und eine Analysemöglichkeit vorgestellt.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-11

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-11

R. Lodwig, F. Schulz – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Datenerhebung in der Batteriezellenproduktion

Das Technikum des Zentrums für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB) bietet ein realitätsnahes Produktionsumfeld im Labormaßstab. Durch die umfassende Erhebung von Anlagen-, Prozess- sowie Umgebungsdaten und deren Verknüpfung bietet es die Basis zur Entwicklung und Validierung neuer Fertigungsverfahren. Dabei können sowohl Digitalisierungsansätze als auch Konzepte auf Maschinen- oder Prozessebene adressiert werden. Dieser Beitrag legt das Augenmerk auf die Anlagen der Zellausschleifung.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-15

S. Grabmann, F. Harst, L. Mayr, M. Zäh – Technische Universität München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Garching bei München

Laserstrahlschweißen in der Batteriezellproduktion

Das Laserstrahlschweißen von Elektrodenstapeln für die interne Kontaktierung von Batteriezellen ist herausfordernd. Die geringe Dicke der Stromkollektorfolien und die hohe Wärmeausdehnung von Aluminium führen während des Prozesses zum Aufwölben und Ablösen der Folien. Der Einsatz von Nanosekunden-Laserpulsen ermöglicht das wärmearme Fügen von Aluminiumfolien mit dem Ableiter-Tab. Durch sequenzielles Schweißen einzelner Nahtabschnitte wurde das Aufwölben der Folien reduziert und es wurden homogenere Nahteigenschaften erzielt.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-21

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-21

T. Neuhäuser, S. M. Spiegelsperger, A. Hohmann, R. Daub; K. C. Weist – Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, Augsburg; Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Baubetrieb und Bauprozessmanagement

Relevanz von BIM in der Fabrikplanung

Das produzierende Gewerbe in Deutschland befindet sich in einem zunehmend turbulenten Marktumfeld. Der Reaktions- und Anpassungsfähigkeit an neue Gegebenheiten kommt dabei eine immer entscheidendere Rolle zu. Um die notwendigen Anpassungen umzusetzen, steigt die Relevanz digitaler Methoden und Werkzeuge in der Fabrikplanung signifikant an. Welche Rolle die Methodik des Building Information Modeling hierbei einnehmen kann, wird in diesem Beitrag vorgestellt.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-27

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-27

D. Ott, B. Voring, F. Bärmann, F. Brungs, B. Bielefeld – Fraunhofer IGC, Augsburg; MAN Truck & Bus SE, München; Hörmann Rawema Engineering & Consulting GmbH, Chemnitz

Hybridisierung bestehender Montagesysteme

Infolge verschärfter Klimaziele stehen Hersteller von Nutzfahrzeugen vor der Herausforderung, neben dem bestehenden Portfolio zusätzlich elektrisch angetriebene Fahrzeuge zu produzieren. Aufgrund der ungewissen Nachfrage gilt eine Mischproduktion verschiedener Antriebsarten als wirtschaftliche Lösung. Um bestehende Montagelinien dafür zu befähigen, wird ein simulationsgestütztes Vorgehensmodell vorgestellt, welches die Planungs- und -kosten für hybride Montagesysteme reduzieren soll.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-53

T. Stahl, F. Wurst, M. F. Huber – Fraunhofer IPA, Stuttgart

Evaluation von Data Analytics Anwendungsfällen

Die Identifizierung und Bewertung von Anwendungsfällen im Bereich der Datenanalyse erfordert sowohl datenwissenschaftliche als auch fachliche Expertise, was Unternehmen oft vor Schwierigkeiten stellt. Aufgrund der Komplexität und des ungewissen wirtschaftlichen Nutzens möglicher datenanalytischer Anwendungsfälle gibt es Herausforderungen, die die Realisierung von Data Analytics Projekten erschweren. In diesem Beitrag wird eine Methode zur Identifizierung und Bewertung von Anwendungsfällen der Datenanalyse vorgestellt.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-41

F. Meister, A. Raber, J. Mück, C. Seidel – Fraunhofer IGC, Augsburg

Produktionssteuerung additiver Prozessketten

Bislang limitiert ein mangelnder Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad den wirtschaftlichen Erfolg der additiven Serienproduktion. Bedingt durch Spezifika wie die gemeinsame Fertigung von Bauteilen im Batch liegt eine Herausforderung in der Produktnachverfolgung. Der Beitrag zeigt Ansätze der Rückverfolgbarkeit und anhand eines Praxisbeispiels, wie passende Auto-ID-Systeme systematisch ausgewählt werden und in Kombination die notwendige Datenbasis für die Produktionssteuerung bereitstellen können.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-48

T. Wittmeir, F. Oettl, J. Schilp – Lehrstuhl für Produktionsinformatik, Universität Augsburg

Digitaler Zwilling für die additive Fertigung

Additive Fertigungsverfahren ermöglichen die Herstellung von sowohl gleichen als auch unterschiedlichen Komponenten in einem Bauvorgang. Um insbesondere für die additive Serienfertigung eine gleichbleibende Bauteilqualität zu gewährleisten, kann der Einsatz eines digitalen Zwillings sinnvoll sein. Dieser stellt hohe Anforderungen an die Datenbasis in Bezug auf Strukturierung, Rechenleistung und Datensicherheit und muss auf die relevanten Funktionen des Einsatzbereichs zugeschnitten sein.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-53

T. Schulz, L. Reichsthaler, D. Toth, L. Sielaff, A. Friedmann – Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg; Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien; Fraunhofer IPA, Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt

Wirkbeziehungen: Resilienz, Ressourcen und Leistung

Dieser Beitrag konzentriert sich auf den Zielkonflikt für Produktionsanlagen und stellt einen ganzheitlichen Rahmen vor, der hilft, die voneinander abhängigen Attribute von Resilienz, Ressourceneffizienz und Leistung anhand eines systemdynamischen Modells zu optimieren.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-68

J. Knapp, D. Hölderle, I. Bianchini, A. Sauer, S. Riethmüller – Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP); Fraunhofer IPA, Stuttgart, Homag GmbH

Netzmanagement eines Gleichspannungsmikronetzes

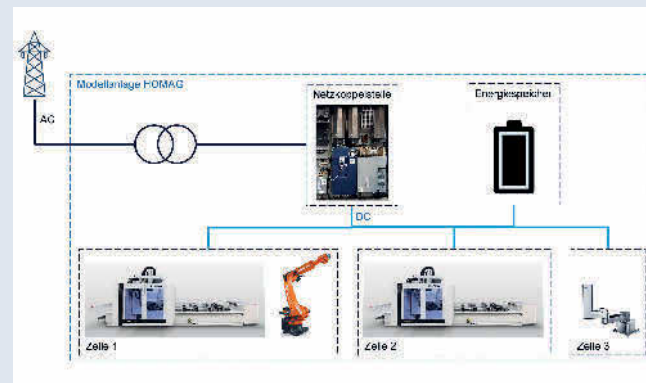


Bild 2. Strukturelles Schema des elektrischen DC (Gleichspannung)-Mikronetzes im Homag-Werk. Grafik: Fraunhofer IPA

Das Forschungsprojekt „DC-Industrie2“ beschäftigt sich mit der Umsetzung der Gleichspannungstechnologie im industriellen Sektor. Dabei sind Versuchsanlagen auf Laborebene sowie im industriellen Umfeld entstanden. Der Beitrag präsentiert und bewertet die Ergebnisse von Messungen verschiedener Szenarien. Im ersten Szenario wird das DC-Mikronetz ohne und mit Batteriespeicher getestet, jeweils mit kaltarbeitenden Lasten. Im zweiten Szenario werden die Messungen mit und ohne Batteriespeicher wiederholt, jedoch mit warmarbeitenden Lasten. Der Einsatz eines Batteriespeichers mit Regelkennlinie reduziert die Spannungsschwankungen im Gleichspannungsmikronetz.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-58

D. Hölderle, J. Knapp, A. Sauer – Institut für EEP, Universität Stuttgart

Methode für Analyse, Entwurf und Umrüstung von Maschinen

Ein essenzieller Baustein der Energiewende ist die Steigerung der Energieeffizienz. Vor allem im industriellen Kontext gilt es, vorhandene Energiesparpotenziale zu heben. Gleichstrommikronetze (DC-MG) können dazu einen nennenswerten Beitrag leisten. Um diese Netzform in Fabriken zu etablieren, ist die Umrüstung von Maschinen und Anlagen, die überwiegend auf Drehstrom basieren, notwendig. Dieser Beitrag beschreibt eine Methode, die bei der Analyse, dem Planungsprozess und dem Umbau von Wechselstrommaschinen auf Gleichstromnetze systematisch unterstützen soll.

doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-63

* Bei den mit einem Stern gekennzeichneten Beiträgen handelt es sich um Fachaufsätze, die von Experten auf diesem Gebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben wurden (peer-reviewed).

DIT 2023 findet am 25. Mai statt

Der Deutsche Ingenieurtag (DIT) des VDI bringt alle zwei Jahre Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft mit der VDI-Community zusammen. Aus unterschiedlichen Perspektiven stehen die Herausforderungen unserer Zeit auf dem DIT 2023 im Fokus. Die Veranstaltung findet am 25. Mai 2023 als Hybrid-Event statt, **Bild.** Rund 7000 Teilnehmende werden erwartet. „Wie können wir gemeinsam zu einem attraktiven Zukunftsstandort Deutschland beitragen, an dem sich das Leben lohnt? Das wollen wir mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft diskutieren“, sagt VDI-Präsident Prof. Dr. *Lutz Eckstein*. Zukunftsfähige Lösungen für Mensch, Umwelt und Wirtschaft stehen folglich im Fokus des DIT. Erwartet werden unter anderem Bundesministerin für Bildung und Forschung, *Bettina Stark-Watzinger*, Prof. Dr. *Achim Truger*, Mitglied des „Sachverständigenrates Wirtschaft – Die fünf Wirtschaftsweisen“ sowie Prof. Dr. *Sami Haddadin*, Executive Director Mirmi, Technische Universität München (TUM). Das hybride Event umfasst neun fachliche Breakout-Sessions – unter anderem zu Themen wie Wasserstoffnutzung, Energie, Mobilität der Zukunft und New Work. Die Präsenzveranstaltung findet im Radial System in Berlin statt. Zudem besteht die Möglichkeit, dem Programm der vier DIT Regional Hubs in Bonn, Braunschweig, Frankfurt-Höchst und München beizuwohnen. „Im Mittelpunkt steht natürlich die Frage, wie Ingenieurinnen und Ingenieure ihre Motivation, Kompetenz und Wissen dafür nutzen, eine nachhaltige Zukunft mitzugestalten. Gemeinsam



Grafik: VDI e.V.

suchen wir nach Strategien und Antworten auf die Herausforderungen von heute und morgen“, so *Eckstein*. Weitere Informationen zum Programm sind abrufbar unter:

www.vdi.de/deutscher-ingenieurtag

VDI 3035 Blatt 2 – Entwurf

Die Richtlinie VDI 3035 Blatt 1 bietet für Konstrukteure, Einkäufer und Anwender von Werkzeugmaschinen sowie Hersteller von Kühlschmierstoffen (KSS) wertvolle Hinweise hinsichtlich Anlagendesign und Materialauswahl. Die Richtlinienreihe VDI 3035 ist derzeit der einzige offizielle Standard für die oben genannte Thematik. Das Thema Materialauswahl ist in den letzten Jahren deutlich in den Vordergrund getreten. Daher sind neue Erkenntnisse in die Richtlinie eingeflossen. Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren ein weiterer Erkenntnisgewinn den Stand der Technik schnell neu definiert, daher wurde das Thema „Materialverträglichkeit beim Einsatz von Bearbeitungsmedien“ in der neuen Richtlinie VDI 3035 Blatt 2 ausgekoppelt. Der aktuelle Stand der Technik zum Thema „Energieeffizienz“ ist nun in VDI 3035 Blatt 1 enthalten. Die VDI 3035 Blatt 2 – Entwurf Materialauswahl bei der Gestaltung von Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen und peripheren Einrichtungen für den Einsatz von Bearbeitungsmedien (Kuschmierstoffe, Umformschmierstoffe) erschien im März 2023. Das Enddatum der Einspruchsfrist ist der 31.08.2023. Herausgeber ist die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, Autor der Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren. Zugehörige Handbücher: VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb – Band 1: Betriebsüberwachung/Instandhaltung. Die Richtlinie hat 12 Seiten und ist erhältlich zum Preis von 62,10 Euro inkl. MwSt. beim Beuth-Verlag, Berlin. Sprachen: Deutsch / Englisch. www.beuth.de – www.vdi.de/richtlinien

Kohlenstoffschichten – Grundlagen, Schichttypen und Eigenschaften

Die Richtlinie behandelt die charakteristischen Eigenschaften von modernen Beschichtungen aus Kohlenstoff, die mit den Verfahren der physikalischen oder chemischen Gasphasenabscheidung (PVD oder CVD) hergestellt werden. Den inhaltlichen Schwerpunkt stellt die Klassifizierung der Kohlenstoffschichten dar. Dies erfolgt für die verschiedenen Schichttypen auf der Basis ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit. Die Richtlinie schließt eine einheitliche Einteilung und Nomenklatur insbesondere für amorphe Kohlenstoff-(DLC-) und Diamantschichten mit ein. Sie erlaubt es dem potentiellen Nutzer von beschichteten Werkstücken und Werkzeugen, eine Vorauswahl von geeigneten Kohlenstoff-Schichttypen zu treffen. Ein charakterisierender Teil nennt die wichtigen Eigenschaften der einzelnen Schichttypen, die heute industriell hergestellt werden.

Das Erscheinungsdatum ist März 2023. Herausgeber ist die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, Autor der Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren. Zugehörige Handbücher: VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren – Band 2: Fertigungsverfahren. Seitenzahl: 47. Erhältlich in Deutsch / Englisch. Die Richtlinie kann beim Beuth-Verlag, Berlin, für 125,90 Euro inkl. MwSt. bestellt werden.

www.beuth.de – www.vdi.de/richtlinien



Blick in den Shopfloor bei Heron: Im modernen Maschinenpark in Dornbirn/A wird präzise und effizient gefertigt. Zur Ausstattung gehört ein Hermle-Bearbeitungszentrum „C32“ mit Roboterbeschickung. Foto: Z+G

Smartes Fluidmanagement für die Fabrik von Morgen

Schmierstoffüberwachung 4.0

Im Zuge von Industrie 4.0 und der „smarten Fabrik“ steuern intelligente Systeme selbständig den eigenen Produktionsprozess. Das Ziel ist die maximale Betriebseffizienz durch möglichst umfassende Automatisierung – inklusive des Fluidmanagements.

TEXT: Ralf M. Haaßengier

Um Abweichungen und damit einhergehende Produktionsstillstände zu vermeiden, sollte auch das Fluidmanagement bei Automatisierungsprojekten berücksichtigt werden. Und genau hier setzen die Experten von Zeller+Gmelin und Hydac an: Mithilfe des neu entwickelten Fluidmanagement-Systems „ZG Fluid-Check Pro“ lässt sich die Kühlschmierstoff (KSS)-Zufuhr von Maschinen und Anlagen automatisiert überwachen, organisieren und steuern. Einer der ersten Praxisanwender für das neu entwickelte System ist die Firma Heron CNC-Technik aus dem österreichischen Vorarlberg.

Smartes Gerät überwacht Füllstand in Echtzeit

Konzentration, pH-Wert, Leitfähigkeit und Temperatur – jede Minute werden die aktuellen Messwerte am Dashboard angezeigt. Zusätzlich können bis zu vier weitere Werte wie Nitrit oder zum Beispiel der Fremdöl-Anteil manuell eingepflegt werden. Bei Abweichungen zur Zielkonzentration wird automatisch nachjustiert. Auch lassen sich KSS-Profile hinterlegen, wobei die Top-Ten der gängigsten wassermischbaren KSS bereits gespeichert sind. Für die automatische Zugabe von Stellmitteln/Inhibitoren können zwei Dosierpumpen angeschlossen werden. Zusammen mit einem „Multiplexer“,

Bild 1, überwacht eine Anlage bis zu sieben CNC-Maschinen. „Unser Fluidmanagement-System hält den Emulsionszustand permanent fest, sodass auch die Nachvollziehbarkeit gewährleistet ist“, betont *Thorsten Wechmann*, Strategic Business Unit Manager beim Schmierstoffhersteller Zeller+Gmelin (Z+G), Eislingen.

Als eigenständiges Unternehmen in der familiengeführten „Heron Innovations Factory“ hat sich Heron CNC-Technik ganz auf die Metall- und Kunststoffbearbeitung spezialisiert. Der Lohnfertiger für Fräs- und Drehbearbeitung nutzt moderne CNC-Bearbeitungszentren, in denen Prototypen sowie Serienteile bis zu 10 000 Stück gefertigt werden, **Bild 2**. Die Kunden kommen aus Branchen wie



Bild 1. Der „MPX5000 Multiplexer“ dient der Überwachung und Nachregelung der Kühlschmierstoffkonzentration an bis zu sieben Maschinen. Foto: Z+G



Bild 2. Das Spektrum der gefertigten Teile reicht von Prototypen bis zu Serienteilen in den Losgrößen 1 bis 10000. Foto: Z+G

Digitale Fabrik: Maintenance wird häufig vergessen

Und Thorsten Wechmann von Z+G stellt die Frage in Richtung Smart Factory: „Was nützen die Simulation der Fertigung und die Beseitigung von Störkonturen im Zerspanungsprozess, wenn ein Mitarbeiter am Ende an der Maschine eingreifen muss, weil Füllstand oder sonstige Parameter des KSS nicht stimmen? Zu einer sich selbst organisierenden Produktion gehört immer auch, rechtzeitig und automatisiert gegensteuern zu können, wenn es zu Abweichungen von definierten Werten kommt.“ Zwar existierten heute bereits Lösungen, mit denen sich aktuelle Schmierstoffwerte oder Kennzahlen via SMS an das Smartphone übertragen lassen, „dennoch muss jemand manuell nachjustieren“, so Wechmann weiter.

Smartes Monitoring für den Mittelstand

„Um als mittelständiges Unternehmen die eigene Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu gewährleisten, führt oft kein Weg an hohen Automatisierungsgraden und der damit einhergehenden Digitalisierung der Prozesse vorbei“, betont Philipp Götz, Produktmanager bei der Hydac Filter Systems: „Unser Ziel ist fertigende Unternehmen auf ihrem Weg in die Industrie 4.0 zu unterstützen. Mit dem ZG Fluid-Check haben wir ein kompaktes Gerät entwickelt, das nicht nur den gesamten KSS-Zyklus von bis zu sieben Maschinen wie auch Zentralanlagen gleichzeitig überwachen kann, sondern bei Abweichungen selbstständig regulierend eingreift.“

Z+G ist der passende Kooperationspartner: Als langjähriger Anbieter von wassermischbaren KSS, welche unter dem Markennamen „Zubora“ für die zerspanende Fertigung erhältlich sind. Mit der ZG Fluidmanagement GmbH wurde sogar eine eigene Tochtergesellschaft für diesen Zweck gegründet. „Viele moderne Unternehmen setzen mittlerweile auf ein effektives Fluidmanagement, das im Wesentlichen auf dem Analysieren und Konditionieren flüssiger Arbeitsmedien sowie einer genauen Verbrauchsaufzeichnung und -auswertung beruht. Ziel ist die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, indem unter anderem die Sollkonzentration gehalten wird.“ Daraus resultieren im Zerspanungsprozess auch höhere Werkzeugstandzeiten und bessere Oberflächen-

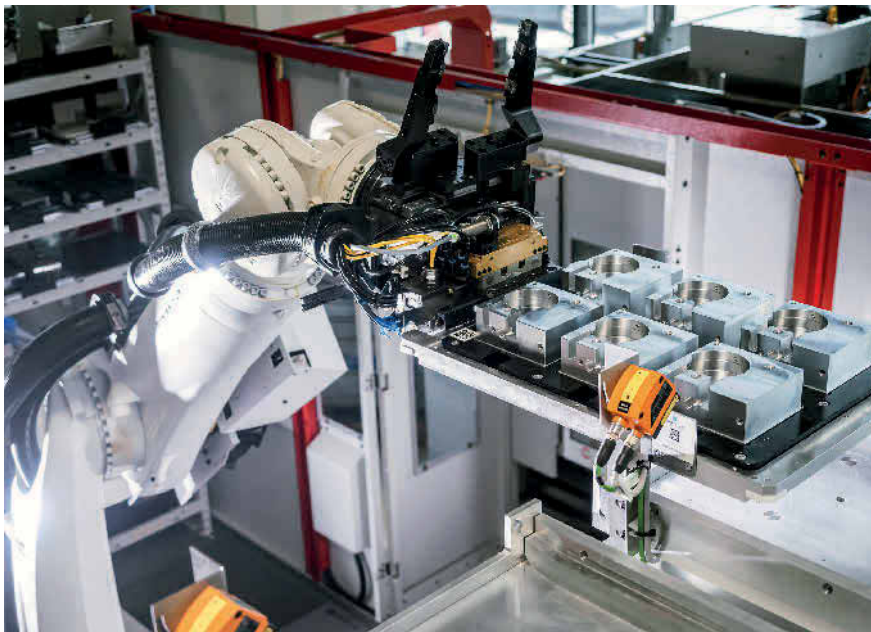


Bild 3. Ein Robotersystem bestückt drei 5-Achs-Fräszentren. Verbunden ist die Anlage mit einem autonomen Transportroboter-System von Servus Intralogistics. Foto: Z+G

Medizintechnik, Sondermaschinenbau, Automotive oder Halbleitertechnik. „Wir wollen den Ansprüchen eines steigenden Wettbewerbs und einer wachsenden Kundschaft gerecht werden, deshalb setzen wir auf durchgängige, automatisierte Prozesse ganz im Sinne einer Industrie 4.0“, bringt es der Geschäftsleiter Manuel Gmeiner auf den Punkt. „Unsere Maschinen laufen größtenteils vollautomatisiert, Bild 3, rund um die Uhr, 365 Tage im Jahr.“

Fertigungsprozesse und -techniken werden stetig weiterentwickelt. Eine Hürde hin zur „mannlosen“ Fertigung sei jedoch das KSS-Management. Füllstände müssten regelmäßig kontrolliert und manuell nachgefüllt werden – und das auch an Feiertagen oder am Wochenende. „Der Ausfall der Schmierung könnte nicht nur den völligen Stillstand der Maschine bedeuten, sondern auch Schäden verursachen“, gibt der Heron-Geschäftsführer zu bedenken.

qualitäten – das weiß *Wechmann* aus zahlreichen Praxisanwendungen. Aber auch zu hoch konzentriert, hat negative Auswirkungen: Einerseits wird mehr KSS verbraucht, andererseits kann sich das Schaumverhalten ändern. Wenn alle Parameter immer optimal eingestellt sind, kann der Schmierstoff deutlich länger und prozesssicher eingesetzt werden.

Und *Phillip Götz* von *Hydac*, **Bild 4**, ergänzt: „Gerade mittelständische Industriekunden wollen intern Zeit für ihr Kerngeschäft haben. Mit dem Vertrieb der Geräte richtet sich Z+G speziell an Unternehmen, die zwar hochautomatisiert fertigen wollen, in Sachen Fluidmanagement aber keine zusätzlichen Ressourcen bereitstellen. Der Maschinenbediener muss dann nicht mehr an der Maschine nachmessen, nachfüllen, nachjustieren. Das ist eine enorme Zeitersparnis und somit mehr Zeit für wertschöpfende Aufgaben.“

Hochpräzise Prototypen und Serienteile

So sieht es auch *Manuel Gmeiner* von *Heron*: „Die Zusammenarbeit mit Z+G und *Hydac* ist für uns ein weiterer, wichtiger Baustein in Richtung vollkommene Digitalisierung unserer Produktion.“ Aktuell getestet wird ZG Fluid-Check an einer vollautomatisierten *Hermle*-Anlage, bei der ein Robotersystem drei 5-Achs-



Bild 4. *Phillip Götz* (*Hydac*, links) und *Benjamin Moosbrugger* (*Heron*): Gerade mittelständische Industriekunden wünschen sich vom Schmierstofflieferanten ein „Rundum-sorglos-Paket“. Das Fluidmanagementsystem „Fluid-Check Pro“ „trackt“ auch den Konzentratverbrauch und das benötigte Wasservolumen. Foto: Z+G

Fräszentren bestückt. Verbunden ist die Anlage mit einem autonomen Transportroboter-System von *Servus Intralogistics*, einem weiteren Unternehmen der *Heron Innovations Factory*. „Damit kann die Anlage 24/7 vollautomatisiert betrieben werden.“ Nach einer erfolgreichen Versuchsphase hatte sich *Heron* für zwei der Geräte mit *Multiplexer* entschieden, an

die sich bis zu 14 Maschinen anbinden und versorgen lassen.

Digital und intuitiv

Das Gerät misst neben dem Füllstand fortlaufend die Konzentration, wie auch den pH-Wert und weitere Parameter. Um die Konzentration auf dem gewünschten Niveau zu halten, steuert die Dosierungspumpe bei Bedarf rechtzeitig gegen. „Die Werte können entweder direkt am Touchpanel vom Gerät abgelesen werden oder auch von außerhalb – etwa am PC oder via Tablet. Ein benutzungsfreundliches Dashboard fasst alle Informationen übersichtlich zusammen. Derzeit sind bei *Heron* zwei Geräte im Einsatz. Später soll die Lösung auf elf weitere Bearbeitungszentren ausgeweitet werden.

Nachdem sich der *Fluid-Check Pro* auf Anhieb in der Praxis bewährt hat, ist schon für 2023 eine Erweiterung für die Mehrmaschinenversorgung geplant: der „ZG-Fluid-Check Neo“ kann mittels Ringleitung gleich mehrere Maschinen anbinden und so für ein effizientes Fluidmanagement sorgen.

www.zeller-gmelin.de

Ralf M. Haaßengier betreibt die PRX Agentur für Public Relations in Stuttgart.

Qualitätsmanagement im Stahlwerk

Die *voestalpine Stahl GmbH*, *Linz/A* – das führende Unternehmen der *Stahlsparte* im *Voestalpine-Konzern* – hat im Januar 2023 das Produktionsmanagementsystem „*PSI Metals Version 5.21*“ erfolgreich in Betrieb genommen. Nach der Modernisierung des bestehenden *CAQC* (Computer Aided Quality Control) kann der Betrieb die Software künftig nahtlos mit aktuellen Produktreleases aktualisieren. Das *CAQC*-System wird im Hüttenwerk in *Linz* zur Konfiguration und Berechnung von Behandlungsverfahren im Stahlwerk vor und während des Produktionsprozesses bei einer Kapazität von 6 Millionen Tonnen eingesetzt. Das Upgrade umfasst den gesamten Prozess im Stahlwerk, einschließlich des Sauerstoffschmelzofens, sekundärmetallurgischer Anlagen, des Stranggusses und des Formgusses. Mit den Standardfunktionen lassen sich zukünftige Anforderungen konfigurieren, ohne dass eine funktionsspezifische Anpassung vorgenommen werden muss. Mit dem Upgrade bietet *PSI*, *Berlin*, langfristigen Zugang zu einer Vielzahl von Experten, die das Team von *voestalpine* bei zukünftigen Erweiterungen und Anpassungen unterstützen. *Ewald Draxler*, Projektleiter bei *voestalpine Stahl*, erklärt: „Das Team des Softwarespezialisten hat es geschafft,

unser veraltetes System professionell zu modernisieren. Wir sind sehr zufrieden. Die neue Lösung steigert die Effizienz und Optimierung unserer Produktion sowie insbesondere die Qualitätsausführung.“ Die *Stahlsparte* des *voestalpine-Konzerns* übernimmt als globaler Hersteller von hochwertigen Stahlprodukten eine wichtige Rolle bei der Gestaltung einer sauberen und lebenswerten Zukunft. Namhafte Automobilhersteller und -zulieferer vertrauen auf die höchste Qualität des in der Division erzeugten Bandstahls sowie auf die weltweite Kundenbetreuung. Die Division *Stahl* ist einer der bedeutendsten Partner der europäischen Haus- und Maschinenbaulndustrie. Gefertigt werden Grobbleche und Gussprodukte für den Einsatz unter schwierigsten Bedingungen in der Energiewirtschaft, außerdem werden maßgeschneiderte Lösungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien geboten. Der *PSI-Konzern* entwickelt eigene Softwareprodukte zur Optimierung des Energie- und Materialflusses bei Versorgern (wie Energienetze) und der Industrie (Metallerzeugung, Automotive, Maschinenbau, Logistik). *PSI* wurde 1969 gegründet und beschäftigt weltweit über 2200 Mitarbeiter.

www.psi.de – www.voestalpine.com



Ein optimaler Produktionsprozess lässt sich nur durch eine gute Planung erzielen. Machine Learning (ML) unterstützt dies auf vielfältige Art und Weise und kann darüber hinaus die Ressourceneffizienz der Produktion erheblich verbessern – zu sehen ist der „Demand Forecasting“-Prozess. Grafik: IPRI

Leitfaden zum Datenanalyseprozess unterstützt produzierende Unternehmen

Ressourceneffizienz steigern durch Machine Learning

Machine Learning findet bereits in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens Anwendung und bietet weitreichende Potentiale in der Produktion. Gleichzeitig gewinnt durch die zunehmende Relevanz von ESG der effiziente Einsatz von Ressourcen immer mehr an Bedeutung. Wie können Unternehmen das Verfahren für sich nutzen?

TEXT: Manuel Savadogo, Garlef Hupfer, Julia Wohlfarth, Malte Stonis

Mit der Umsetzung von Machine Learning (ML) in der Produktion zur Steigerung der Ressourceneffizienz besteht für Unternehmen die Chance, effektiver und effizienter werden. Gleichzeitig können sie ESG-Strategien umsetzen. Environmental Social Governance (ESG) – zu Deutsch: Umwelt, Soziales und Unternehmensführung – wird als weiterer Begriff für Corporate Social Responsibility verwendet. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) werden jedoch durch die Einführung von ML vor eine große Herausforderung gestellt. Neben der hohen

Komplexität von ML-Anwendungen fehlt oft die Kenntnis über passende Anwendungsmöglichkeiten sowie die Überzeugung vom Nutzen, der sich daraus ergibt.

Ausgangssituation

Durch das stetige Voranschreiten der Digitalisierung hat die Nutzung von ML-Anwendungen sehr zugenommen. Insbesondere bei KMU findet ML immer mehr Anwendung. Gestützt wird dieser Aspekt durch Subventionen und Förderung durch die deutsche Bundesregierung, die ML als eine der zentralen Techno-

logie ansieht [1]. ML ist ein Teilbereich der KI (Künstliche Intelligenz) und eine KI-Anwendung, die es Computern erlaubt, aus Erfahrungen zu lernen und die Leistung bestimmter Aufgaben zu verbessern.

Die Einführung und Nutzung ist jedoch äußerst komplex. Neben der Gewinnung der notwendigen Daten stellt die Ermittlung von passenden Anwendungen eine große Herausforderung dar. Im Forschungsprojekt „MLready“ (gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; 22312 N) wurden daher in Zusammenarbeit mit produzierenden Unternehmen ML-Anwendungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz identifiziert. Im Folgenden werden diese in die Bereiche Produktionsplanung und -steuerung (PPS), Produktionsüberwachung und Qualitätsmanagement/Prozessoptimierung unterteilt sowie näher erläutert, um einen Überblick über bestehende, erfolgreiche Anwendungen zu gewährleisten. **Bild 1** zeigt eine Übersicht der Bereiche und jeweiligen Anwendungsgebiete.

Produktionsplanung und -steuerung

Ein optimaler und sicherer Produktionsprozess kann nur durch eine gute Planung der Produktion erreicht werden. Machine Learning lässt sich auf vielfältige Art und Weise in die Planung miteinbeziehen und kann die Ressourceneffizienz der Produktion erheblich verbessern.

Demand Forecasting

Beim Demand Forecasting werden mittels ML – meist basierend auf historischen Verkaufsdaten, teils gepaart mit Marktdaten – Prognosen zur Nachfrage erstellt. Somit können die Produktionszahlen genauer an die Nachfrage angepasst, die Lieferkette besser koordiniert, und die Verschwendung von Lagerbeständen minimiert werden. Ein Beispiel ist die erfolgreiche Anwendung von „Demand Forecasting“ für die Prognose der Nachfrage nach Motoröl in einem Industrieschmierstoff- und Automobilunternehmen. In dem Fall wurden verschiedene Daten wie die Kosten, die Lieferzeit oder Qualität des Öls, in ein neuronales Netzwerk eingespeist [2].

Aufnahme von Prozessen und Prozessoptimierung

Indem Daten über Produktionsvorgänge erhoben werden, können mithilfe von ML Optimierungspotentiale von Prozessen identifiziert werden, beispielsweise indem Faktoren für Lieferengpässe oder unnötige Leerlaufzeiten der Maschinen ermittelt werden – somit lässt sich Energie einsparen. Darüber hinaus können die erhobenen Daten für Simulationen von Produktionsvorgängen verwendet werden, um tiefere Einblicke zu erhalten. Ein passender Anwendungsfall stellt die optimale Reihenfolgenbestimmung von zu produzierenden Teilen dar. Mittels „Process Mining“ werden dabei Produktionszeiten, Arbeitsaufwände und Lagerzeiten bestimmt und durch Clustering-Algorithmen eine optimale Reihenfolge ermittelt. [3].

Automatisierung repetitiver Tätigkeiten

Manuelle, repetitive und fehleranfällige Routineaufgaben können von Softwarebots übernommen werden (Robotic Process Automation – RPA). Die Bots können routiniert, sehr schnell und

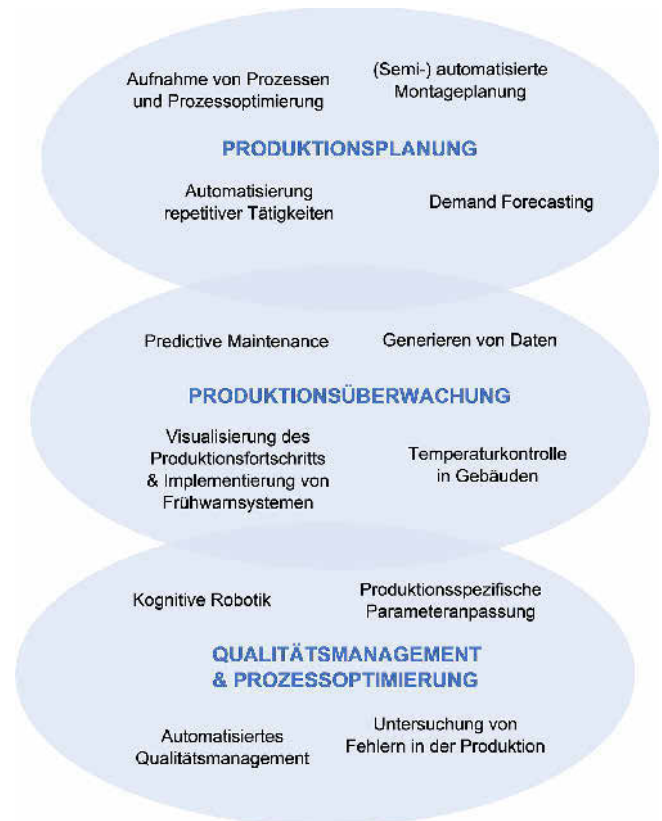


Bild 1. Übersicht der Anwendungsgebiete von ML zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion. Die Anwendungsgebiete sind in die drei Bereiche Produktionsplanung/-überwachung, Qualitätsmanagement und Prozessoptimierung unterteilt. Grafik: IPR

darüber hinaus rund um die Uhr arbeiten. Angestellte, deren repetitive Aufgaben automatisiert wurde, können dadurch wertschöpfenden Tätigkeiten nachgehen. Das indonesische Unternehmen PT. Xtrema setzt RPA für Lieferantenzahlungsprozesse ein. Die Durchlaufzeit wurde dadurch um bis zu 97,8 % reduziert [4].

Automatische Planung der Montage durch ML

In der industriellen Fertigung bauen die einzelnen Montageschritte häufig aufeinander auf und müssen daher in einer spezifischen Reihenfolge ablaufen. Mithilfe von ML kann die sonst komplizierte Planung optimiert und somit vereinfacht durchgeführt werden. Durch den optimalen Montageablauf lässt sich Energie einsparen und die Produktionsrate erhöhen. In einer Studie aus dem Jahr 2022 [5] wird die Anwendung eines hierarchischen Entscheidungsbaums für die Montageplanung vorgestellt. Kombiniert mit einem Schwarmintelligenz-Algorithmus kann dieser seine Lernrate laufend optimieren und Feedback in das System integrieren. Getestet wurde der intelligente Montageprozess anhand einer Fallstudie an einem Zylinderdeckel [5].

Produktionsüberwachung

Der Anwendungsbereich der Produktionsüberwachung umfasst die ML-Anwendungen, die sich auf Prozesse zwischen der Produktionsplanung und dem -prozess beziehen und bei denen Informationen aus der Produktion in die Planung zurück-



Bild 2. Predictive Maintenance: ML wird dazu eingesetzt, den besten Zeitpunkt für die Wartung und den Austausch von Produktionswerkzeugen zu ermitteln. Grafik: IPRI

gespielt werden, um für aktuell laufende Produktionsprozesse (oder folgende) Wissen zu gewinnen.

Predictive Maintenance

ML wird hier dafür eingesetzt, den optimalen Zeitpunkt für die Wartung und den Austausch von Produktionswerkzeugen zu ermitteln, **Bild 2**. Werden Teile vor dem optimalen Zeitpunkt getauscht, werden oft teure und ressourcenintensive Werkzeuge verschwendet. Andererseits führen verschlissene Maschinenteile oft zu fehlerhaften Produkten, welche den Ausschuss erhöhen. Die ML-unterstützte Bestimmung des optimalen Zeitpunkts spart damit in jedem Fall Ressourcen ein.

Ein Beispiel ist der Einsatz von neuronalen Netzwerken. In [6] wird die Anwendung auf Basis der Daten eines Kraftsensors beschrieben, welcher die Schnittstelle eines Fräswerkzeugs erfasst, zur Bestimmung des optimalen Zeitpunkts für einen Werkzeugwechsel.

Temperaturkontrolle in Gebäuden

Mit ML können die Nutzungszeiten eines Raumes innerhalb eines bestimmten Zeitraums „erlernt“ werden. Zudem können die intelligenten Systeme mit Daten über die Luftzufuhr und der Außen- und Innentemperatur „gefüttert“ werden. Die Heizungssteuerung kann darauf basierend automatisiert und damit die Energieeffizienz gesteigert werden. Für Besprechungsräume kön-

nen zum Beispiel einfache Zeitreihenanalysen auf Basis von Raumbuchungen verwendet werden. Ein weiteres Beispiel ist die Verwendung eines „Random-Forest“-Modells, mit dem zukünftige Höchstwerte des Energiebedarfs für die Produktion ermittelt werden. Hier können Wetterbedingungen, Auslastungen und Produktionspläne vom Modell berücksichtigt werden [7].

Visualisierung des Produktionsfortschritts, Implementierung von Frühwarnsystemen

Prozessschritte können dokumentiert werden, um den Produktionsfortschritt in Echtzeit zu überwachen und damit den aktuellen Produktionsprozess zu visualisieren. Mit ML lassen sich die Daten automatisiert verarbeiten, mögliche Komplikationen erkennen und der Betreiber wird sofort gewarnt, um somit ein Frühwarnsystem für Produktionsfehler zu implementieren. Damit werden Fehler vermindert und Kosten sowie Material eingespart. Eine beispielhafte Anwendung ist der Einsatz eines agglomerativen Cluster-Algorithmus, um bei einer Serienproduktion potentielle Engpässe zu identifizieren [8].

Generieren von Daten

Für eine erfolgreiche Implementierung von ML-Anwendungen ist eine Datengrundlage über die Produktion essenziell. Auch für diesen Schritt der Datengenerierung eignet sich ML. Analoge Sensoren, die maschinell nicht direkt verarbeitet werden können, können über Bilderkennung digitalisiert und für weitere Anwendungen verwertbar gemacht werden. Zudem können fehlende Daten in großen Datensätzen selbständig ergänzt werden. Beispielsweise kann ein neuronales Netzwerk aus einem Bildsatz weitere Gitterpunkte der Grafik vorhersagen und so realistische Bilder erstellen [9].

Qualitätsmanagement / Prozessoptimierung

Das Anwendungsfeld des Qualitätsmanagements und der Prozessoptimierung umfasst ML-Anwendungen, die direkt am Produktionsprozess eingesetzt werden. Dies schließt die Produktionsvorstufe, die Zwischenlagerung oder die Produktionsendstufe mit ein.

Automatisiertes Qualitätsmanagement

Durch die Verbindung von Sensor- und Bildtechniken, schnellen Verarbeitungssystemen und ML kann das Qualitätsmanagement automatisiert werden. Der manuelle Aufwand wird dadurch erheblich reduziert. Zudem können die Instrumente sogar autonome Entscheidungen durchführen und bei Bedarf Korrekturmaßnahmen auslösen. Die Produktion wird somit „on-the-fly“ angepasst und die Produktionseffizienz erhöht. Ein entsprechendes Fallbeispiel ist ein endoskopisches Verfahren, bei dem Guss-eisenteile inspiziert und Bilder von fehlerhaften Teilen mit einer Klassifizierungsmethode automatisch identifiziert werden [10].

Produktionsspezifische Parameteranpassungen

ML wird hier eingesetzt, um selbständig optimale Parameter-einstellungen wie Rotationsgeschwindigkeiten von Maschinen oder die beste Raumtemperatur für den Produktionsprozess zu

erlernen. Durch die Anpassung der Parameter können Ressourcen wie Energie oder Materialien eingespart und somit Kosten reduziert werden. Zum Beispiel bietet sich ein „Modified Random Forest“-Algorithmus an, der die optimale chemische Zusammensetzung beim Feingießen ermittelt. Die Ausschussrate während der Produktion wird dadurch verringert [11].

Untersuchung von Fehlern in der Produktion

Im Bereich der Fehleruntersuchung kann ML dafür eingesetzt werden, Produktionsfehler durch die Analyse zahlreicher Produktionsdaten zu untersuchen. Im Unterschied zum Predictive Maintenance wird das Feld der Daten erweitert. Sämtliche die Produktion betreffende Daten werden aufgenommen und in Verbindung mit einer Auflistung fehlerhafter Produkte untersucht. Mit den Ergebnissen können Prozesse überarbeitet, Maschinenparameter angepasst, Mitarbeiterschulungen angesetzt oder weitere Maßnahmen eingeleitet werden, um die Produktion zukünftig robuster zu gestalten. Ein Beispiel ist der Einsatz eines neuronalen Netzwerks, in das Sensordaten über Temperatur, Druck und Vibration eingespeist werden, womit sich effektive Diagnosen über Produktionsfehler erstellen lassen [12].

Automatisierung physischer Produktionsschritte

Kognitive Roboter sind mit Sensortechniken und KI ausgestattet, wodurch sie Menschen erkennen, mit ihnen interagieren können oder autonom physische Produktionsschritte übernehmen. Ihre Einsatzmöglichkeiten im Unternehmen sind vielfältig. Ein passendes Beispiel ist der Einsatz von kognitiven Robotersystemen im Bereich der Demontage von Bildschirmen. Die Roboter analysieren die Verfassung und das Produktmodell der zurückgegeben Bildschirme und demontieren diese selbständig [13].

Zusammenfassung und Ausblick

Machine Learning bietet im Bereich des Produktions- und Planungssystems, der Produktionsüberwachung und des Qualitätsmanagements beziehungsweise der Prozessoptimierung vielfache Möglichkeiten. Im Forschungsprojekt wurden Anwendungsgebiete definiert, um KMU eine Auswahl an Ideen zu bieten, ML in ihrem Unternehmen umzusetzen. Im weiteren Verlauf des Projekts werden Daten erhoben, bewertet und Maßnahmen für deren Verbesserung abgeleitet. Ziel ist es, die Daten im notwendigen Format, Menge und Qualität zu gewinnen. Im Zuge dessen soll in Zusammenarbeit mit produzierenden Unternehmen ein Leitfaden zum Datenanalyseprozess entwickelt werden. Der Leitfaden soll Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Datenqualität enthalten. Sowohl die grafische Darstellung der ML-Anwendungsgebiete als auch die dafür notwendigen Daten werden sukzessive auf den Homepages der beteiligten Institute ersichtlich sein. Interessenten am Forschungsprojekt können sich jederzeit an die Projektbearbeiter wenden. ■

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „MLready“ erarbeitet. Das IGF-Vorhaben 22312 N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. – IUTA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Literatur

- [1] Bundesregierung: Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung (2018).
- [2] Sharma, R.; Singhal, P.: Demand Forecasting Of Engine Oil For Automotive And Industrial Lubricant Manufacturing Company Using Neural Network. *materialstoday: Proceedings* 18 (2019), S. 2308–2314.
- [3] Dolaeva, A. R.; Medvedeva, T. A.: Mathematical modeling of production process using cluster analysis methods. *Journal of Physics: Conference Series* 2131 (2021), Nr. 3.
- [4] Arnaz, R.; Harahap, M. E.: Analysis of Implementation of Robotic Process Automation: A Case Study in PT X. *Proceedings of the Business Innovation and Engineering Conference 2020 (BIEC 2020)*, S. 61–64.
- [5] Zhang, S.-W.; Wang, Z.; Cheng, D.-J. et al.: An intelligent decision-making system for assembly process planning based on machine learning considering the variety of assembly unit and assembly process. *The Int. J. of Advanced Manufacturing Technology* (2022), S. 805–825.
- [6] Gouarir, A.; Martínez-Arellano, G.; Terrazas, G. et al.: In-process Tool Wear Prediction System Based on Machine Learning Techniques and Force Analysis. *Procedia CIRP* 77 (2018), S. 501–504.
- [7] Mawson, J. V.; Hughes, B. R.: Optimisation of HVAC control and manufacturing schedules for the reduction of peak energy demand in the manufacturing sector. *Energy* 227 (2021).
- [8] Adeyinka, F. M.: Identification of Moving Bottlenecks in Production Systems. Dissertation, West Virginia University, 2021.
- [9] Dagen: Synthetic Data: The Complete Guide. Internet: <https://data.gen.tech/guides/synthetic-data/synthetic-data/>.
- [10] Schmedemann, O.; Miotke, M.; Kähler, F. et al.: Deep Anomaly Detection for Endoscopic Inspection of Cast Iron Parts. Conference-Paper. Cham: Springer-Verlag, 2022.
- [11] Al-Ebrahim, M. A.: Manufacturing Process Causal Knowledge Discovery using a Modified Random Forest-based Predictive Model. Swansea University Prifysgol Abertawe, 2020.
- [12] Justus, V.; Kanagachidambaresan, G. R.: Machine learning based fault-oriented predictive maintenance in industry 4.0. *International Journal of System Assurance Engineering and Management* (2022).
- [13] Vongbunyong, S.; Kara, S.; Pagnucco, M.: Application of cognitive robotics in disassembly of products. *CIRP Annals* 62 (2013) 1, S. 31–34.



Manuel Savadogo, M. Sc., Jahrgang 1995, studierte an der Leibniz Universität Hannover Wirtschaftsingenieurwesen mit den Schwerpunkten Produktionstechnik und Wirtschaftsinformatik. Nach seinem Studium arbeitete er als Vertriebsingenieur bei der Firma Keyence Deutschland. Seit Dezember 2022 ist er am IPH – Institut für integrierte Produktion Hannover gGmbH als Projektingenieur im Bereich Logistik tätig. Foto: IPH



Garlef Hupfer, M. Sc., Jahrgang 1998, studierte Wirtschaftsmathematik an der Universität Ulm. Seit 2019 promoviert er am International Performance Research Institute – IPRI gGmbH mit Forschungsschwerpunkt auf der Einführung von ML. Foto: IPRI



Julia Wohlfarth, B. A., Jahrgang 2000, studiert den deutsch-französischen Studiengang der Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart in Kooperation mit Sciences Po Bordeaux im Master. Seit Oktober 2022 arbeitet sie als Werkstudentin am IPRI. Foto: IPRI

Dr.-Ing. **Malte Stonis**, Jahrgang 1979, studierte Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover. Am IPH ist er seit 2006 tätig, zunächst als Projektingenieur, ab 2008 als Abteilungsleiter. 2011 promovierte er und seit 2016 ist er koordinierender Geschäftsführer des IPH.



Das Recycling von Kupferschrotten ist ein wichtiger Baustein für die Sicherung der Versorgung mit mineralischen Rohstoffen. Foto: Pixabay

Optimierung der Rohstoffversorgung

Kupferrecycling – ökologisch + ökonomisch

Das Kupferrecycling kann als Grundlage der Versorgungssicherheit von Schlüsselindustrien angesehen werden. Zugleich ist es ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der europäischen Klimaziele.

Der Ausstieg aus den fossilen Technologien und die Transformation zu einer dekarbonisierten Gesellschaft führt mittelfristig zu einem erhöhten Bedarf an Rohstoffen wie Kupfer. Recycling soll, so plant es die Bundesregierung, als zweite Säule der mineralischen Rohstoffversorgung durch die Entwicklung von Handlungsoptionen gestärkt werden, um die Wirtschaft weiterhin mit wichtigen Metallen wie Kupfer zu versorgen. Doch neben Initiativen – wie der von der Regierung eingeführten „Dialogplattform Recyclingrohstoffe“ – gibt es in der Kupferindustrie bereits zahlreiche Unternehmen, die nachhaltig arbeiten und ihre Standards entsprechend angepasst haben. Zudem setzen sie durch den Einsatz von Recyclingrohstoffen in der Kupferherstellung den Primärrohstoff Kupfer gar nicht oder nur in geringem Maße ein. So sorgen sie beispielhaft dafür, dass nicht nur CO₂-sparender produziert wird, sondern darüber hinaus auch Ressourcen geschont werden.

Die Industrie „macht es vor“

Ein Beispiel für die nachhaltige Produktion von Kupfer ist die österreichische Montanwerke Brixlegg AG. „Mit 100 % Recycling-Rohstoffen und 100 % erneuerbarer Energie für unseren Strombedarf produzieren wir das weltweit klimafreundlichste Kupfer mit den niedrigsten CO₂-Emissionen. Damit leisten wir Pionierarbeit und schaffen in der Wertschöpfungskette die Voraussetzungen für die Klimaneutralität der Zukunft“, beschreibt Vorstandsmitglied *Uwe Schmidt*. 100 % des hergestellten Kupfers stammt aus Sekundärmaterialien, also recyceltem Kupfer.

Neben der Rohstoffsicherung durch heimischen Bergbau und Importe steht der Ausbau der Kreislaufwirtschaft durch vermehrtes Recycling auf der Liste der wichtigsten Instrumente, um die Versorgungssicherheit von Rohstoffen zu stärken. Die Dialogplattform hat zum Ziel, die sichere und nachhaltige Versorgung

der deutschen Industrie mit Metallen und Industriemineralien aus sekundären Rohstoffquellen zu verbessern. Ein Unterarbeitskreis, der vom Kupferverband, Düsseldorf, sowie vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, betreut wird, beschäftigt sich intensiv mit dem Thema Kupfer.

„Der Bedarf an Kupfer wird insbesondere durch seine Rolle als Enabler der Mobilitäts- und Energiewende in den kommenden Jahren anwachsen“, so *Michael Sander*, Geschäftsführer des Kupferverbandes. „Allein in Europa werden zur Umsetzung der Energiewende im Jahr 2030 schätzungsweise zusätzliche 1,25 Millionen Tonnen Kupfer benötigt, **Bild**, bis 2040 sogar 1,5 Millionen Tonnen (+ 35 %). Entsprechend groß ist auch der Wunsch nach mehr Sekundärrohstoffen für die Industrie.“

Recycling-Barrieren abbauen

Dabei stellt die lange Lebensdauer von Kupferprodukten eine natürliche Begrenzung der Verfügbarkeit dar. Dazu *Antonia Loibl* vom Fraunhofer ISI: „Kupfer ist ein Metall, das sich grundsätzlich ohne Qualitätsverlust unbegrenzt recyceln lässt. Gerade das energieeffiziente Einschmelzen von Kupferschrotten in Kombination mit der Raffination zu neuwertigem Kupfer von höchster Qualität ist ein Riesenpluspunkt. Allerdings lässt sich der Bedarf an Kupfer mittelfristig und langfristig nicht allein durch Sekundärrohstoffe decken. Innovation und Investition in Richtung einer nachhaltigen Gestaltung des Bergbaus dürfen nicht vergessen werden.“

Zurzeit liegt der Recyclinganteil in der Kupferkathodenproduktion in Deutschland bei rund 40 %, deutlich über dem globalen Durchschnitt. Verbesserungswürdig sind aktuell insbesondere Bereiche der Regulatorik, der Technologie, der Recyclingprozesse sowie der Datenerhebung und Digitalisierung von Stoffströmen. Ausgebaut werden müssen Infrastruktur und Logistik, aber die Förderanreize. www.kupfer.de

**VDI-Z**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

VDI
Fachmedien

Immer auf dem neuesten Stand: Mit VDI Fachmedien- Newsletter

Alle
Newsletter
kostenfrei

Sie wollen als Ingenieur oder Ingenieurin immer auf dem neuesten Stand sein, wenn es um zukunftsweisende und praxisnahe Fachinformationen geht. Oder wenn Sie für Ihre berufliche Tätigkeit Expert*innenwissen aus Wissenschaft und Forschung, aus Wirtschaft und Produktion benötigen. Dann nutzen Sie jetzt die kostenfreien VDI Fachmedien-Newsletter mit ihren brandaktuellen Online-Beiträgen der Zeitschriften: Bauingenieur, BWK, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, HLH, Konstruktion, Logistik für Unternehmen, Technische Sicherheit, UmweltMagazin, VDI-Z, wt Werkstattstechnik online.



Technikwissen für Ingenieur*innen - jetzt auswählen und bestellen:

ingenieur.de/news

Alle
auch als
E-Paper



10 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 528,95 EUR
E-Paper-Abo: 441,30 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 361,70 EUR
E-Paper-Abo: 299,60 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 477,20 EUR
E-Paper-Abo: 389,80 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 257,60 EUR
E-Paper-Abo: 208,80 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 563,40 EUR
E-Paper-Abo: 471,50 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 280,40 EUR
E-Paper-Abo: 230,60 EUR

**Die erste Adresse
für Technikwissen:
VDI Fachmedien**



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 216,50 EUR
E-Paper-Abo: 174,80 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 285,80 EUR
E-Paper-Abo: 234,40 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 158,20 EUR
E-Paper-Abo: 124,70 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 306,00 EUR
E-Paper-Abo: 250,40 EUR

Die VDI Fachmedien bieten Ihnen eine breite Palette renommierter Fachzeitschriften aus den Bereichen **Bau, Konstruktion/Produktion, Logistik, Energie und Umwelt**. In direkter Anbindung an den VDI, das größte technisch-wissenschaftliche Netzwerk für Ingenieur*innen Deutschlands. Unsere Autor*innen berichten über Innovationen und Hintergrundwissen in ihrem jeweiligen Fachgebiet. Und das jederzeit praxisorientiert, ohne den wissenschaftlichen Background aus dem Blick zu verlieren.



Technikwissen für Ingenieur*innen - jetzt auswählen und bestellen:

T +49 6123 9238-202

E vdi-fachmedien@vuservice.de

vdi-fachmedien.de

Inlandsbruttopreise – Ausland auf Anfrage