

Jahresbericht des wbk 2022

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer
Prof. Dr.-Ing. G. Lanza
Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze

wbk Institut für Produktionstechnik



Vorwort

Das wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist Teil der KIT-Fakultät für Maschinenbau und gliedert wie folgt: Den **Bereich Fertigungs- und Werkstofftechnik** leitet Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, den **Bereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung** leitet Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer und den **Bereich Produktionssysteme** leitet Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza.

Etwa 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter widmen sich der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und der Innovation im Bereich Produktionstechnik am KIT. Die Forschungsaktivitäten des wbk sind den Feldern der Produktionstechnik zuzuordnen. Dabei setzt das Team des wbk auf die Vernetzung in Forschungsschwerpunkten. Produktionstechnologien für die Herstellung von Leichtbauprodukten und die Mobilität von morgen stehen in den Forschungsschwerpunkten Leichtbaufertigung und Elektromobilität im Fokus. Im Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung widmen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Themen optimierte Prozessstrategien, In-Process-Qualitätssicherung, Anlagentechnik und Fabrikintegration.

Durch intelligente Vernetzung entstehen im Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0 neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle sowie effiziente betriebliche Prozesse. Im Forschungsschwerpunkt Nachhaltige Produktion ist es das Ziel, die Ressourceneffizienz von Fertigungsprozessen und Anlagen zu steigern und zirkuläre Ansätze von Remanufacturing und Kreislaufwirtschaft zu entwickeln.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Studierenden durch die moderne und umfangreiche Sachausstattung ausgezeichnete Rahmenbedingungen für theoretische und experimentelle Forschungsarbeiten. Ziel ist es, ein integratives Verständnis von den Prozessen über die Anlagen und die Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken zu vermitteln. Für die Forschung und Lehre im Bereich Produktionstechnik setzt das Team des wbk gezielt auf weltweite Partnerschaften. Neben Forschungsprojekten mit anderen wissenschaftlichen

Einrichtungen sind für das wbk gemeinsame Projekte mit Industriepartnern entscheidend.

Wir entwickeln Lösungen für vielfältige Themenstellungen der Produktionstechnik sowie neue Methoden und Prozesse für die Produktion der Zukunft. Im Jahr 2022 fand die große Eröffnungsfeier unserer Karlsruher Forschungsfabrik statt. Von dort aus treiben wir die Themen Elektromobilität, Leichtbau und Industrie 4.0 voran. Wir sind besonders stolz auf unser Team, das auch in diesem Jahr herausragende Leistungen erbracht hat. Ihnen gilt unser Dank!



Mit diesem Jahresbericht möchten wir Ihnen einen Überblick über wesentliche Ereignisse und Eckpunkte unserer Institutsarbeit im Jahr 2022 geben.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Ansprechpartner der Forschungsbereiche

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze
Raum 001, Gebäude 10.91
Telefon: +49 721 608-42440
Fax: +49 721 608-45004
volker.schulze@kit.edu

Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Raum 012, Gebäude 70.16
Telefon: +49 721 608-44009
Fax: +49 721 608-45005
juergen.fleischer@kit.edu

Produktionssysteme (PRO)

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
Raum 117, Gebäude 50.36
Telefon: +49 721 608-44017
Fax: +49 721 608-45005
gisela.lanza@kit.edu



Institut für Produktionstechnik

Jahresbericht 2022



INSTITUT

Standorte und Zahlen	6
Forschungsstruktur	7
Veranstaltungen	8
Highlights	14



FORSCHUNG

Forschungsbereich Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)	16
Forschungsbereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)	20
Forschungsbereich Produktionssysteme (PRO)	24
Forschungsschwerpunkte	
Leichtbaufertigung	28
Elektromobilität	30
Additive Fertigung	32
Industrie 4.0	34
Nachhaltige Produktion	36



KOOPERATIONEN

Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)	38
Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC)	40
Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM)	42
Alumni-Club e.V.	43
Angebote an die Industrie	44



DISSERTATIONEN

Dr.-Ing. Constantin Hofmann	46
Dr.-Ing. Leonard Schild	47
Dr.-Ing. Bruno Vargas	48
Dr.-Ing. Benedikt Klee	49
Dr.-Ing. Lucas Bretz	50
Dr.-Ing. Bastian Rothaupt	51
Dr.-Ing. Daniel Kupzik	52
Dr.-Ing. Florian Stamer	53
Dr.-Ing. Bastian Verhaelen	54
Dr.-Ing. Simon Merz	55
Dr.-Ing. Hannes Weinmann	56
Dr.-Ing. Patrick Neuenfeldt	57
Dr.-Ing. Boris Matuschka	53



STUDIUM UND LEHRE

Leitbild und Zahlen	59
Vorlesungsangebot	60
Neue Lehrveranstaltungen und Auszeichnungen	62
Exkursion/Winterschule	64
Abschlussarbeiten	
Masterarbeiten	65
Bachelorarbeiten	71



VERÖFFENTLICHUNGEN

Konferenzbeiträge	73
Zeitschriftenartikel	75



wbk Institut für Produktionstechnik
Standorte des Instituts



**Fasanengarten
Karlsruhe
Deutschland**

*Produktionssysteme
Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung*



**Materialwissenschaftliches Zentrum für
Energiesysteme
Karlsruhe
Deutschland**

*Fertigungs- und Werkstoff-
technik*



**Ehrenhof
Karlsruhe
Deutschland**

*Fertigungs- und Werkstoff-
technik*



**Batterietechnikum
Campus Nord
Eggenstein-
Leopoldshafen
Deutschland**

*Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung*



**Forschungsfabrik
Karlsruhe
Deutschland**

*Maschinen, Anlagen und
Prozessautomatisierung*

Foto: Daniel Wieser - Architekturfotografie



**Suzhou
Volksrepublik
China**

*GAMI – Global Advanced
Manufacturing Institute*



**Shanghai
Volksrepublik
China**

*AMTC – Advanced Manu-
facturing Technology Center*

Zahlen 2022

MITARBEITENDE

- Wissenschaftlerinnen / Wissenschaftler: 95
- Technik und Verwaltung: 30
- Auszubildende: 5
- Studentische Hilfskräfte: 375

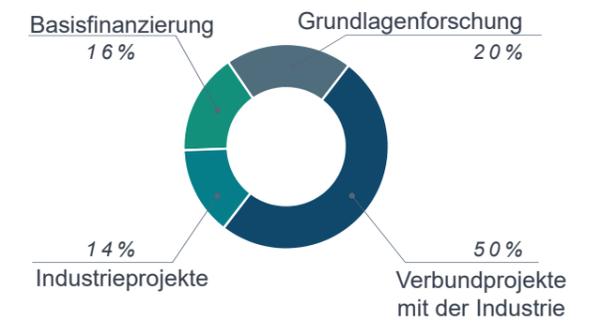
LEHRE

- Lehrveranstaltungen: 20
- Prüfungen: 2.100
- Studien- und Abschlussarbeiten: 480

AUSSTATTUNG

- 3.500 m² Laborfläche
- ca. 80 Versuchsstände
- 3 mechanische Werkstätten mit Lehrlingsausbildung
- Umfassendes Rechner- und Simulationsequipment

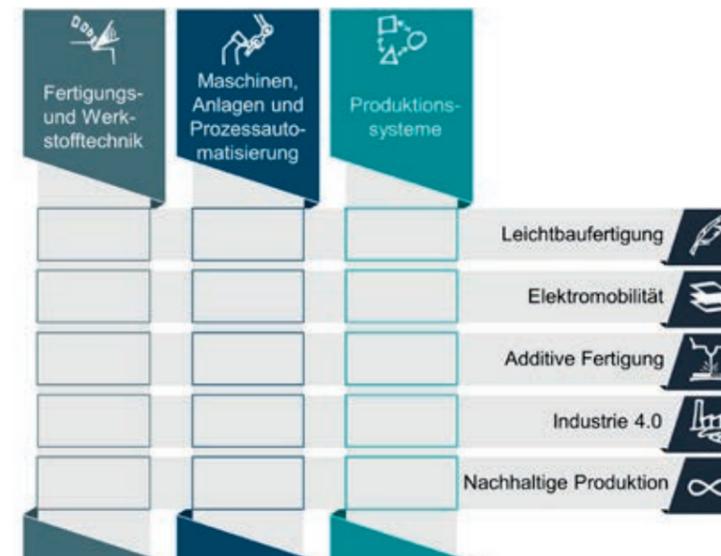
FINANZIERUNG



PROJEKTE

- Grundlagen-Forschungsprojekte: 59
- Verbundprojekte: 61
- Industrieprojekte: 66

Forschungsstruktur



Veranstaltungen

Eröffnungsfeier der Karlsruher Forschungsfabrik

Ansprechpartner am wbk:
Felix Wirth, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2630
felix.wirth@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Marco Friedmann, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2574
marco.friedmann@kit.edu

Etablierte Prozesse optimieren, unreife Prozesse ertüchtigen: Getreu dieses Leitspruchs verfolgen das wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB und das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in der Karlsruher Forschungsfabrik das gemeinsame Ziel, Produktionsprozesse schnell zu industrialisieren – von der erkenntnisorientierten Grundlagenforschung über die praxisnahe Optimierung und Industrialisierung in Verbundforschungsprojekten bis zum Transfer in die wirtschaftliche Nutzung.

Nachdem die Karlsruher Forschungsfabrik nach einer etwa zehnjährigen Planungs- und Bauphase ab Juni 2021 durch ihre heutigen Nutzer bezogen werden konnte, freuten sich Professor Jürgen Fleischer (wbk Institut für Produktionstechnik), Professor Jürgen Beyerer (Fraunhofer IOSB) und Professor Frank Henning (Fraunhofer ICT) sehr darüber, am 28. März 2022 mehr als 400 hochrangige Gästen aus Politik, Industrie und Wissenschaft zur Pandemie-bedingt verschobenen Eröffnungsfeier begrüßen zu dürfen.

Im Rahmen der feierlichen Eröffnung betonte Ministerpräsident Winfried Kretschmann die hohe Relevanz der Forschungsarbeiten für den Wirtschafts-

standort Baden-Württemberg: „Der furchtbare Krieg in der Ukraine zeigt uns derzeit auch, wie schnell sich Anforderungen an Produktionsprozesse ändern können. Aber auch abseits solcher Extremereignisse ist von Unternehmen sehr viel Flexibilität gefragt: Wenn Stückzahlen schwanken. Wenn Kunden keinen 0815-Standard wollen, sondern eine Maßanfertigung. Oder wenn es nicht mehr nur darum geht, immer bessere Autos zu bauen – sondern um ein völlig neues Mobilitätserlebnis. Für diese Herausforderungen brauchen Unternehmen ein Laboratorium, in dem exzellente Forschung auf betriebliche Praxis trifft und in dem neue Technologien entwickelt und erprobt werden und schnell zur Serienreife gelangen. Insbesondere in drei für unser Land wichtigen Zukunftsfeldern – der Elektromobilität, dem Leichtbau und der Industrie 4.0 – wird die Karlsruher Forschungsfabrik solch ein exzellentes Labor sein.“

Theresia Bauer, zum Zeitpunkt der Eröffnungsfeier baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, erläuterte den Gästen die Bedeutung der Karlsruher Forschungsfabrik für die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie. Als „geschützter Raum“ biete das Entwicklungs- und Demonstrationszentrum ein exzellentes Umfeld, um neue Ansätze zu erproben und diese direkt in die Anwendung zu bringen. Hierdurch



Begrüßung zur feierlichen Eröffnung der Karlsruher Forschungsfabrik durch das KIT und die Fraunhofer-Gesellschaft (Foto: Markus Breig, KIT)



Rundgang in der Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion im Rahmen der Eröffnungsfeier (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

würden gezielt Ideen und Innovation gefördert, die nicht nur den Forschungsstandort Baden-Württemberg stärken, sondern auch die beteiligten Unternehmen voranbringen. Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, baden-württembergische Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, zeigte hingegen die Bedeutung der Karlsruher Forschungsfabrik für die erfolgreiche Transformation des Innovations- und Produktionsstandortes Baden-Württemberg auf. Durch die enge Kooperation von Wissenschaft und Industrie sowie die Möglichkeit der gemeinsamen Forschung an Schlüsselthemen der Mobilität und Digitalisierung werde das industrielle Ökosys-

tem Baden-Württembergs gezielt gestärkt, um die Herausforderungen der Transformation erfolgreich zu bewältigen.

Der Ministerpräsident und die Ministerinnen sowie die weiteren Gäste konnten sich im Anschluss an die feierliche Eröffnung bei Rundgängen ein eigenes Bild über aktuelle Projekte aus den Forschungsfeldern Elektromobilität, Leichtbau und Industrie 4.0 sowie über die zentralen produktionstechnischen Herausforderungen für Unternehmen machen: kürzere Produktlebenszyklen, individualisierte Produkte und zunehmender Einsatz neuer Technologien. ■



Feierliche Eröffnung der Karlsruher Forschungsfabrik u.a. mit Ministerpräsident Winfried Kretschmann, Ministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin Theresia Bauer und Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe Dr. Frank Mentrup (Foto: Markus Breig, KIT)

Veranstaltungen

wbk Herbsttagung 2022

Ansprechpartner am wbk:
Jens Schäfer, M.Sc.
Telefon: +49 1523 502 613
jens.schaefer@kit.edu

Am 13.10.2022 fand die wbk Herbsttagung mit dem Thema *Brennstoffzellen – Einsatzgebiete, Designs und produktionstechnische Herausforderungen* statt. Der erste Vortrag wurde von Franz Loogen (e-mobil bw) gehalten. Dabei lag der Fokus auf dem komplexen Zusammenspiel zwischen Energiewirtschaft und Verkehrssektor vor dem Hintergrund der Mobilitäts- und Energiewende. Es folgten hochkarätige Vorträge von industriellen Vertretern von Brennstoffzellensystemherstellern wie cellcentric (Lars Johansson), Bosch (Dr.-Ing. Thomas Wintrich) sowie Freudenberg (Tobias Umseher). Weitere Vorträge haben gezeigt, wie verschiedene Unternehmen die Transformation hin zu Brennstoffzellensystemen gestalten. Im Fokus des Vortrags von Dr. Peter Geskes (MAHLE Filter-

systeme) lag so beispielweise, wie Kompetenzen aus der Filtertechnik für Verbrennungsmotoren auf Befeuchter für die Brennstoffzelle übertragen werden können. Im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus zeigte Werner Volk (OPTIMA packaging), wie Technologieübertrag von Verpackungsmaschinen hin zur MEA-Fertigung gelingt. Ebenfalls den Wandel des Unternehmens verdeutlichte Joachim Szaunig (Grob) am Beispiel von Lösungen zum Stacking der Brennstoffzelle. Die Vortragsreihe wurde abgerundet durch Dr. Felix Senf (Dana Incorporated), der die Komplexität metallischer Bipolarplatten eindrucksvoll darstellte.

Neben den Vorträgen bot die Tagung den 80 Teilnehmenden aus Industrie und Wissenschaft auch eine hervorragende Möglichkeit zur Vernetzung. Während der Mittagspause konnten Demonstratoren aktueller Forschungsprojekte in der Karlsruher Forschungsfabrik besichtigt werden und während der Pausen am Vormittag hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, in Austausch zu treten.

Ein herzliches Dankeschön an alle Vortragenden und Teilnehmenden für die interessanten Einblicke und spannenden Gespräche!

Weitere Informationen zu den Herbsttagungen: herbsttagung@wbk.kit.edu oder www.herbsttagung.de



Vortrag Dr. Peter Geskes (MAHLE) *Cathode Air Humidification – High efficient design and new production approach*



Mittagspause und Hallenrundgang mit Prof. Jürgen Fleischer in der Karlsruher Forschungsfabrik



Diskussionspause der Teilnehmenden in der Pause (Fotos: wbk)

Veranstaltungen

Ehemaligenfest 2022 und 70 Jahre wbk Institut für Produktionstechnik

Offizielle Begrüßung im Hörsaal

Beim traditionellen Ehemaligenfest des wbk Instituts für Produktionstechnik kommen alle drei Jahre die ehemaligen und aktuellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Festangestellten des wbk zusammen. Neben dem geselligen Beisammensein stehen besonders die Dialoge zwischen den aktuell Forschenden und inzwischen in der Industrie tätigen Ehemaligen im Mittelpunkt. So können einerseits aktuelle Trends in Forschung und Industrie miteinander diskutiert werden und andererseits erhält der „Nachwuchs“ die Möglichkeit mit Industrievertreterinnen und -vertretern ins Gespräch zu kommen.

Nachdem das laut Turnus festgelegte Ehemaligenfest im Jahr 2021 pandemiebedingt als digitale Veranstaltung stattfinden musste, erfolgte nun 2022 die offizielle Wiederholung des traditionellen Festes in Präsenz. Zugleich konnten in diesem Jahr die Gäste gemeinsam das 70-jährige Jubiläum des wbk feiern. So kamen am 08. Juli 2022 insgesamt rund 400 Personen bestehend aus ehemaligen und aktiven Mitarbeitenden des wbk samt deren Familien auf dem Universitätsgelände des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) zusammen.

Die Veranstaltung begann mit einem Sektempfang und einem offiziellen Teil im Johann-Gottfried-Tulla-Hörsaal



Gemeinsames Abendessen im Festzelt

auf dem Gelände des Campus Süd. Nach einem Grußwort des KIT-Präsidenten Prof. Holger Hanselka folgten Beiträge und Laudationen zu Prof. Hartmut Weule, Prof. Dieter Spath und Prof. Jürgen Fleischer, gehalten von Dr.-Ing. Wilhelm Enderle, Prof. Christoph Gönninger und Prof. Gisela Lanza. Anschließend gab die Institutsleitung des wbk einen Ausblick in die Zukunft des Instituts und die wegweisenden Forschungsthemen der nächsten Jahre.

Für den zweiten Teil der Veranstaltung fanden sich alle Gäste an der neuen Karlsruher Forschungsfabrik auf dem Gelände des Campus Ost zusammen. Hier wartete neben interessanten Führungen durch die neue Forschungsfabrik und der eigenständigen Erkundung dieser ein Stand mit kühlen Getränken. Außerdem hatten Jung und Alt die Möglichkeit, sich mit einem von unserem wbk Alumni Club e.V. gesponsorten Eis aus dem Eiswagen abzukühlen oder mit Kaffee vom Barista und einer Auswahl an verschiedenen Kuchen eine Pause auf der Bierbank zu gönnen. Für die Kinder war gleichzeitig ein abenteuerreiches Programm mit Basteln, Werken und verschiedenen Spielen bei unseren Nachbarn des Lernfreundehauses geboten.

Um 18.30 Uhr wurde das rund 400 m² große Festzelt geöffnet. Dort wartete nach einer kurzen Ansprache der Institutsleitung auf alle Teilnehmenden ein reichhaltiges Buffet und eine bunte Getränkeauswahl. An das Abendessen schloss eine Afterparty an, die bis spät in die Nacht andauerte.

Wir freuen uns, dass wir mit unserem diesjährigen Ehemaligenfest die Möglichkeit hatten, wieder gemeinsam feiern zu können. Neben dem Feiern des eigentlichen Ehemaligenfests sowie des 70-jährigen Jubiläums des wbk konnte zudem endlich auch persönlich auf den 80. Geburtstag von Prof. Weule und auf den 60. Geburtstag von Prof. Fleischer angestoßen werden.



Gespräche vor der Karlsruher Forschungsfabrik (Fotos: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Dominik Goes, M.Sc.
Telefon: +49 1522 278 0327
dominik.goes@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Florian Oexle, M.Sc.
Telefon: +49 1743 302 745
florian.oexle@kit.edu



Veranstaltungen

Messeauftritte innovative Batterieproduktionstechnik und Batteriedemontage



Ansprechpartner am wbk:
Sebastian Henschel, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2568
sebastian.henschel@kit.edu

Ein Fokus des Forschungsbereichs Batterieproduktion am wbk Institut für Produktionstechnik ist die Entwicklung innovativer Anlagenkonzepte und Produktionsprozesse. Als Nachweis der Konzepte wurden diese in verschiedenen Demonstratoren realisiert. Um eine flexible Herstellung des Zellstapels mit einer hohen Produktivität zu verbinden wurde in *EQual*, einem Projekt des Forschungsclusters *ProZell*, das Anlagenkonzept *Coil2Stack* entwickelt und mit Unterstützung der Siemens AG in einem Demonstrator umgesetzt. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit konnte der Demonstrator auf mehreren Fachmessen der Öffentlichkeit und Industrie vorgestellt werden – Auf der International Converting Exhibition München, der Hannover Messe und der Battery Show Europe. Neben dem Herstellungs- und Montageprozess der Batterie wird am wbk auch die Automatisierung der Batteriedemontage untersucht. Zur Vereinzelnung der verklebten Zellen aus einem Batteriepack wurde im baden-württembergischen Verbundprojekt *DeMo-Bat* ein Seilchneider-Demonstrator entwickelt und auf der automatica München ausgestellt.



Ansprechpartner am wbk:
Eduard Gerlitz, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2614
eduard.gerlitz@kit.edu

Die International Converting Exhibition (ICE) in München ist die weltweit führende Fachmesse für die Verarbeitung von bahnförmigen Materialien. Über die Ausstellungsdauer vom 15. bis 17. März 2022 konnten im Austausch mit einer Vielzahl von Industrievertretern technologische Synergien zwischen der Batterieproduktion und traditionellen Branchen wie der Textil- und Papierindustrie gefunden werden.



Ansprechpartner am wbk:
Nils Schmidgruber, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2604
nils.schmidgruber@kit.edu



Ein Team des wbk am Siemens-Messestand (Foto: wbk)

Die Hannover Messe, eine international bedeutende Industriemesse, fand vom 30. Mai bis zum 02. Juni 2022 statt. Der Coil2Stack-Demonstrator wurde dabei auf dem Siemens-Stand einem breiten Publikum vorgestellt.



Reges Interesse am Coil2Stack-Demonstrator (Foto: wbk)

Die Battery Show Europe in Stuttgart ist Europas führende Messe für fortschrittliche Batterieherstellung und -technologie. Hier konnte der Coil2Stack-Demonstrator vom 28. bis zum 30. Juni 2022 der wachsenden Batterieproduktions-Branche in Europa vorgestellt werden. Die hohe Anlagenflexibilität bei trotzdem kontinuierliche Prozessführung fand bei den Besuchern positiven Anklang.



Auf der Messe für fortschrittliche Batterieherstellung in Europa (Foto: wbk)

Im Rahmen des Forschungsprojekts DeMoBat war das Team des wbk bei der automatica 2022 vom 21. bis 24. Juli vertreten. Die automatica stellt als Leitmesse für intelligente Automatik und Robotik eine Bühne für Innovationen diverser Anbieter aus den Branchen Automatisierungstechnik und Robotik dar. Als Demonstrator wurde die eigenentwickelte und neuartige Anlage zur schonenden Separation von geklebten Pouchzellen mittels Drahtseilchneidern vorgestellt. ■



Automatisierte Batteriedemontage: Eine neuartige und innovative Anlage zur Separation von geklebten Pouchzellen mittels Drahtseilchneidern (Foto: Alex Muchnik/EVENTFOTOGRAF.in, Essen)

Veranstaltungen

4. Expertenforum Globale Produktion

Produktionsnetzwerke stehen in ständigem Austausch mit einem dynamischen Umfeld und sind durch globale Aktivitäten einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt. Zur Sicherstellung der Zukunftsfähigkeit gilt es, sowohl kurzfristige Disruptionen entlang der Lieferkette als auch langfristige Einflüsse wie zum Beispiel den Trend zu mehr Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Das 4. Expertenforum Globale Produktion adressierte diese Herausforderungen. Die Veranstaltung wurde am 12. Mai 2022 von den drei produktionstechnischen Instituten wbk Institut für Produktionstechnik (wbk), Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen und dem Institute of Technology Management (ITEM) der Universität St. Gallen im Frankfurter Radisson Blu-Hotel ausgerichtet. Dabei diskutierten die Vortragenden mit Teilnehmenden zum Thema Globale Produktion konkrete Lösungsansätze für die Strategie, die Gestaltung und das Management von zukunftsfähigen Produktionsnetzwerken.

In einem vielseitigen, von Dr.-Ing. Sina Peukert (wbk) moderierten, Programm vermittelten die Institute Einblicke in aktuelle Forschungstätigkeiten zur globalen Produktion und hochrangige Referierende aus der Industrie übertrugen die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis. Darüber hinaus entwickelten sich zahlreiche spannende Diskussionen mit und unter den Teilnehmenden rund um Globale Produktionsnetzwerke.



Dr.-Ing. Sina Peukert moderiert die Veranstaltung

Prof. Thomas Friedli (ITEM) eröffnete die Veranstaltung mit einem Vortrag zur Optimierung von Produktionsnetzwerken durch die Verwendung eines granularen Standortrollenkonzepts, das die komplexe Interaktion zwischen Standort- und Netzwerkebene auf integrierte Weise steuert. An diesen Vortrag schloss sich Marc Gillette, Director Global Supply Chain Strategy bei *Boston Scientific* an, und berichtete über die eigenen Aktivitäten zur Netzwerkentwicklung.

Anschließend referierte Prof. Günther Schuh (RWTH Aachen) über die Nachhaltigkeitstransformation globaler Produktionsnetzwerke unter Berücksichtigung aktueller Herausforderungen. Till Potente, Vice President Operations und Sustainability von *Phoenix Contact* ergänzte diese Perspektive um Einblicke in den eigenen Weg zum CO₂-neutralen Unternehmen.

Im letzten Veranstaltungsblock stellte Prof. Gisela Lanza (wbk) aktuelle Forschungsansätze zur ganzheitlichen Resilienzsteigerung in Produktionsnetzwerken vor. Zum Abschluss der Veranstaltung referierte Jochen Kärcher, Technischer Werkleiter bei *Robert Bosch* über die eigene Strategie für Resilienz in den Bosch-Produktionsnetzwerken vor dem Hintergrund disruptiver Ereignisse.

Das 5. *Expertenforum Globale Produktion* ist für das Jahr 2024 geplant. Wenden Sie sich dazu gerne an den Verantwortlichen Kevin Gleich (kevin.gleich@kit.edu). ■



Auszug aus dem Vortrag von Prof. Gisela Lanza



Lebhafte Diskussion der Referenten (v.l.n.r.: Prof. Gisela Lanza, Dr.-Ing. Till Potente, Prof. Günther Schuh, Prof. Thomas Friedli) (Fotos: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Martin Benfer, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2651
martin.benfer@kit.edu

Bemerkenswertes im Jahr 2022

Kurz gefasst – Highlights am wbk Institut für Produktionstechnik

Politischer Besuch in der Karlsruher Forschungsfabrik

Das größte Highlight für das gesamte Team des wbk Institut für Produktionstechnik war im Jahr 2022 die große feierliche Eröffnung der Karlsruher Forschungsfabrik – endlich in Präsenz.

Wir haben uns sehr gefreut, dass der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann für ein Grußwort zur Verfügung stand und sich anschließend auch die Zeit nahm, im Rahmen eines Rundgangs mehr über aktuelle Projekte in der Karlsruher Forschungsfabrik zu erfahren. Erfreulich war ebenso, dass der Ministerpräsident auf diesem Rundgang begleitet wurde von Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut (Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus) und Theresia Bauer (zum Veranstaltungszeitpunkt Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst) sowie Dr. Frank Mentrup (Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe).

Weitere Besucher zeigten ebenfalls großes Interesse an der Karlsruher Forschungsfabrik: Der baden-württembergische Verkehrsminister Winfried Hermann besichtigte im Rahmen eines Besuches am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auch die Karlsruher Forschungsfabrik des wbk zum Thema "Mobilität der Zukunft". Nach einer kurzen Vorstellung des Konzepts der Forschungsfabrik konnte er sich im Rahmen einer Führung zu unseren Projekten aus den Forschungsfeldern der Produktion von Elektromotoren, Brennstoffzellen und

Batterien sowie Leichtbau und additive Fertigung informieren. Auch Innenminister Thomas Strobl besuchte im August 2022 die Karlsruher Forschungsfabrik im Rahmen der Innovationstour des Beirats „Innovation und Digitalisierung“ der CDU-Landtagsfraktion. Der Fokus des Besuchs lag auf den Möglichkeiten der KI-integrierte Produktion zur Sicherung des Produktionsstandortes Deutschland.

Wie Kooperationsmodelle zwischen Industrie und Forschung aussehen können, durften wir im Oktober mit einer dänischen Delegation mit Vertretern aus Politik, Forschung und Industrie diskutieren. Insbesondere die Nachhaltigkeit von Kooperationsmodellen sowie der beidseitige Nutzen solcher Kooperationen unter den Rahmenbedingungen in Deutschland und Dänemark waren Gegenstand der Gespräche.

Wir bedanken uns herzlich für den Besuch und das Interesse und freuen uns über weitere Besuche aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Frauen im Ingenieurwesen

Ein Frauenanteil von ca. 30 Prozent in der Wissenschaft bzw. dem Ingenieurwesen zeigt, dass hier Handlungsbedarf besteht: Welchen Herausforderungen stellen sich Frauen täglich? Müssen sie irgendwann zwischen Kind und Karriere entscheiden müssen oder finden sie mit 30 Jahren nach einer Promotion einen Job? Was können ehemalige Wissenschaftlerinnen des wbk von ihren Erfahrungen in der Industrie berichten? Diesen Fragen sind Prof. Gisela Lanza, Leiterin des wbk Instituts für Produktionstechnik, und Mitarbeiterinnen des wbk gemeinsam mit Interessentinnen in mehreren Veranstaltungen auf den Grund gegangen.

Hackathon mit Siemens

Unter dem Motto „Mensch-Maschine-Interaktion – gestalte mit Siemens die Zukunft von Industrie 5.0“ veranstalteten wir in Kooperation mit der Siemens AG einen studentischen Hackathon in der Karlsruher Forschungsfabrik. Sechs Teams generierten in über 32 Stunden Ideen zur innovativen Kommunikation zwischen Mensch und Maschine, bauten eigene Prototypen auf und kämpften in abschließenden Pitches um den Sieg. Die entwickelten Konzepte reichten von intelligenten Ansätzen zur Remote-Steuerung der Produktion bis hin zu gesten- und sprachgesteuerten Maschinen. Eine Jury bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern von Siemens und dem wbk bewerteten die

entwickelten Lösungen und krönten die Idee eines intelligenten Assistenten zur ergonomischen Handhabung von Betriebsmitteln zum Sieger. Wir bedanken uns bei Siemens für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung, vor allem der Jury sowie allen Teams für den gelungenen Hackathon und die zukunftsweisenden Ideen.

Prof. Gisela Lanza: Leopoldina-Mitglied

Die nationale Akademie der Wissenschaften, Leopoldina, hat Prof. Gisela Lanza, Leiterin des wbk Instituts für Produktionstechnik des KIT, als Mitglied gewählt. Die Wahl erfolgte durch das Präsidium der Akademie, nach strengen Maßstäben wissenschaftlicher Exzellenz, auf Vorschlag namhafter Mitglieder und im Rahmen eines mehrstufigen Auswahlverfahrens. Kriterium für die Aufnahme sind herausragende wissenschaftliche Leistungen.

Die Leopoldina ist die älteste ohne Unterbrechung existierende Wissenschaftsakademie der Welt. Sie ist seit über 360 Jahren den Prinzipien treu geblieben, die bei ihrer Gründung maßgebend waren: über die Grenzen der Fachgebiete und der Länder hinaus durch eine freie Vereinigung von Gelehrten im Sinne einer gemeinwohlorientierten Wissenschaftsentwicklung zu wirken. 2008 wurde sie zur Nationalen Akademie der Wissenschaften Deutschlands ernannt.

Hiermit verbunden sind insbesondere zwei Aufgaben: Politik und Öffentlichkeit wissenschaftsbasiert zu beraten sowie die deutsche Wissenschaft in Gremien zu repräsentieren, in denen vorwiegend nationale Akademien tätig sind. Die Leopoldina vereinigt Forschende mit besonderer Expertise in ihren jeweiligen Fachgebieten. Die rund 1.600 Akademiemitglieder kommen aus über 30 Ländern. Die Leopoldina tritt für die Freiheit und Wertschätzung der Wissenschaft ein. Sie trägt zu einer wissenschaftlich aufgeklärten Gesellschaft und zu einer verantwortungsvollen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse – zum Wohle von Mensch und Natur – bei. Im interdisziplinären Diskurs überschreitet sie thematische, fachliche, politische und kulturelle Grenzen. Die Leopoldina setzt sich für die Achtung der Menschenrechte ein.

Prof. Volker Schulze: Secretary der CIRP

Die Internationale Akademie für Produktionstechnik (franz. College International pour la Recherche en Productique (CIRP)) ernannte Prof. Volker Schulze zum „Secretary“ des Scientific and Technical Committee in Cutting (STC-C). Diese Berufung des Institutsleiters erhöht die Sichtbarkeit des wbk Institut Produktionstechnik in einer der weltweit wich-



Teilnehmende des Rundgangs durch die Karlsruher Forschungsfabrik (v. l. n. r. im Bildvordergrund): Dr. Frank Mentrup (Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe), Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut (Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus), Prof. Holger Hanselka (Präsident des KIT), Ministerpräsident Winfried Kretschmann, Theresia Bauer (zum Veranstaltungszeitpunkt Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst), geführt von Prof. Jürgen Fleischer (Leiter des wbk Instituts für Produktionstechnik des KIT) (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

tigsten wissenschaftlichen Communities im Bereich der Produktionstechnik. Das STC-C befasst sich mit Verfahren und Techniken zur Formgebung von Bauteilen durch Materialabtrag (Drehen, Fräsen usw.), einschließlich der Prozesse der Spanbildung, der physikalischen Gesetze des Schneidwerkzeugverschleißes und der Faktoren, die die Oberflächenqualität beeinflussen. Die CIRP ist die weltweit führende Organisation im Bereich der produktionstechnischen Forschung und steht an der Spitze der Entwicklung, Optimierung, Steuerung und Verwaltung von Prozessen, Maschinen und Systemen. Mit sechs Mitgliedern (Prof. Jürgen Fleischer, Prof. Gisela Lanza, Prof. Volker Schulze, Prof. em. Hartmut Weule, Dr.-Ing. Frederik Zanger und Dr.-Ing. Sina Peukert (Research Affiliate) ist das Team des wbk sehr engagiert in der CIRP.

CIRP Affiliate

Wir gratulieren unserer Oberingenieurin Dr.-Ing. Sina Peukert zur Aufnahme in das Research Affiliates Program der Internationalen Akademie für Produktionstechnik (CIRP). Ziel des üblicherweise dreijährigen Programms ist es, ein nachhaltiges CIRP-Netzwerk herausragender junger Forschender auf dem Gebiet der Produktionstechnik aufzubauen, zu entwickeln und zu fördern.

Honorarprofessur

Des Weiteren gratulieren wir Dr.-Ing. Thomas Herlan von Herlanco herzlich zu seiner Berufung zum Honorarprofessor im Rahmen des KIT-Maschinenbautags 2022. ■



Bewegende Worte des baden-württembergischen Ministerpräsidenten (Foto: Markus Breig, KIT)



Forschungsbereich

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)



**Ansprechpartner am wbk:
Institutsleiter (FWT)**
Prof. Dr.-Ing. habil.
Volker Schulze
volker.schulze@kit.edu

Die Prozessschritte vom Rohstoff beziehungsweise Halbzeug hin zum fertigen Bauteil entlang der Prozesskette beeinflussen signifikant die resultierenden Bauteileigenschaften. Bedingt durch die gegenseitige Beeinflussung ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklung, Produktion und Werkstofftechnik erforderlich. Bei der Entwicklung neuer Produkte ist dies eine zentrale Ingenieursaufgabe. Angesichts des hohen Entwicklungsstands verfügbarer Prozesse gelten die damit verknüpften Fragen als ein vorrangiges Themenfeld für die Forschungsarbeiten in der Fertigungstechnik. Sowohl die grundlagenorientierte Untersuchung und Optimierung etablierter als auch die Entwicklung neuer innovativer Fertigungsprozesse und Prozessketten in den Bereichen Zerspanung, Verzahnungsherstellung, additive Fertigung sowie Wärme- und Oberflächenbehandlung zählen zu den Kernkompetenzen des Bereichs Fertigungs- und Werkstofftechnik. Diese werden in enger Zusammenarbeit mit der Industrie stetig weiterentwickelt und optimiert.

Der Aufbau von Prozessketten und deren Optimierung durch Integration mehrerer Fertigungsverfahren in eine Maschine wird dabei ebenfalls untersucht. Der Fokus liegt auf additiven und spanenden Fertigungsverfahren.

Neben klassischen Bohr-, Dreh-, Räum- und Fräsprozessen zählen hochproduktive und kinematisch herausfordernde Verfahren wie Wälzschälen, Polygondrehen und Wirbeln zum Portfolio der zerspanenden Verfahren. Zur gezielten Konturierung von Oberflächen werden neben dem Tauchgleitschleifen die Komplementärzerspanung, das Hämmernde

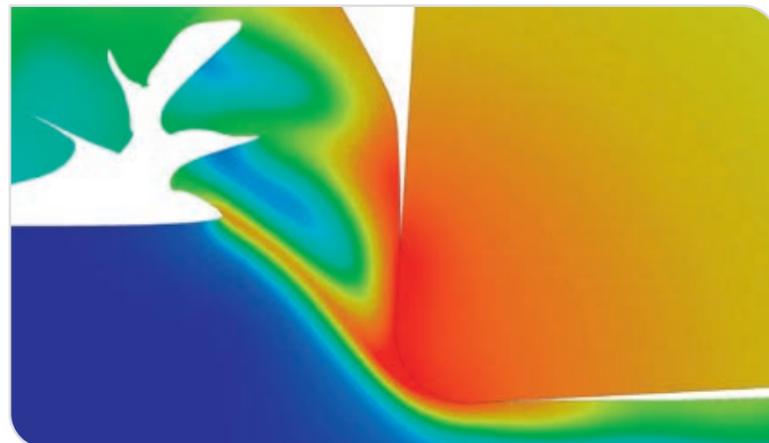
Drehen und das Taumelfräsen untersucht und weiterentwickelt. Bei den Untersuchungen im Bereich der Verbundwerkstoffe wie CFK, GFK und MMCs liegt der Fokus auf einer möglichst schädigungsarmen Bearbeitung.

Mithilfe neuer Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Prozessen und Bauteilen werden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) des Karlsruher Instituts für Technologie über Surface Engineering Bauteile untersucht und ihre Eigenschaften definiert eingestellt. Hierbei stehen besonders Charakteristika der Bauteilrandzonen wie Topografie, Gefüge sowie Eigenspannungs- und Verfestigungszustände im Vordergrund, die durch den Fertigungsprozess bestimmt werden und einen großen Einfluss auf die Eigenschaften bei schwingender oder tribologischer Beanspruchung besitzen.

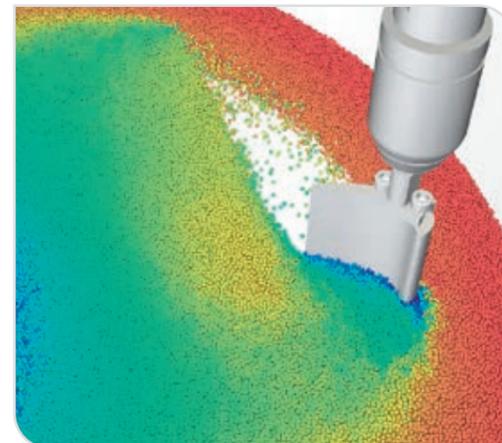
Richtungsweisend hierfür ist unter anderem das in der FWT koordinierte DFG-Schwerpunktprogramm *Oberflächenkonditionierung in der*



Bauplatzform mit Bauteilen in einer PBF-LB-Anlage



Simulation der Spanbildung von Titanlegierungen



Partikelsimulation des Tauchgleitschleifprozesses

Zerspanung (SPP 2086). Es verspricht Fertigungsprozesse zu verbessern, um den steigenden Anforderungen der Industrie an Produktivität, Bauteilqualität und Ressourceneffizienz gerecht zu werden. Kernidee ist die In-Process-Regelung von üblichen Zerspanungsprozessen, um die Bauteileigenschaften und Randschichtzustände zu optimieren. Softsensoren ermöglichen dabei den Blick auf sonst nicht oder nur schwer messbare Zustände der Randschicht, die so als Regelgröße nutzbar werden. Eine enge Kooperation von Fertigungs-, Mess- und Werkstofftechnik und die Verwendung von modernen Machine-Learning-Techniken stützen das Vorhaben.

Additive Verfahren zur Herstellung von Keramiken und Metallen werden ebenfalls untersucht. Die additive Fertigung findet immer dort Verwendung, wo die geforderten geometrischen Komplexitäten mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht mehr oder nur noch sehr schwer herstellbar sind. Hier liegt der Fokus auf der gesamten Prozesskette, welche in enger Kooperation mit der Industrie untersucht wird. Beginnend bei der Pulververdüsung über die Verarbeitung in der additiven Fertigungsanlage bis hin zu Wechselwirkungen mit nachfolgenden Prozessen werden die Teilschritte tiefergehend untersucht. Die Herstellung von Keramiken erfolgt



Zweistufiges Zahnrad mit Störkontur



Gewirbelte Knochenschrauben

durch die badbasierte Photopolymerisation unter Verwendung selbstentwickelter innovativer Schlicker. Das Ziel ist die ganzheitliche Optimierung der Prozessketten zur industriellen Anwendungen der additive Fertigung.

Die Simulation von Fertigungsprozessen ermöglicht es, das Prozessverständnis zu erweitern und entspricht einer der Kernkompetenzen der FWT. Mithilfe detaillierter Modelle werden unterschiedlichste Aspekte der Fertigungsprozesse untersucht, wie beispielsweise die Spanbildung, die Kinematik, der Werkzeugverschleiß, die thermo-mechanischen Lastkollektiven, den Bauteilverzug nach additiver Fertigung und Pulververteilung.

Die Simulationen ermöglichen die Reduzierung des Versuchsaufwands, unterstützen die effiziente Auslegung von Bearbeitungsstrategien und ermöglichen die Abbildung ganzer Prozessketten sowie die Berechnung der CO₂-Bilanz des Prozesses. So können Prozesse sowohl effizienter als auch nachhaltiger gestaltet werden.

Digitalisierung und KI-Techniken werden in die Betrachtungen integriert, um Maschinen zu überwachen und Informationen in Echtzeit zu generieren, wie etwa den Werkzeug- oder Maschinenkomponentenverschleiß oder die Stabilität des Bearbeitungsprozesses. Neue Datenökosysteme wie Gaia-X helfen bei der korrekten Speicherung, Visualisierung, Nachbearbeitung und anschließenden Verwendung der Daten in KI-Techniken. ■



Additiv hergestelltes Bauteil vor dem Sintern (Fotos: wbk)

Forschungsprojekt FWT

AddAlB₄C: Hochharte und feste Keramikpartikelverstärkte Aluminiumwerkstoffe für das pulverbettbasierte selektive Laserschmelzen



Ansprechpartner am wbk:
Victor Lubkowitz, M.Eng.
Telefon: +49 1523 950 2646
victor.lubkowitz@kit.edu

Ziel des Vorhabens

In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden Aluminiumwerkstoffe mit hoher Festigkeit benötigt, die mittels pulverbettbasiertem Laserschmelzen (engl. powder bed fusion - laser beam, PBF-LB) verarbeitet werden können. Dadurch soll die Herstellung von funktionsorientierten Leichtbaustrukturen ermöglicht werden. Aktuell werden entsprechende hochfeste Aluminiumlegierungen durch die Zugabe der seltenen Erde Scandium hergestellt.

Härte und Festigkeitssteigerungen in metallischen Materialien können alternativ durch die Zugabe von keramischen Partikeln eingestellt werden. Diese Werkstoffklasse wird als Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe (engl. Metal Matrix Composites, MMC) bezeichnet und verknüpft die Duktilität der metallischen Werkstoffe mit der Härte und Festigkeit von keramischen Werkstoffen. Die Herstellung dieser vorteilhaften Werkstoffklasse erfolgt aktuell meist durch Rührgießen bzw. metallisches Spritzgießen.

Ziel des Verbundprojekts AddAlB₄C mit der Industriekeramik Hochrhein GmbH ist es, einen hybriden Verbundwerkstoff aus AlSi10Mg und der Keramik Borcarbid (B₄C) für den PBF-LB-Prozess zu entwickeln, um hochfeste Aluminiumlegierungen ohne seltene Erden herzustellen. Dazu sollen die Prozessstellgrößen für die Verarbeitung optimiert und die mechanischen Eigenschaften ermittelt werden, um schließlich eine Markteinführung eines solchen Verbundwerkstoffs zu ermöglichen.

Vorgehensweise

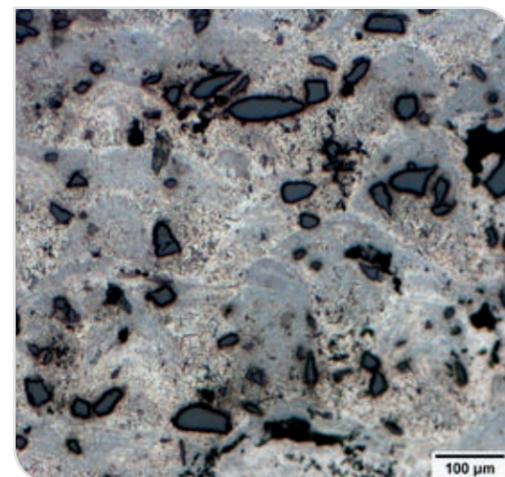
Zur Erreichung des Projektzieles sind verschiedene Prozessschritte notwendig. Beginnend werden die feinen B₄C-Partikel mit Nanopartikeln belegt, um die Fließfähigkeit und damit die Verarbeitbarkeit im PBF-LB-Prozess zu ermöglichen. Anschließend werden diese belegten Partikel in das Aluminiumpulver homogen gemischt. Alternativ dazu wird ein mit hohem Risiko behafteter Vertropfprozess zur Herstellung von 40 µm Partikeln, die beide Werkstoffe enthalten, untersucht. Der neue Pulverwerkstoff wird anschließend im PBF-LB-Prozess verarbeitet und die Prozessstellgrößen, unterstützt durch Einkoppelgradmessungen, angepasst, um dichte Probekörper herstellen zu können. Abschließend werden die mechanischen Eigenschaften des Materials untersucht und mit verschiedenen anderen Werkstoffen zur Einordnung des Leichtbaupotentials verglichen.

Ergebnisse

In ersten Versuchen wurde ein gemischtes Verbundmaterial mit einem Volumengehalt von 15 vol% B₄C und einer Partikelgröße von durchschnittlich 20 µm ohne Nanopartikelbelegung im PBF-LB-Prozess verarbeitet. Dabei konnte ein erstes Prozessfenster für die Herstellung identifiziert werden, in dem die Keramikpartikel im Prozess nicht zersetzt und ein relativ dichtes Material erzeugt werden kann. Weiter weist das Material eine signifikant gesteigerte Härte auf, die grundsätzlich auf eine Festigkeitssteigerung des Materials hinweist.



Verschiedene keramische und metallische Ausgangspulverwerkstoffe (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)



Mikroskopaufnahme MMC-Material (Foto: wbk)

Forschungsprojekt FWT

SPP FluSimPro – Multiskalige numerische Modellierung und Optimierung der Wirkung des Kühlschmierstoffs beim Wälzschälen

Ziel des Vorhabens

Das übergeordnete Ziel des Projekts ist es, die Wirkung des Kühlschmiermittels auf die Spanbildung modellbasiert zu optimieren, in dem – kinematisch komplexen und für den Kühlschmierstoff (KSS) schlecht zugänglichen – Zerspanungsprozess Wälzschälen. Die Spannungsbedingungen beim Wälzschälen variieren entlang der Schneide und während des zeitlichen Prozessablaufs. In einer überlagerten Wälz- und Schnittbewegung entstehen Mehrflankenspäne mit verschieden starker Spanumformung. Die entstehenden Späne stören den Prozess immer wieder, indem sie an den Werkstück- und Werkzeugoberflächen anhaften oder zwischen Werkstück und Freifläche geraten. Hierdurch kommt es zu Spanklemmern, welche sich negativ auf die Oberflächenqualität und den Werkzeugverschleiß auswirken. Die dominanten Faktoren für die Spanbildung sind die Prozessstellgrößen, sowie die Kühlschmierwirkung zwischen Span und Spanfläche. Eine modellbasierte Prozessoptimierung erfordert sowohl die Berücksichtigung der KSS-Zufuhr als auch der KSS-Verteilung unter den dynamischen Randbedingungen im Prozess. Insbesondere die wirksamen Kühl- und Schmiereffekte auf der Spanfläche sind zu beschreiben, um die Spanbildung adäquat abzubilden. Die wirksamen Mechanismen sind jedoch zu komplex, um den gesamten Prozess in einem einzigen Simulationsmodell abzubilden und werden multiskalig in den Teildisziplinen der Spanbildung, Strömungsphänomen und Tribologie untersucht.

Vorgehensweise

In dem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) FluSimPro - Effizientes Kühlen, Schmierern und Transportieren – Gekoppelte mechanische und fluid-dynamische Simulationen zur Realisierung effizienter Produktionsprozesse (SPP2231) werden die Spanbildungsmechanismen vom wbk Institut

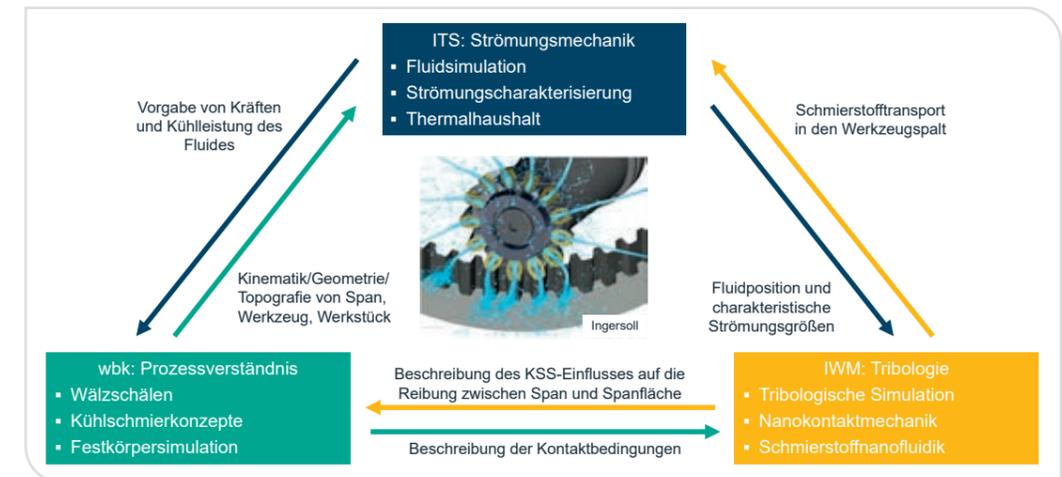
für Produktionstechnik, die Strömungsphänomene vom Institut für Thermische Strömungsmaschinen (ITS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sowie die Tribologie der Reibpartner durch das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) beim Wälzschälen auf multiplen Skalen untersucht. Dabei wird mit einem Strömungsmodell der am Prozess beteiligten Fluide, das mit einem Spanbildungs- und einem Reibmodell gekoppelt ist, die Kühlschmierstoffzufuhr und ihre Wirkung auf Spanbildung und -transport abgebildet und validiert. Die Kopplung der Teilgebiete erfolgt in iterativen Schritten bei denen gewählte Ergebnisgrößen zwischen den Simulationsmodellen als Randbedingungen implementiert werden.

Ergebnisse

Durch die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Institute bei der Entwicklung des Multiskalensimulationen werden die wichtigsten Teilgebiete der Zerspanung betrachtet. Basierend auf dem initial entwickelten Simulationsmodell ist es möglich, die skalenübergreifenden Wechselwirkungen der Entstehungsmechanismen von Spanklemmern beim Wälzschälen von der Mikro- bis hin zur Makroskala nachvollziehen und beschreiben zu können. Basierend auf dieser gesamtheitlichen Betrachtung der Entstehungsmechanismen können geeignete Schnittstrategien und deren Kühlung und Schmierung ausgelegt werden, um eine beherrschbare Produktion von Innenverzahnungen ohne Spanklemmer zu ermöglichen.



Ansprechpartner am wbk:
Florian Sauer, M.Eng.
Telefon: +49 1523 950 2592
florian.sauer@kit.edu



Interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Realisierung der Multiskalen Kopplung (Abbildung: Ingersoll)



Forschungsbereich

Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)



Ansprechpartner am wbk
Institutsleiter (MAP)
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
juergen.fleischer@kit.edu

Maschinen und Anlagen für die industrielle Produktion müssen eine hohe Robustheit gegenüber volatilen, politischen, wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen aufweisen, um dem steigenden internationalen Wettbewerbsdruck auch in unsicheren Zeiten gerecht zu werden. Neben der Minimierung von Investitions- und Instandhaltungskosten rücken zunehmend Anforderungen an die Stückzahl- und Variantenflexibilität sowie an den Umgang mit neuen und teilweise unreifen Produktionsprozessen in den Vordergrund – beispielsweise, aber nicht nur, in der Elektromobilität. Insbesondere in Anwendungsfeldern, in welchen Produkteigenschaften und Prozessparameter noch weitgehend unbekannt sind und Maschinen, Anlagen sowie Prozessketten bedarfsgerecht konfiguriert werden müssen, sind interdisziplinäre Fachkompetenzen gefordert, um effiziente produktionstechnische Lösungen zu entwickeln. Um die im zunehmend internationalen Wettbewerb gehobenen Marktanforderungen zu erfüllen und damit die Rahmenbedingungen für eine dauerhafte Produktion an Hochlohnstandorten zu schaffen, muss die Entwicklung von Produkt- und Produktionstechnologie mehr denn je in enger Kooperation erfolgen. Zukünftige Generationen mechatronischer Produkte und die zugehörige Produktionstechnik integrieren dafür neben der klassischen Mechanik zunehmend intelligente informationstechnische Bausteine sowie Leistungs- und Regelungselektronik, um immer schnellere, flexiblere und effizientere Lösungen anbieten zu können. Zudem können die im Produktions- und Nutzungszyklus anfallenden Daten beispielsweise

mit Methoden der Künstlichen Intelligenz entschlüsselt und für zielgerichtete Optimierungen genutzt werden – ein disruptiver Lösungsansatz mit großem wirtschaftlichen Potenzial, dem insbesondere durch die interdisziplinären Forschungsarbeiten in der Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion Rechnung getragen wird. Die Kernkompetenzen des Forschungsbereiches Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung liegen in der ganzheitlichen Optimierung etablierter und unreifer Prozessketten, in der Erarbeitung neuartiger Verfahren und Prozesse sowie in der Konzeption, Auslegung und Integration von intelligenten, ressourceneffizienten Maschinenkomponenten. Im Fokus der Forschungsarbeiten stehen Handhabungs- und Montagetechnologien, kinematische Fertigungsprozesse, die (modulare) Entwicklung und Erprobung mechatronischer Komponenten sowie die Charakterisierung und Modellierung von unreifen Produktionsprozessen. Anwendungsfelder sind Werkzeugmaschinen sowie Fertigungs- und Montageanlagen für die additive Fertigung, den hybriden Leichtbau und die Elektromobilität. Neben der Grundlagenforschung werden dabei in besonderem Maße auch industrielle Partner in die Forschungstätigkeiten eingebunden, um Fragestellungen und Problemen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie produzierender Unternehmen praxisnah begegnen zu können. Ein besonderes Augenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten liegt auf dem effizienten Umgang mit Energie und Materialressourcen sowie auf der wachsenden Digitalisierung und Vernetzung von Maschinen und Prozessketten, um die Effizienz

und Wirtschaftlichkeit von Produktionsanlagen und -systemen zu steigern. Diese Zielsetzungen sowie die einhergehenden wissenschaftlichen Fragestellungen müssen in Zusammenarbeit mit den Forschungs- und Industriepartnern bereits während der Konzeptionsphase der Forschungsarbeiten berücksichtigt werden.

Ein aktuelles Forschungsthema im Anwendungsfeld Werkzeugmaschinen und Mechatronik ist etwa die digitale Befähigung von Maschinen und Robotern zur Maximierung der Anlagenausnutzung und Präzision. Beispiele hierfür sind eine entwickelte Referenzarchitektur zur Abbildung sensierter individueller Maschineneigenschaften in adaptiven digitalen Zwillingen sowie genauigkeitsoptimierte Konfigurations-, Bahn- und Trajektorienplanungen für Roboter auf Basis optischer Messtechnik. Weitere Themen sind die Sammlung und Verknüpfung produktionsrelevanter Daten wie Verschleißfortschritt von Maschinenkomponenten in zukünftigen Dateninfrastrukturen wie GAIA-X, ressourcenoptimierte Handhabung und Speicherung dieser Daten sowie neuartige KI-Ansätze, um der Herausforderung kleiner Datenmengen in Produktionsanwendungen zu begegnen.

Um die Entwicklungen und Erkenntnisse im Bereich der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens auch schnell in die Industrie und vor allem kleine und mittelständische Unternehmen transferieren zu können, wurde außerdem mit der Einrichtung des Karlsruher Zentrums für KI in der Zerspanung (Pro-KI-Karlsruhe) begonnen. Pro-KI-Karlsruhe wird gemeinsam mit dem Institut für Arbeitswissenschaften und Betriebsorganisation (ifab) sowie dem Lehrstuhl für Interaktive Echtzeitsysteme (IES) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) aufgebaut und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bis Ende 2024 gefördert. Es bietet Unternehmen eine zentrale Anlaufstelle zur praxisnahen Nutzung von KI mit Transferangeboten in Form von Schulungen, Demonstratoren und unternehmensindividueller Beratung mit anwenderspezifischen Use Cases.

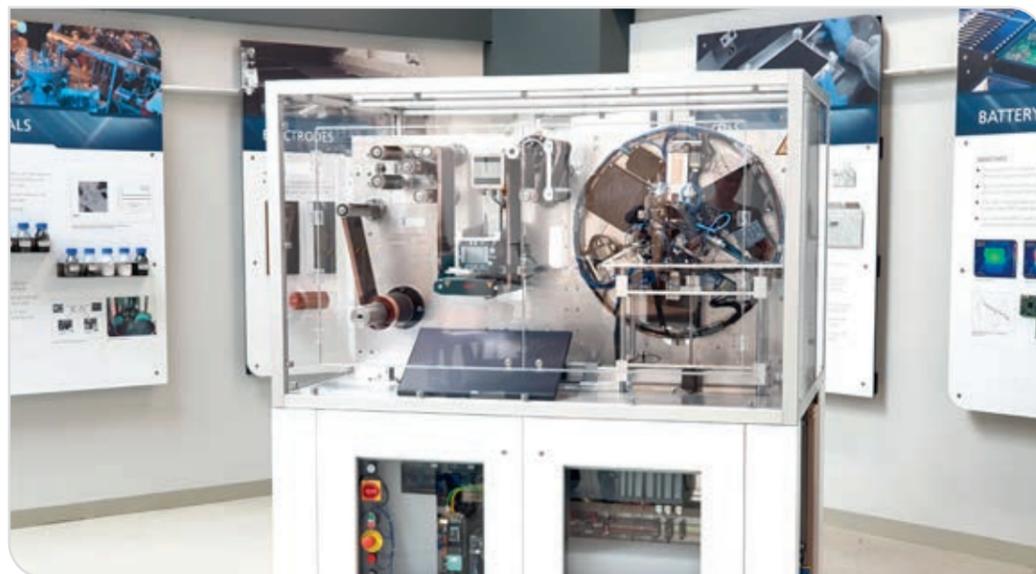
Im Anwendungsfeld Leichtbaufertigung werden neben Prozessautomatisierungslösungen für die Fertigung von faserverstärkten Kunststoffstrukturen und für die additive Fertigung auch Ansätze entwickelt, um Leichtbaupotenziale schon in frühen Entwicklungsphasen zu heben und Auswirkungen auf die Produktion und die Nachhaltigkeit der Produkte abzuschätzen. Die Erkenntnisse daraus fließen in die Entwicklung von angepassten Technologien zur Herstellung hybrider Strukturen ein, die es ermöglichen, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal



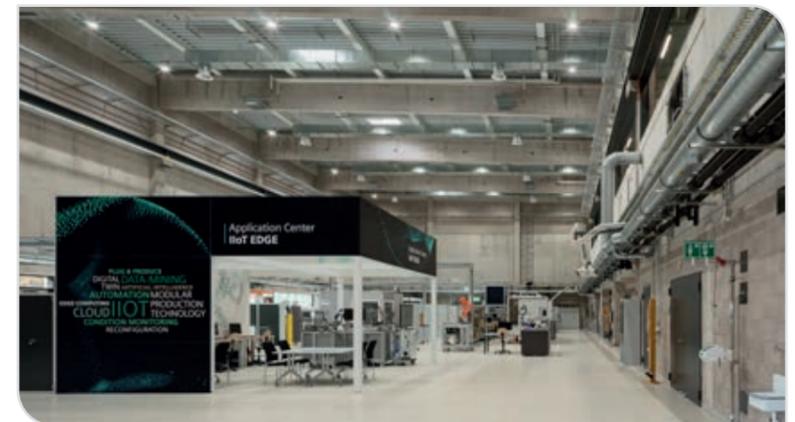
Versuchsumgebung zur robotergestützten Demontage von Batteriemodulen (Foto: KIT, Amadeus Bramsiepe)

zu kombinieren. Darüber hinaus wird untersucht, wie synthetische durch biobasierte Materialien ersetzt werden können und wie solche biobasierten Produkte automatisiert hergestellt werden können.

Im Kontext der Elektromobilität werden unreife Handhabungs- und Fertigungsprozesse für die automatisierte Produktion von Batterien, Brennstoffzellen sowie elektrischen Antrieben erforscht und optimiert. Darüber hinaus werden neue Verfahren und Prozesse erarbeitet und für die industrielle Anwendung qualifiziert. Forschungsthemen stellen die Steigerung der Qualität und Effizienz durch eine datenbasierte Optimierung von Prozessparametern, der Aufbau eines ganzheitlichen Prozessverständnisses mittels theoretischer und empirischer Modellierungsansätze sowie die Entwicklung von modularen und flexiblen Lösungen für höchste Agilität und softwarebasierte Wandlungsfähigkeit in der Produktion dar. Darüber hinaus steht die parallele Erarbeitung produkt- und produktionsspezifischer Lösungen im wissenschaftlichen Mittelpunkt aktueller Forschungsarbeiten mit universitären und industriellen Kooperationspartnern. ■



Demonstratoranlage eines neuartigen, flexiblen Verfahrens zur Vereinzelung von Elektroden und Stapelbildung von Batteriezellen. (Foto: wbk)



Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion am KIT Campus Ost (Foto: Daniel Wieser, Architektur fotografie)

Forschungsprojekt MAP

InnovationsCampus Mobilität der Zukunft – Digitale Befähigung von Werkzeugmaschinen und hochpräzisen Fertigungssystemen



Ansprechpartner am wbk:
Robin Ströbel, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2603
robin.stroebel@kit.edu

In den Projekten des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) fokussiert sich die Gruppe Werkzeugmaschinen und Mechatronik (WZMM) auf die Befähigung der Werkzeugmaschine. Ziel ist es dabei die Performance von Bearbeitungsmaschinen softwareseitig zu erhöhen. Die folgenden zwei Projekte fokussieren sich dabei auf die jeweils auf optimale Maschinenausnutzung sowie erreichbare Fertigungsqualität.

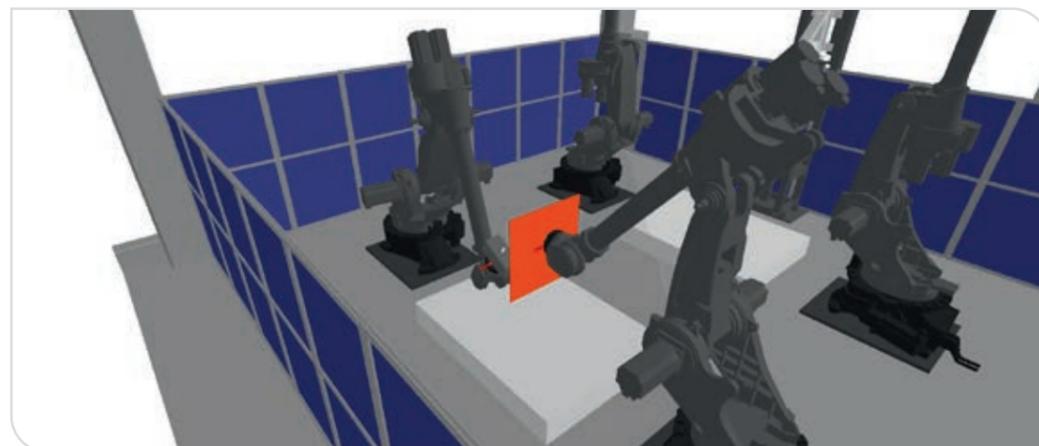
SDMflex

Um den Anforderungen immer kürzerer Produktlebenszyklen sowie einer zunehmenden Individualisierung gerecht werden zu können, ist eine optimale Maschinenausnutzung unabdingbar. Diese ist nur möglich, wenn die individuellen Maschinenfähigkeiten kontinuierlich bestimmt und in Form eines adaptiven digitalen Zwillinges zur Verfügung gestellt werden. Dieser Problemstellung widmet sich das Projekt SDMflex. Kernelement stellt hierbei eine Referenzarchitektur für die Erstellung von digitalen Zwillingen dar. Diese muss für den neuen Use Case um ein Modul für die Abbildung adaptiver Fähigkeiten erweitert werden. Weiter fasst es das Projekt als integraler Bestandteil auf, dass alle Verbindungen, sowohl von der Maschine zum in der Cloud vorliegenden digitalen Zwilling als auch vice versa, automatisch aufgebaut werden, um eine möglichst einfache Anwendung sicherstellen zu können. Hierfür werden alle benötigten Datenquellen erschlossen, automatisch verbunden und in den digitalen Zwilling der Maschine eingebunden. Für diesen werden im Projekt zwei Anwendungen umgesetzt:

Ein Modul beschäftigt sich mit der Abbildung von Prozess-Maschine-Umgebungs-Wechselwirkungen. Ein weiteres Modul stellt die automatisierte Bestimmung des prozessabhängigen Werkzeug- und Komponentenzustandes dar. Beide Module bilden einen einfach zu übermittelnden Index, welcher dem digitalen Zwilling zur Verfügung gestellt wird. Dieser ist nun in der Lage seine Repräsentation der Maschine adaptiv der Realität anzupassen und optimierend in den Bearbeitungsprozess einzugreifen. Die Funktionalität des Gesamtsystems soll abschließend anhand der Produktion einer Gehäuseplatte mit Kühlrippen für Elektromotoren untersucht und validiert werden.

SDPräFlexBot

Im Zuge der Flexibilisierung von Produktionssystemen kommen immer häufiger roboterbasierte Systeme zum Einsatz. Diese reichen jedoch hinsichtlich ihrer Präzision nicht an Werkzeugmaschinen heran. Ziel des SDPräFlexBot Projekt ist es daher, einfache Roboterkinematiken durch hochgenaue optische Messtechnik und softwaregetriebene adaptive Genauigkeitsoptimierte Konfigurations-, Bahn-, und Trajektorienplanung für hochpräzise Produktionsaufgaben zu befähigen. Dabei wird die Grundpräzision durch das Anbringen einer Kamera erhöht, während der Einfluss der Gelenkfehler durch geeignete Roboterposen minimiert wird. Um eine optimale Pose bei komplexen Schweißbahnen zu garantieren wird ein zweiter Roboter genutzt, der das Werkstück neu positioniert. Die Abbildung unten zeigt zwei Roboter, überwacht von sechs Kameras. ■



Simulation der Wertstromkinematikzelle zur Demonstration des Projekts SDPräFlexBot (Abbildung: wbk)

Forschungsprojekt MAP

Leuchtturmprojekte zur agilen Batteriezellproduktion und -kreislaufführung am Standort Baden-Württemberg

Ziel des Vorhabens

Der zunehmende Fokus der Elektromobilität auf den batterieelektrischen Antriebsstrang für die PKW-Sparte ist ein starker Treiber der weltweiten Entwicklung von Batteriesystemen. Während derzeitige Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten hauptsächlich auf großvolumige und unflexible Transferstraßen für den Einsatz in Gigafactories ausgerichtet sind, liegt der Forschungsschwerpunkt des wbk Institut für Produktionstechnik auf der Befähigung einer hochflexiblen Batteriezellproduktion für kleine und mittlere Stückzahlen. Dieser Ansatz ermöglicht es sowohl der volatilen Nachfrage als auch der zunehmenden Individualisierung von Batteriesystemen Rechnung zu tragen. Insbesondere für Anwendungen abseits der automobilen Großserienproduktion, beispielsweise in den Bereichen Power-Tools, Smart Devices, E-Bikes oder Medical, ermöglicht dieser Ansatz die Produktion individueller Batteriezellen, die material-, format- und stückzahlflexibel auf ihren jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden können. Darüber hinaus bietet die agile Anlagentechnik ein großes Potenzial hinsichtlich der schnellen Adaption auf zukünftige Zellchemien und Produktionstechnologien. Derzeit ist noch nicht erforscht, unter welchen Randbedingungen eine solche agile Batteriezellproduktion wirtschaftliche Betriebsbereiche aufweisen kann oder welche Voraussetzungen für eine industrielle Umsetzbarkeit gegeben sein müssen. Hierfür gilt es, ein Fabrikkonzept auszu-

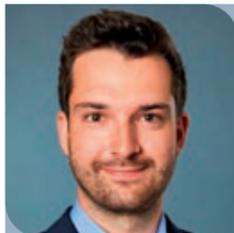
arbeiten und dieses hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Vorgehensweise und Ergebnisse

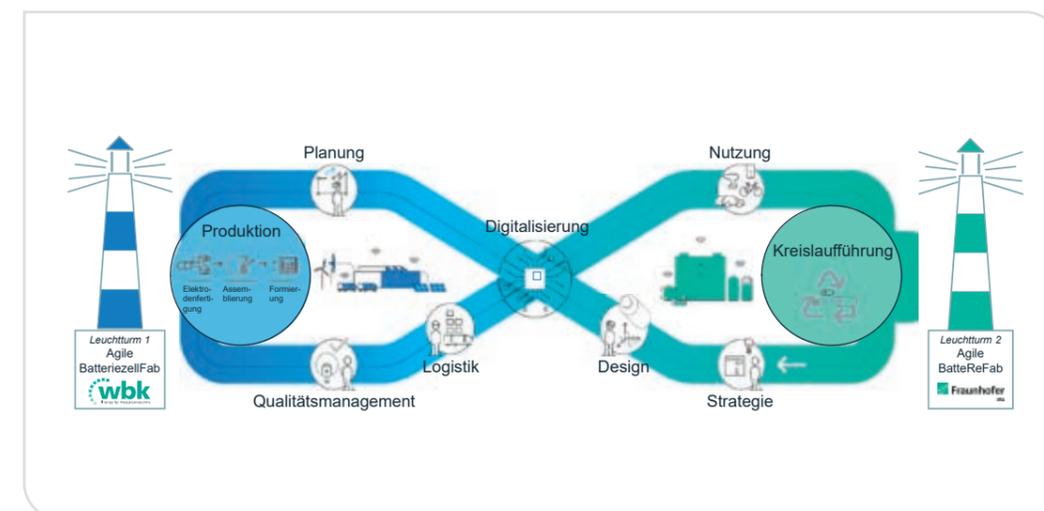
Unter dem Dachkonzept der agilen Kreislauffabrik wird in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) die Konzeptionierung und Wirtschaftlichkeitsbewertung des agilen Produktionssystems erarbeitet. Durch das Gesamtstruktur aus agiler Produktion und Recycling (siehe Abbildung) soll die Grundlage für eine lebenszyklusübergreifende Digitalisierung geschaffen werden, wodurch für die Kreislaufführung benötigte Produktionsdaten direkt zur Verfügung gestellt werden. Aus dem kostentechnischen Vergleich der agilen Batteriezellproduktion gegenüber einer Laborproduktion sowie der industriellen Serienproduktion einer Gigafactory sollen Stückzahlkorridore identifiziert werden, die einen wirtschaftlichen Betrieb der agilen Batteriezellproduktion ermöglichen. Auf Basis dessen gilt es, potentielle Anwender zu identifizieren. In Zusammenarbeit mit baden-württembergischen Maschinen- und Anlagenbauern sollen anschließend Business-Cases abgeleitet und in die Konzeption der Produktionsmodule überführt werden. Darüber hinaus werden die für einen Betrieb der Kreislauffabrik erforderlichen Daten- und Materialflussstrukturen konzeptioniert sowie potentielle Betreiber- und Finanzierungskonzepte erarbeitet. ■



Ansprechpartner am wbk:
Nils Schmidgruber, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2604
nils.schmidgruber@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Sebastian Schabel, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2567
sebastian.schabel@kit.edu



Lebenszyklusübergreifende Digitalisierung als Dachkonzept der agilen Kreislauffabrik Batterie BW (Abbildung: wbk)



Forschungsbereich

Produktionssysteme (PRO)



Ansprechpartnerin am wbk:
Institutsleiterin (PRO)
Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
gisela.lanza@kit.edu

Die industrielle Produktion zeichnet sich heute durch einen hohen Grad an Individualisierung aus. Dazu kommt eine zunehmende Volatilität hinsichtlich der zu produzierenden Produkte, was zur Folge hat, dass Produktionssysteme, sowie die Intralogistik als zentraler Bestandteil, hohe Anforderungen hinsichtlich Flexibilität und Wandlungsfähigkeit erfahren. Der Forschungsbereich Produktionssysteme (PRO) am wbk Institut für Produktionstechnik betrachtet Ansätze zum Planen, Bewerten und Regeln der Produktion der Zukunft, das heißt: robuste Prozesse in agilen Produktionssystemen in einer globalen, digitalisierten Produktionsumgebung. Eine zentrale Herausforderung besteht heute vor allem darin, in sich schnell verändernden Märkten und unter nicht vorhersagbaren Bedingungen wirtschaftlich zu agieren. Insbesondere in der industriellen Produktion ist diese Herausforderung aktuell aufgrund von Krieg und Lieferkettenstörungen, der Transformation zu neuen Mobilitätskonzepten oder Lieferengpässen von Energie deutlich zu erkennen. Eine Kernkomponente von Industrie 4.0 ist dabei das Ziel, hochwandlungsfähige Produktionssysteme zu befähigen. Die Stückzahl und der Variantenreichtum der zu fertigenden Produkte sowie die dazu notwendigen Prozesstechnologien sind die größten Wandlungstreiber. Eine konsequente Umsetzung derartiger Wandlungsfähigkeit über die gesamte Zulieferkette ermöglicht

auch die schnellere Einführung neuer Produkte. Ein Forschungsziel ist deshalb, schon bei kleineren Losgrößen eine wirtschaftliche Automatisierung sowie wandlungsfähige Produktion über die gesamte Zulieferkette hinweg zu ermöglichen. Zur erfolgreichen Umsetzung sind Produktionssysteme hardwareseitig oft bereits modular gestaltet und können bei Bedarf mechanisch umgebaut werden. In der zugehörigen Software wird dies jedoch bisher starr abgebildet und erlaubt daher nur eine eingeschränkte Flexibilität und keine echte Wandelbarkeit. Sämtliche Softwareänderungen aufgrund von Fehlern, Defekten und insbesondere der Schaffung von Mehrwertdiensten zu neuen Fertigungsprozessen sowie Personalunterstützung, Regelungsmethoden, Optimierungsverfahren, Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI), usw. sind daher zeitaufwendig und wenn überhaupt nur eingeschränkt durchführbar. Die Entwicklung von Software stellt inzwischen den Hauptkosten- und -risikofaktor für viele Unternehmen dar und der Softwareanteil in der Wertschöpfung nimmt stetig zu. Unser Ziel am wbk ist es somit, daraus einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu schaffen.

Darüber hinaus befasst sich die PRO intensiv mit der zirkulären Produktion, also beispielsweise der Wiederaufarbeitung von Altteilen, und mit weiteren Aspekten einer nachhaltigen Produktion, wie

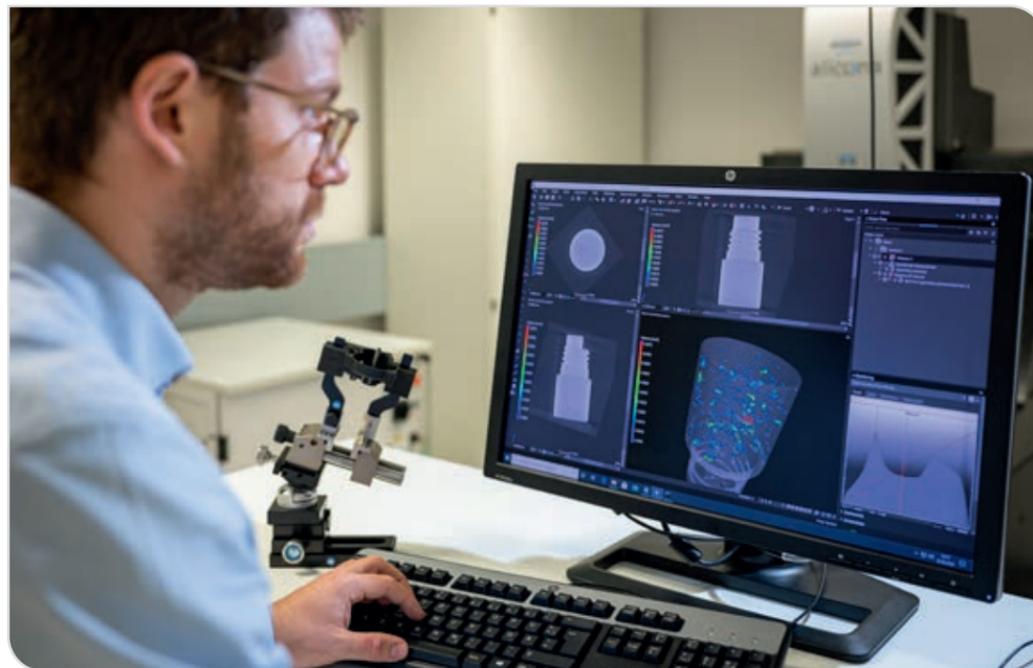
der Reduzierung von Ausschuss und des Ressourcenbedarfs für die Produktion. Zur gezielten Planung und Steuerung globaler Produktionsnetzwerke werden Methoden zur Einführung des „Global Footprint“ entwickelt und alternative und resiliente Migrationspfade untersucht. Im Bereich der Qualitätssicherung wird an der Befundung von Rückläufern geforscht, wozu insbesondere KI-Verfahren in Kombination mit optischen Messsystemen zum Einsatz kommen. Außerdem stellt die Demontage besondere Herausforderungen an die Produktionsplanung und -steuerung, da etwa Demontagevorranggraphen sich von den gängigen Montagevorranggraphen unterscheiden – insbesondere aufgrund eines divergierenden Materialflusses. Ein weiterer Fokus liegt auf der Technologievorausschau unreifer Fertigungstechnologien, wie etwa additiver Verfahren, sowie Entscheidungsunterstützungssystemen, welche das gezielte Produkt-Produktions-Codesign unterstützen.

Zur Beherrschung höchster Prozessqualität, besonders bei unreifen Fertigungsprozessen, zum Beispiel zur Herstellung von Faserverbundbauteilen, Batterie und Brennstoffzellen sowie additiv gefertigten Bauteilen, beschäftigt sich das Institut intensiv mit der Entwicklung prozessnaher und -integrierter Messtechnik. Damit können früh im Bauteilentstehungsprozess eventuell fehlerhafte



Remanufacturing: Werterhalt am Beispiel der Elektromotorfertigung (Foto: wbk)

produzierte Bauteile erkannt und entsprechende Maßnahmen (z.B. Anpassung der Prozessparameter) umgesetzt werden. Als Messtechnik werden dabei verschiedene Sensoren, wie Mikrofone oder Kameras, verwendet. Erfolgsversprechend für die Verbesserung der Messtechnik sind dabei die Prinzipien der Datenfusion unterschiedlicher Sensoren und die Integration von Vorwissen zur automatisierten Messdatenauswertung. So können intelligente Qualitätsregelkreise umgesetzt und die Wirtschaftlichkeit und Ressourcenschonung der Prozesse erhöht werden. ■



Messdatenfusion und Integration von Vorwissen für die industrielle Computertomographie (Foto: wbk)



Virtual und Augmented Reality zur Produktions- und Prozessplanung (Foto: wbk)

Forschungsprojekt PRO

Software-defined Manufacturing für die Fahrzeug- und Zuliefererindustrie

Ziel des Vorhabens

Volatile Märkte und steigende Kundenanforderungen erhöhen die Anforderungen an produzierende Unternehmen vor allem bezüglich einer kurzen Time-to-Market und dem Angebot einer hohen Produktvielfalt. Obwohl Industrie 4.0 heutige Produktionen befähigen soll, diese Anforderungen zu erfüllen, gibt es noch zahlreiche technische Hürden. Heterogene technische Infrastrukturen und Datenlandschaften schaffen eine große Komplexität und behindern die Durchgängigkeit zwischen verschiedenen IT- und OT-Komponenten. Besonders die Software ist in der Produktion oft starr an Anlagen gebunden und Anpassungen müssen händisch vor Ort vorgenommen werden. Daher ist es das Ziel des Forschungsvorhabens, Produktionssysteme dazu zu befähigen, software-definiert geplant und betrieben zu werden und dadurch die Wandlungsfähigkeit der Produktion zu erhöhen.

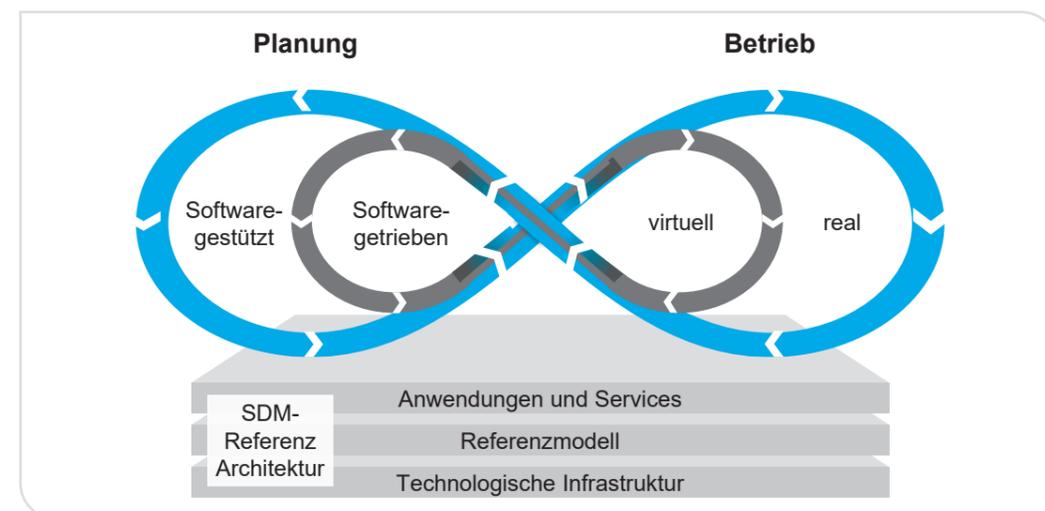
Vorgehensweise

Im Rahmen des Forschungsprojekts Software-defined Manufacturing für die Fahrzeug- und Zuliefererindustrie (SDM4FZI) wird daran gearbeitet, eine interoperable technische Infrastruktur für die Produktion bereitzustellen. Die Verwaltung dieser Infrastruktur soll über Referenzmodelle abstrahiert werden, welche als Middleware zwischen Infrastruktur und Anwendung fungieren und somit einen einfacheren Zugriff auf die Infrastruktur und eine bessere Verständlichkeit für menschliche Nutzer zulassen. Zuletzt sollen die Infrastruktur und

die Referenzmodelle genutzt werden, um automatisierte Produktionsplanungsprozesse mit verschiedensten Services zu befähigen und neue Planungserkenntnisse software-definiert umzusetzen. Ausgehend von Szenarien die potenzielle zukünftige Anforderung an Produktionssysteme beschreiben, wird mittels Produktionsplanungsservices automatisiert eine neue Konfiguration der Produktion geplant, bewertet und anschließend bei erfolgreichem Verhalten in die echte Produktion übertragen. Dadurch sollen Planung und Betrieb einer Produktion enger miteinander verzahnt werden und die Wandlungsfähigkeit erhöht werden.

Ergebnisse

Erste Teilergebnisse des Projekts beziehen sich hauptsächlich auf die notwendigen Grundlagen zur Erreichung des Gesamtziels. Dazu wurden einerseits Datenmodelle für Produkte, Prozesse und Produktionsressourcen definiert, die als Ausgangspunkt im aktuellen Implementierungsvorgehen der Referenzmodelle dienen. Darüber hinaus wurden automatisierte Produktionsplanungsservices zur Rekonfigurationsplanung, der Produktionsplanerstellung und zur Bewertung mit Materialflusssimulationen erstellt. Im weiteren Projektvorhaben sollen Schnittstellen zwischen diesen Services und den Referenzmodellen implementiert werden und eine durchgängige Nutzung der Services demonstriert werden. Dazu werden aktuell im Projekt verschiedenste Hardwaredemonstratoren aufgebaut. Weiterführende Informationen sind auf www.sdm4fzi.de zu finden. ■



Visualisierung der SDM-Referenzarchitektur und dem darauf aufbauenden Planungsprozess einer softwaredefinierten Produktion (Abbildung: wbk)

Forschungsprojekt PRO

champl4.0ns – Intelligente und souveräne Nutzung von Daten am Beispiel der Holzindustrie

Ziel des Vorhabens

Die Holzindustrie stellt in vielerlei Hinsicht ein ideales Anwendungsbeispiel für eine intelligente und souveräne Datennutzung entlang der Wertschöpfungskette dar. Im Zuge des Wandels hin zu einem nachhaltigen Wirtschaftssystem gewinnen der Rohstoff Holz und seine effiziente Nutzung zunehmend an Bedeutung. Die Datennutzung bietet hier unzählige Chancen – etwa bei der lückenlosen Nachverfolgung von Materialien und Produkten, bei der bestmöglichen Auslastung von Maschinen und Anlagen oder bei der nachhaltigen Reduktion von Ausschuss und Transporten. Allerdings unterscheiden sich Unternehmen in der Holzindustrie erheblich hinsichtlich Digitalisierungsgrad und Größe. Die übergeordnete Zielsetzung des deutsch-österreichischen Leitprojekts *champl4.0ns* ist daher die (Weiter-) Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die eine intelligente und souveräne Nutzung von Daten in der Holzindustrie erlauben. Hierbei stehen insbesondere die wertschöpfungs- und sektorenübergreifende Datennutzung sowie die Übertragbarkeit in andere Industrien im Vordergrund.

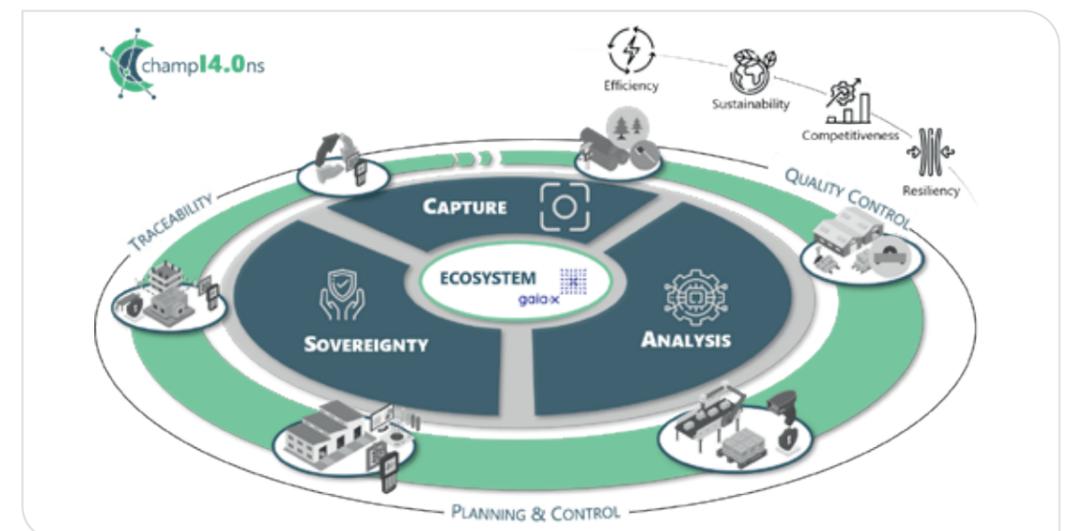
Vorgehensweise

Das deutsch-österreichische Projektkonsortium setzt sich neben dem wbk Institut für Produktionstechnik aus 17 weiteren Partnern aus Wissenschaft und Industrie zusammen. Im Zentrum des im Mai 2022 gestarteten, vierjährigen Projekts stehen hierbei vier Anwendungsfälle bei unterschiedlichen Unternehmen, welche sich entlang der Wertschöpfungskette Holz verteilen. Bei jedem der Unternehmen stehen jeweils konkrete Anwendungen aus den Bereichen Qualitätssicherung, Traceability sowie Planung und Steuerung im Fokus. Jeder der Anwendungspartner wird dabei durch mindestens einen akademischen Partner und einen Technologieanbieter bei der

Entwicklung der Lösungen unterstützt. Die vom wbk Institut für Produktionstechnik betreuten Anwendungspartner fokussieren sich dabei darauf, eine wertschöpfungsübergreifende Datennutzung bei der Holzwerkstoffplattenfertigung zu etablieren und anhand der so verfügbaren Daten eine autonome und vorausschauende Steuerung der Anlagen zu entwickeln. Insbesondere bei dem wertschöpfungskettenübergreifenden Datenaustausch und der Entwicklung möglicher, auf maschinellem Lernen basierender, Steuerungsverfahren ist die Bereitstellung einer leistungsfähigen und souveränen Dateninfrastruktur entscheidend. Daher wird im Rahmen von *champl4.0ns* versucht, auf Basis von Gaia-X eine solche Dateninfrastruktur zu entwickeln. Diese soll unter anderem neue Möglichkeiten zur Kollaboration in der Holzindustrie und darüber hinaus schaffen, aber auch Vertrauen und Fälschungssicherheit beim Datenaustausch erzeugen.

Ergebnisse

Ziel von *champl4.0ns* ist die Schaffung eines Ökosystems, welches offen für weitere Unternehmen aus der Holzindustrie sowie aus anderen Sektoren ist. Innerhalb dieses Ökosystems sollen konkrete technologische Anwendungen und Methoden entwickelt werden, welche eine intelligente und souveräne Nutzung von Daten in der Produktion erlauben und die Potenziale der unternehmensübergreifenden Datennutzung in der Produktion verdeutlichen. ■



Zielbild des deutsch-österreichischen Projekts *champl4.0ns* (Foto: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Sebastian Behrendt, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2645
sebastian.behrendt@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Kevin Gleich, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2586
kevin.gleich@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Rick Hörsting, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2585
rick.hoersting@kit.edu



Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung



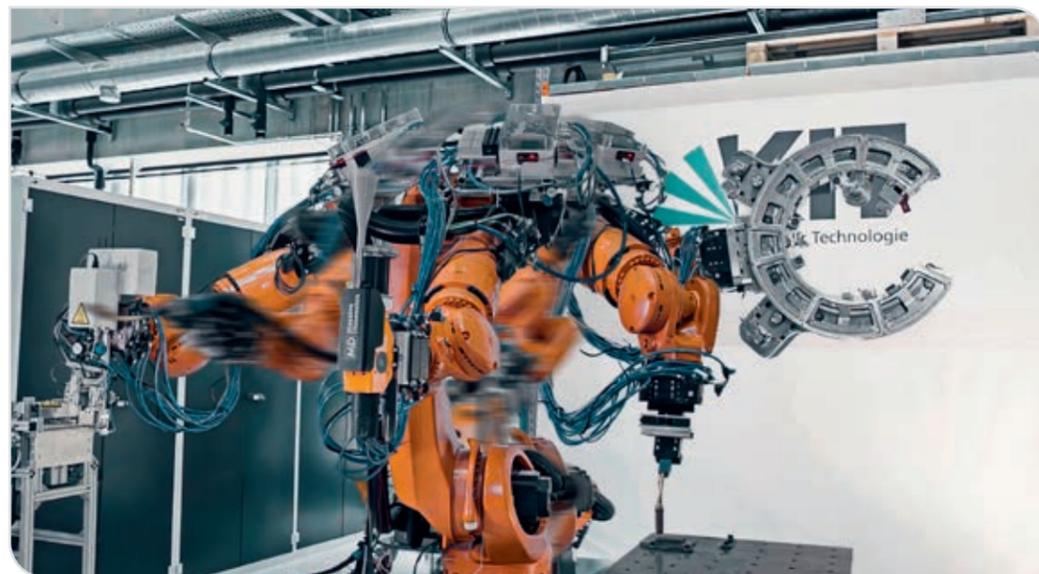
Ansprechpartner am wbk:
Marco Friedmann, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2574
marco.friedmann@kit.edu

In Zeiten des Klimawandels rückt die Nachfrage nach nachhaltigen sowie energieeffizienten Produkten immer weiter in den gesellschaftlichen Mittelpunkt. Durch ein steigendes Umweltbewusstsein der Kunden und dem daraus resultierenden zunehmenden Bedarf an umweltfreundlichen Produkten, rückt der Leichtbau als Schlüsseltechnologie stärker in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Hierdurch ergeben sich neue Herausforderungen für die Produktion von morgen, welche am wbk Institut für Produktionstechnik im Forschungsschwerpunkt Leichtbaufertigung adressiert werden. Im Fokus steht dabei die Entwicklung anforderungsgerechter Produktionstechnologien für neuentwickelte Materialien und Konstruktionsweisen mit hohem Leichtbaupotenzial. Dabei soll der Sprung von einer im Labor entwickelten neuen Technologie hin zu einer automatisierten und wirtschaftlichen Herstellung von Leichtbauprodukten in einer angepassten Serienfertigung erreicht werden. Zudem werden bereits etablierte Fertigungsverfahren automatisiert und durch Modularisierungs- in Kombination mit Konfigurationsstrategien flexibilisiert, um diese in einer Serienfertigung auch bei einer steigenden Variantenvielfalt wirtschaftlich einsetzen zu können. Der Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich mit Forschungsfragen in den Bereichen „faserverstärkte Kunststoffe“ und „hybride Strukturen“. In diesen Bereichen werden Themen der Prozessentwicklung und -automatisierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung erforscht. Hierzu stehen zahlreiche Maschinen und Anlagen zur Verfügung, damit industrierelevante Herausforderungen anwendungsnah erforscht

und in vorhandene automatisierte Prozessketten eingebunden werden können. Der Fokus im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe liegt unter anderem auf der Erforschung neuer, unreifer Fertigungstechnologien, wie beispielsweise dem Schleuderverfahren zur Herstellung hybrider Faserverbund-Metall-Hohlstrukturen oder dem Faserblasverfahren zur Verarbeitung von Biomaterialien. Dazu zählen auch die durchgängige Automatisierung und Modularisierung solcher Prozessketten.

Die Entwicklung intelligenter Komponenten und die Aufnahme von Prozessdaten ermöglichen zudem den Einsatz maschineller Lernverfahren, um Zusammenhänge in den Prozessen zu identifizieren. Damit wird kontinuierlich das Prozessverständnis verbessert und die Bauteilqualität gesteigert. Hierbei liegen die Schwerpunkte auf der Regelung komplexer Fertigungsprozesse, der Integration von Inline-Qualitätssicherungssystemen sowie in der schädigungsarmen Nachbearbeitung durch optimierte Prozessstrategien und Werkzeugtechnologien. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung angepasster Leichtbautechnologien zur Herstellung hybrider Strukturen ein. Schwerpunkt dabei ist die intrinsische Hybridisierung, die es ermöglicht, unterschiedliche Materialien und Funktionen optimal zu kombinieren. Beispiele sind das lastpfadgerechte Einbringen von Endlosfasern im Laser-Sinterprozess (PBF-LB/P), das die mechanischen Eigenschaften der Bauteile steigert und damit ganz neue Potenziale für deren Anwendung ermöglicht. Um die Wirtschaftlichkeit dieser innovativen Produkte zu steigern, werden

neue Verbindungstechnologien, roboterbasierte Automatisierungslösungen, angepasste Bearbeitungsstrategien sowie Qualitätssicherungskonzepte entwickelt. Um Leichtbaupotenziale schon früh in der Produktentwicklung zu berücksichtigen werden zudem Methoden zur Identifikation und gezielten Nutzung dieser Potenziale erforscht und die Auswirkungen auf die notwendigen Produktionsprozesse untersucht.



Beispiele für am Institut entwickelte Endeffektoren für verschiedene Leichtbauprozesse (Foto: wbk)

Forschungsprojekt Leichtbaufertigung

Entwicklung einer hybriden FKV-Antriebswelle durch intrinsische Herstellung im neuartigen Schleuderverfahren

Ziel des Vorhabens

Der überwiegende Anteil von Antriebskomponenten, insbesondere Antriebswellen, wird nach dem Stand der Technik aus metallischen Werkstoffen hergestellt. In den letzten Jahren sind vor allem im Zuge der Umsetzung der Elektromobilität die Anforderungen an den Leichtbau in Antriebssystemen stark gestiegen. Im Zuge dessen hat sich bereits in der Vergangenheit die Verwendung von Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) aus Glas- und Kohlenstofffasern für die Herstellung von Antriebswellen etabliert. Die hybriden Antriebswellen bestehen dabei aus Faser-Kunststoff-Verbund-Hohlstrukturen mit metallischen Lasteinleitungselementen. Es entsteht entsprechend der Bedarf nach einem neuartigen industriellen Verfahren für die Herstellung von hybriden Hohlstrukturen in FKV-Bauweise, welches nicht nur die Systemkomplexität und die Investitionskosten für entsprechende Anlagen wesentlich reduziert, sondern zugleich eine effiziente Produktion ermöglicht und dabei durch die Reduktion der Verbrauchsmaterialien nachhaltig produziert. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, wurde am wbk Institut für Produktionstechnik das Schleuderverfahren entwickelt, wodurch die intrinsische Hybridisierung innerhalb eines Prozessschrittes ermöglicht wird. Im Rahmen des Projekts FKVShaft in Kooperation mit den Industriepartnern Framo Morat GmbH & Co. KG und der WEFOBA GmbH wird mittels des neuartigen Schleuderverfahrens eine hybride FKV-Triebstockwelle hergestellt. Durch das Verfahren werden neben der Taktzeitreduzierung weiterhin im Vergleich zu bestehenden Verfahren die Investitionskosten um ca. 50-75 % gesenkt und dabei der Anteil von überschüssigen Verbrauchsmaterialien nahezu eliminiert.



Versuchskörper für Torsionsprüfungen aus dem FKVShaft Projekt (Foto: wbk)

Vorgehensweise

Im ersten Schritt wurde ein Strukturmodell der Hybridwelle entwickelt. Das Modell wurde anschließend durch experimentelle Untersuchungen verfeinert und ermöglicht somit eine virtuelle Auslegung des angedachten Bauteils bei deutlicher Reduktion des Entwicklungsaufwands. Im nächsten Schritt wurde ein Prozessmodell des Schleuderverfahrens entwickelt. Insbesondere der Überlappbereich von FKV und metallischen Inserts ist als kritisch zu betrachten und von großem Interesse. Durch experimentelle Untersuchungen konnten die Materialcharakteristiken bestimmt werden und somit realitätsnahe Ergebnisse erzielt werden.



Blick in die Maschine während des Schleuderprozesses (Foto: wbk)

Ergebnisse

Anhand des am wbk entwickelten Verfahrens konnte die technische Machbarkeit der intrinsischen Hybridisierung gezeigt werden. In dem nun laufenden Projekt wird die industrielle Anwendbarkeit des Verfahrens untersucht. Mit Hilfe der Prozesssimulation konnte dabei gezeigt werden, dass eine Taktzeit von < 10 Minuten realisierbar ist bei gleichzeitiger Erfüllung der Strukturanforderungen für die Lastübertragung. Zukünftige Untersuchungen in Kooperation mit den Industriepartnern legen den Fokus auf einen höheren Automatisierungsgrad durch eine weiterführende Werkzeug- und Anlagenentwicklung.



Ansprechpartner am wbk:
Patrick Schaible, M.Sc.
Telefon: +49 1728 465032
patrick.schaible@kit.edu



Forschungsschwerpunkt Elektromobilität



Ansprechpartner am wbk:
Dominik Mayer, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2598
dominik.mayer2@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Felix Wirth, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2630
felix.wirth@kit.edu

Im Forschungsschwerpunkt Elektromobilität forscht das wbk Institut für Produktionstechnik an Fertigungs-, Montage- und Handhabungsprozessen zur Produktion hybrider und vollelektrischer Antriebsstränge – sowohl auf Basis disruptiver Technologien als auch etablierter industrieller Lösungsansätze. Aus der Anwendung im Automobilbereich resultieren an die Produktion von Elektromotoren, Batterien und Brennstoffzellen höchste Anforderungen hinsichtlich Taktzeit, Stückkosten und Qualitätssicherung sowie Leistungs- und Energiedichte, Wirkungsgrad, Lebensdauer, Gewicht und Bauraum. Gleichzeitig sind die Produkthanforderungen, das Marktumfeld, die globalen Lieferketten sowie die produkt- und produktionsspezifischen Technologien noch immer hoch volatil. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Forschungsschwerpunkt Elektromobilität haben sich daher das Ziel gesetzt, Produktionstechnologien für die automatisierte Herstellung von Elektromotoren, Batterien und Brennstoffzellen in einer effizienten und wandlungsfähigen Serienfertigung zu befähigen. Dabei soll durch den Einsatz industrienaheher Automatisierungslösungen ein durchgängiger und schneller Transfer vom Laborumfeld neu entwickelter Produktionstechnologien und -prozesse in die wirtschaftliche Serienanwendung umgesetzt werden. Darüber hinaus werden analytische und numerische Modellierungsansätze entwickelt und implementiert, um eine frühzeitige Einbindung produktionstechnischer Restriktionen in die Produktentwicklung zu gestatten und den Produktionsanlauf mittels durchgängiger digitaler Prozessketten zu beschleunigen.

Im Bereich der Batteriezellfertigung werden gesamte Produktionssysteme format-, material- und stückzahlflexibel ausgelegt und deren Effizienz durch die Integration von Sensorsystemen und intelligenten Algorithmen gesteigert. Darüber hinaus werden vor dem Hintergrund der zunehmenden Relevanz der Kreislaufwirtschaft flexible Demontageprozesse für Batteriemodule erforscht. Im Kontext der Brennstoffzelle werden Prozesse zur kontinuierlichen Verarbeitung der Membrane Electrode Assembly (MEA) untersucht sowie flexible Handhabungstechnologien zur Bildung des Stacks entwickelt. Zudem werden gemeinsam mit industriellen Partnern skalierbare Automatisierungskonzepte entwickelt, um bedarfsgerecht auf eine volatile Marktnachfrage reagieren zu können. Die systematische Weiterentwicklung der Fertigungs- und Montagetechnologien für hocheffiziente Statoren und Rotoren sowie der Aufbau eines ganzheitlichen Prozessverständnisses sind Schwerpunkte der Produktionsforschung für den Elektromotor. Hierfür gilt es, klassische Produktionslösungen zu optimieren sowie neue Verfahren und Prozessketten zu erarbeiten. Vor diesem Hintergrund wird am wbk im Kontext der Statorfertigung sowohl an der Runddraht- als auch der Flachdrahttechnologie geforscht. Im Bereich der Rotorproduktion stehen modellgestützte Prozesse für das Wuchten und Schleudern von Rotoren permanenterregter Synchronmaschinen sowie nachhaltige Produkt- und Produktionstechnologien im Fokus der Forschungsarbeiten. Darüber hinaus werden am wbk entlang der gesamten Wertschöpfungskette des elektrischen Antriebs-

strangs Fragestellungen der Qualitätssicherung und Wandlungsfähigkeit erforscht. Somit werden in diesem Forschungsschwerpunkt die produktionstechnischen Herausforderungen der Grundelemente des elektrifizierten Antriebsstrangs ganzheitlich adressiert – von der Lieferkette über die Produktion bis hin zur Demontage. ■



Prozessmodule zur variantenflexiblen Produktion von Batteriezellen im SmartBatteryMaker (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

Forschungsprojekt Elektromobilität

AgiloDrive2 – Agile Produktion elektrischer Traktionsmotoren

Unabhängig vom Energiespeichersystem nehmen elektrische Traktionsmotoren eine leistungs- und effizienzbestimmende Rolle in hybriden und vollelektrischen Mobilitätslösungen ein. Je nach Aufbau des elektrifizierten Antriebsstrangs sind diese in ihrer Topologie jedoch technisch sehr unterschiedlich: etwa bezüglich Wicklungsart, Bauraum, Drehmoment, Dauerleistung sowie Betriebsverhalten.

Ziel des Vorhabens

Deshalb ist das Ziel des Vorhabens AgiloDrive2, ein wandlungsfähiges Produktionssystem zu entwickeln – auf Grundlage des Produkt-Produktion-Codesigns, mit dem eine enge Zusammenarbeit zwischen Produkt- und Produktionssystementwicklung ermöglicht wird. Statt starrer Produktionsstraßen setzen die Verbundpartner auf hochflexible, digitalisierte und effiziente Technologiemodule. Diese sind einfach skalierbar und können flexibel konfiguriert, verkettet sowie softwarebasiert gerüstet werden. Die Lösungsansätze sollen es ermöglichen, Produktionssysteme in bedarfsgerechten Betriebspunkten zu betreiben und kostensenkende Skaleneffekte durch adaptive Prozessanpassungen über verschiedene Produktbaureihen und Technologien hinweg zu nutzen.

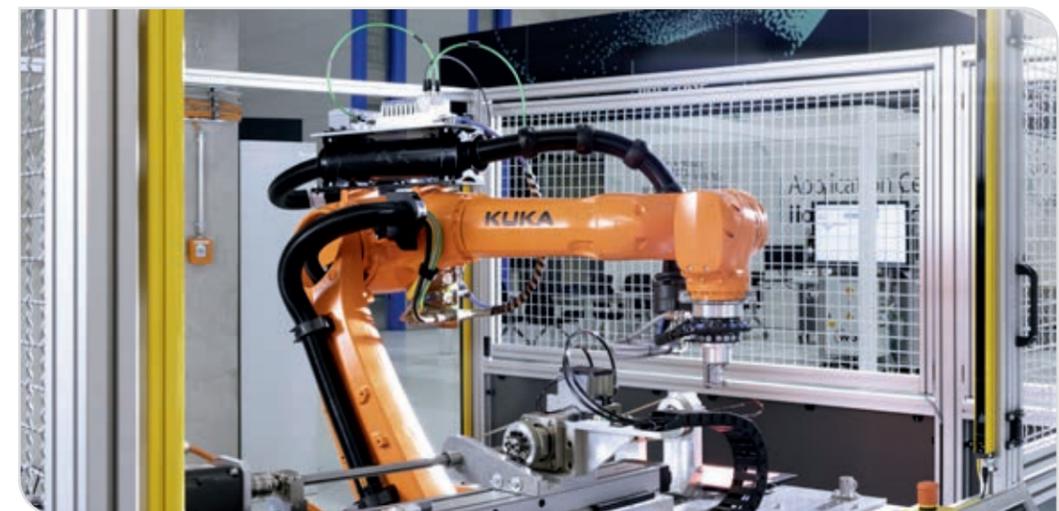
Vorgehensweise

Um diese Zielstellung zu erreichen, müssen standardisierte Maschinenanschlüsse, Hard- und Softwareschnittstellen sowie herstellerübergreifender Kommunikationsstandards entwickelt und imple-

mentiert werden. Hierdurch können die steigende Komplexität des Produktionssystems effizient beherrscht und Technologiemodule bei Bedarf schnell in das Produktionssystem integriert werden. Ein modularer Aufbau der Maschinen ermöglicht es, die Produktionsausrüstung wiederzuverwenden – zugunsten der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Digitale Zwillinge erlauben eine effiziente Produktionsplanung sowie eine beschleunigte Inbetriebnahme, KI-Lösungen steigern die Qualität der Produkte und digitale Qualifizierungsmethoden erleichtern und beschleunigen die Einarbeitung von Mitarbeitenden. Die betrachteten Prozesse und Technologien umfassen dabei klassische Handhabungs- und Fügetechnologien, zum Beispiel im Kontext der Magnetmontage, aber auch hochkomplexe Sonderprozesse wie die Formgebung sowie das Einbringen und Twisten von Hairpin-Steckspulen aus Kupferflachdraht.

Ergebnisse

Nach vorangegangener Analyse- und Entwicklungsphase sollen die hochflexiblen Technologiemodule am Schaeffler-Standort Bühl in eine Demonstratorlinie zur E-Motoren-Produktion integriert werden. Neben den einzelnen Modulen soll hier auch der ganzheitliche Lösungsansatz einer agilen Produktion erprobt und validiert werden. Die gewonnene Erkenntnisse aus der dreijährigen Projektphase sollen sich für alle Projektpartner sowohl kurz- als auch langfristig auszahlen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie nachhaltig stärken. ■



Versuchsumgebung zur flexiblen Fertigung von Statoren mit Hairpin-Wicklung in der Karlsruher Forschungsfabrik (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)



Ansprechpartner am wbk:
Felix Wirth, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2630
felix.wirth@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Felix Fraider, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2607
felix.fraider@kit.edu



Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Frederik Zanger
Telefon: +49 721 608 42450
frederik.zanger@kit.edu

Additive Fertigungsverfahren bieten aufgrund ihrer hohen Gestaltungsfreiheit ein großes Potenzial zur Herstellung optimierter und individualisierter Bauteile. Aus diesem Grund unterliegt die Branche der additiven Fertigung einem starken Wachstum mit immer neuen Anwendungsbereichen, woraus für die additiven Fertigungsverfahren kontinuierlich neue Herausforderungen entstehen. Diese liegen seitens der Produktionstechnik vor allem in der Integration bestehender und neuer Prozessketten, sowie der eingeschränkten Materialauswahl und in langen Prozesszeiten. Im Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung werden die Kompetenzen der drei Forschungsbereiche am wbk Institut für Produktionstechnik synergetisch zur ganzheitlichen Betrachtung der additiven Fertigung kombiniert. Gemeinsam mit starken Industrie- und Forschungspartnern reichen die Untersuchungen von der Materialentwicklung bis hin zu Themen der Potenzialvalidierung additiver Verfahren für die Serienproduktion. Dabei spielen insbesondere die ganzheitliche Betrachtung additiv-subtraktiver Prozessketten sowie die Qualitätssicherung additiv

hergestellter Bauteile eine wesentliche Rolle.

Für Kunststoffe werden das Materialextrusionsverfahren (MEX) Arburg-Kunststoff-Freiformen und das pulverbettbasierte Schmelzverfahren (PBF) Selektives Lasersintern weiterentwickelt. Schwerpunkt in der additiven Herstellung von Metallbauteilen liegt aktuell im Powder Bed Fusion – Laser Beam (PBF-LB). Keramiken werden mittels badbasierter Photopolymerisation (VPP-LED) mit anschließendem Sinterprozess hergestellt. Um das Potenzial der additiven Fertigung weiter erschließen und die spezifischen Vorteile verschiedener additiver Fertigungsverfahren gezielt nutzen zu

können, wird aktuell das Verfahrnsportfolio am wbk deutlich erweitert.

Die größte Investition stellt dabei eine Inspektions- und Remanufacturingzelle dar, die Mitte 2023 in Betrieb genommen werden soll. Darin wird das pulverbasierte „Extreme Hochgeschwindigkeits-Laser-Auftragsschweißen“ (3D-EHLA) mit einem 5-Achs-Fräszentrum zur spanenden Vor- und Nachbearbeitung kombiniert. Verschiedene Sensoren sowie zwei Roboter zum Bauteilhandling runden das von der Europäischen Union geförderte Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über zwei Millionen Euro ab. Darüber hinaus ist eine BinderJetting-Forschungsanlage, die als sogenanntes „Zukunftslabor“ im Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM) eingeworben werden konnte, im Zulauf. Diese bietet aufgrund ihres werkstoff-offenen Systems und ihrer skalierbaren Bauraumgröße eine ideale Basis zur kombinierten Werkstoff- und Prozessentwicklung zur additiven Fertigung keramischer und metallischer Bauteile. Dabei können die bereits am wbk vorhandenen Kompetenzen in pulverbettbasierten sowie binderbasierten additiven Fertigungsverfahren gezielt angewendet und gebündelt werden. In einem weiteren Zukunftslabor soll zusammen mit Forschungspartnern an der Universität Stuttgart das Potenzial der universellen Laserbearbeitung erforscht werden. Dazu werden am wbk ein flexibles Optiksyste sowie eine modulare PBF-Prozesskammer aufgebaut, in die zunächst zwei verschiedene Laser-Strahlquellen integriert werden. Mit diesem Zukunftslabor sollen die Grenzen des PBF-Verfahrens weiter verschoben werden. Zusätzlich werden am wbk gezielt kombinierte Prozessketten aus additiver und konventioneller Fertigung erforscht, beispielsweise der additive Aufbau auf Gusshalbzeugen. Um eine robuste und durchgängige Prozesskette zur hybrid-additiven Serienfertigung zu realisieren, entwickelt das wbk mit verschiedenen Verbundpartnern hardware- und softwareseitige Lösungen.

Die Aktivitäten des Forschungsschwerpunkts Additive Fertigung liefern somit einen wesentlichen Beitrag, additive Fertigungsverfahren weiterzuentwickeln, ihre wirtschaftliche Einsetzbarkeit zu forcieren und somit die Einsatzgebiete zu erweitern, sowie die Potenziale der additiven Fertigung weiter zu heben.



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung als Teil der Reaktion der Union auf die COVID-19-Pandemie finanziert



In Beschaffung befindliche Hochgeschwindigkeits-Laser-Auftragsschweiß-Anlage pE3D der Ponticon GmbH (Foto: Ponticon)

Forschungsprojekt Additive Fertigung

Hybrid-additive Fertigung patientenspezifischer Knieimplantate

Ziel des Vorhabens

Individualisierte Implantate bieten ein hohes Potenzial, das Patientenwohl zu steigern. Gleichzeitig muss eine wirtschaftliche Produktion der Implantate gewährleistet sein, um die Kosten tragbar zu halten. Ziel des Projekts MeSATech, das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, ist es, diese Ambiguität zu vereinen, indem eine Prozesskette zum additiven Aufbau auf konventionell hergestellte Grundkörper untersucht wird. Am Beispiel des Knieimplantats sollen die fertigungstechnische Machbarkeit, eine Kostenanalyse und die Übertragbarkeit auf andere Implantate untersucht werden, um das Potential der hybriden Bauweise in der Medizintechnik aufzuzeigen.

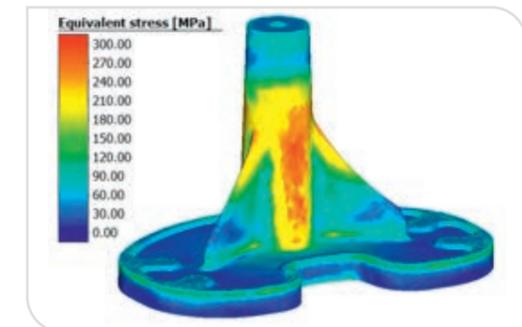
Vorgehensweise

Im additiven Fertigungsverfahren Powder Bed Fusion – Laser Beam (PBF-LB) wird schichtweise metallisches Pulver mittels Laserstrahl aufgetragen und aufgeschmolzen. Dadurch sind im Vergleich zur konventionellen Fertigung individuelle, komplexe metallische Strukturen produzierbar. Das Verfahren ist durch den schichtweisen Aufbau jedoch zeitintensiv und daher kostspielig. Aus diesem Grund wird die additive Fertigung im Projekt MeSATech ausschließlich für den patientenindividuellen Teil des Implantates verwendet. Die Herausforderungen in der hybrid-additiven Fertigung sind die exakte Positionierung der Komponenten, der Bauteilverzug sowie die Grenzschicht zwischen konventionellem Grundkörper und additivem Aufbau. Die Bauteilpositionierung wurde durch eine spezielle Bauplattform umgesetzt. Zur Evaluation der Grenzschicht wurden statische sowie dynamische Werkstoffprüfungen durchgeführt und die Gefügeausbildung analysiert. Der Herausforderung des thermisch bedingten Verzuges durch den additiven Aufbau wird simulativ entgegengewirkt. Nach der hybrid-additiven Fertigung erfolgt eine spanende Nachbearbeitung der Oberfläche, um den Qualitätsanforderungen zu genügen. Neben den prozessabhängigen Herausforderungen wird eine Bewertung hinsichtlich Prozesskosten und -zeiten, abhängig von der Stückzahl, vorgenommen. Dazu wird die konventionelle Fertigung der rein additiven sowie der hybrid-additiven Prozesskette gegenübergestellt. Die Prozessdaten werden per Wertstromanalyse aufgenommen und Ablaufsimulationen erstellt. Ein weiteres im Aufbau befindliches Tool generiert automatisch mögliche Technologieketten, die ebenfalls anhand Kosten und Zeiten bewertet sind. Die eigentlichen Vorteile, die sich für die Patienten durch das indi-

viduelle Implantat ergeben, äußern sich erst nach der Herstellung in Form von Passgenauigkeit, einhergehender Schmerzreduktion, verbesserter Osseointegration und kürzeren Rehaszeiten. Diese Faktoren werden qualitativ zusätzlich zu den Herstellkosten betrachtet. Das Technologieplanungstool wird zusätzlich von einer KI unterstützt, die per künstlich-neuronalem Netz die Kosten der additiven Fertigung abschätzt.

Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Knieimplantate additiv sowie hybrid-additiv gefertigt. In den statischen und dynamischen Werkstoffprüfungen konnte gezeigt werden, dass die Grenzschicht nicht versagenskritisch ist. Die metallografische Analyse zeigt zwischen additivem und konventionellem Gefüge charakteristische Härteverläufe. Die Steigerung der Härte vom konventionellen in den additiven Bereich um 16,5 Prozent führt zu veränderten Prozessbedingungen während der Spanbildung. Durch gezielte Stellgrößenanpassung in der Zerspanung sind die Effekte kompensierbar. Durch den Übertrag der Projektergebnisse wird die großskalige Anwendbarkeit der hybrid-additiven Prozesskette im industriellen Umfeld ermöglicht.



Vergleichsspannungen eines hybrid-additiv gefertigten Knieimplantats (Foto: Simufact/Husser)



Hybrid-additiv gefertigte Knieimplantate in einer speziell angepassten Bauplattform (Foto: FIT AG/Chrupala)



Ansprechpartnerin am wbk:
Patrizia Gartner, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2649
patrizia.gartner@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Patrick Fischmann, M.Sc.
Telefon: +49 174 330 2753
patrick.fischmann@kit.edu



Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0



Ansprechpartner am wbk:
Marvin May, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2624
marvin.may@kit.edu

Der Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0 vereint digitalisierungsnahe Aktivitäten, um digitale Lösungen für den Produktionskontext zu entwerfen, umzusetzen und effektiv und effizient zu nutzen. Die Aktivitäten umfassen dabei vier Anwendungsebenen, vom Einzeldevice bis hin zur großskaligen: Devices und Systeme, Connectivity, Produktionsnetzwerke und Fabriken, Strukturen sowie Geschäftsmodelle und Plattformen.

Der Forschungsschwerpunkt verfolgt auf allen Ebenen das Ziel, hochwandlungsfähige und effiziente sowie effektive Produktionssysteme zu befähigen und in den Einsatz zu bringen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des wbk Institut für Produktionstechnik beschäftigt dabei unter anderem, dass die Entwicklung von Software inzwischen den Hauptkosten- und Risikofaktor für viele Unternehmen darstellt und der Softwareanteil in der Wertschöpfung stetig zunimmt. Diesem Aspekt wurde bislang nicht genügend Aufmerksamkeit gezollt.

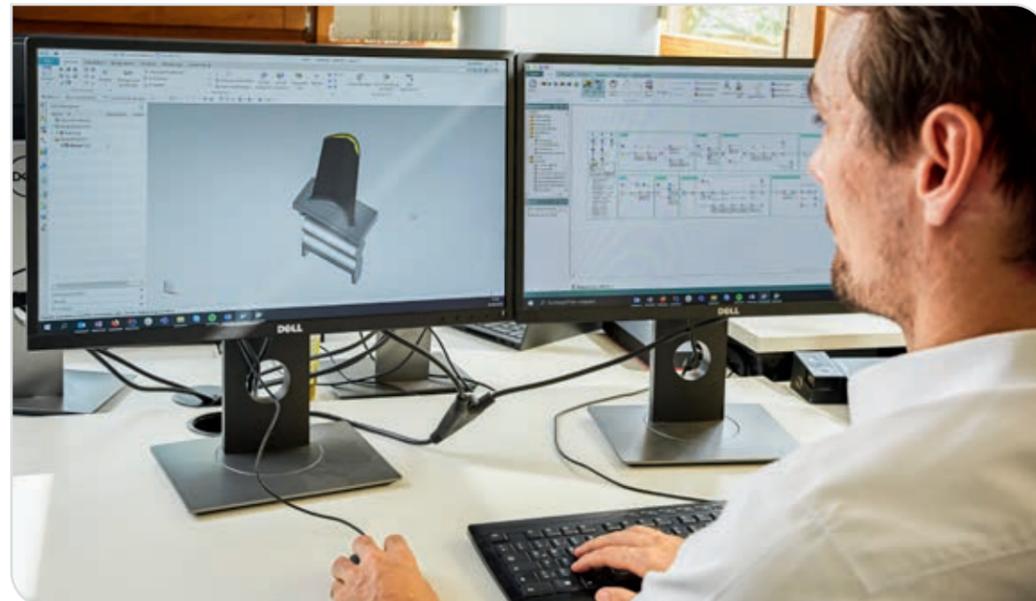
Ein Grundproblem, warum Wandlungsfähigkeit heute nur eingeschränkt in der Produktion einsetzbar ist, liegt jedoch vor allem darin, dass es keine konsequente Entkopplung (Abstraktion) zwischen dem ausführenden physischen Anteil (Hardware) der Produktionssysteme und dem steuernden Softwareanteil gibt. Auch moderne mechatronische Module sehen eine enge Kopplung zwischen Hard-

ware und Software vor. Um Software effizient zu erstellen, zu verwalten und zielgerichtet abzustimmen, sind modellgetriebene Ansätze erforderlich.

Dabei setzt das wbk auf den konsequenten Aufbau Digitaler Zwillinge für die Entwicklung und den Betrieb von Produktionssystemen über das Zuliefernetzwerk hinweg, welche eine Planung und wirtschaftliche Optimierung von wandlungsfähigen Produktionssystemen ermöglichen. Darüber hinaus beschäftigt sich das Team des wbk mit der Einführung einer integrierten Vorgehensweise zwischen Produkt- und Produktionssystementwicklung im Rahmen eines Produkt-Produktions-Codesigns.

Kundenindividuellen Fertigung mit Losgröße eins unter Massenfertigungsbedingungen kristallisiert sich zunehmend als entscheidend heraus. Diese extreme Dynamik stellt sowohl die Produkt- als auch die Produktionssystementwicklung vor eine enorme Herausforderung. Um dennoch agil auf den Markt reagieren zu können, muss die starke Abhängigkeit zwischen Produkt und Produktionssystem schon in der frühen Phase der Produktentstehung integriert betrachtet werden.

So lassen sich wechselseitige Auswirkungen von Änderungen schon frühzeitig bewerten und gegenseitige Anforderungen sowie Randbedingungen identifizieren. Dies wird als Produkt-Produktions-Codesign bezeichnet. ■



Produkt-Produktions-Codesign integriert die Produkt- und Produktionssystementwicklung und schafft so neue Potenziale (Foto: wbk)

Forschungsprojekt Industrie 4.0

GAIA-X4ICM - Infrastruktur für eine durchgängige Digitalisierung der Produktion auf Basis von Gaia-X

Ziel des Vorhabens

Der unternehmensübergreifende Austausch von Maschinen- und Produktionsdaten wird durch die vorherrschenden proprietären Software- und Plattformlösungen gehemmt. Ziel des Projekts GAIA-X4ICM ist es daher, die Cloudplattform Gaia-X für die Produktion nutzbar zu machen. Hierfür soll eine konkrete Instanz realisiert werden, die die Kopplung mit Produktionssystemen ermöglicht und somit die Basis für eine stark skalierende Innovationsplattform schafft. Ausgehend von der so geschaffenen Infrastruktur sollen konkrete Referenzapplikationen aus dem Produktionsumfeld, wie beispielsweise ein digitaler Produktpass, prozessbezogene Daten oder Verschleißmodelle bei Werkzeugmaschinen, in das Ökosystem eingebunden werden und als Service im Gaia-X-Ökosystem angeboten werden.

Vorgehensweise

Das Vorgehen des Projekts gliedert sich in drei Teilbereiche, die Infrastruktur, das Gaia-X-Ökosystem und die Applikationen. Zur Schaffung der benötigten Infrastruktur werden zuerst sowohl die Hardware-Ressourcen als auch die notwendigen Softwarelösungen instanziiert. Integraler Bestandteil ist ebenfalls eine konvergente Kommunikationstechnik, welche eine entscheidende Rolle für die Konnektivität von Gaia-X bis in die Produktionssysteme spielt. Das zu entwickelnde Gaia-X-Ökosystem setzt auf der Infrastruktur auf und verteilt sich auf die geschaffenen Cloud- und Edge-Knoten. Neben Basisdiensten und Datenräumen stehen hier geeignete Prozesse im Fokus, welche unter anderem das sichere und systematische On-Boarding neuer Dienste und Teilnehmenden ermöglichen. Der Fokus des wbk Institut für Produktionstechnik liegt auf der Entwicklung der Applikationen aus dem Produktionsumfeld. Dabei werden verschiedene Anwendungen umgesetzt, welche innovative, digitale Ansätze mit realen

Produktionsszenarien koppeln. Die Anwendungsfälle sind so gewählt, dass möglichst verschiedene Aspekte in der Produktion abgedeckt sind. Jeder Forschungsbereich des wbk hat hierbei einen eigenen Anwendungsfall: Der Forschungsbereich Produktionssysteme befasst sich mit Umsetzung eines verwaltungsschalenbasierten digitalen Produktpasses zur Berechnung des Product Carbon Footprints in der Lernfabrik. Der Forschungsbereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung entwickelt eine digitale verschleißbewusste Komponente, welche anhand von Sensordaten die Ermittlung des Verschleißzustands und Lebensdauerprognosen ermöglicht. Der Forschungsbereich Fertigungs- und Werkstofftechnik implementiert eine auf maschinellem Lernen basierende Werkzeugüberwachung, welche mit Hilfe einer Smart-Kamera automatisch eine Bilddatenbank anlegt und während dem Fräsprozess direkt in der Maschine (Edge-Computing) Werkzeugverschleißkurven generiert.

Ergebnisse

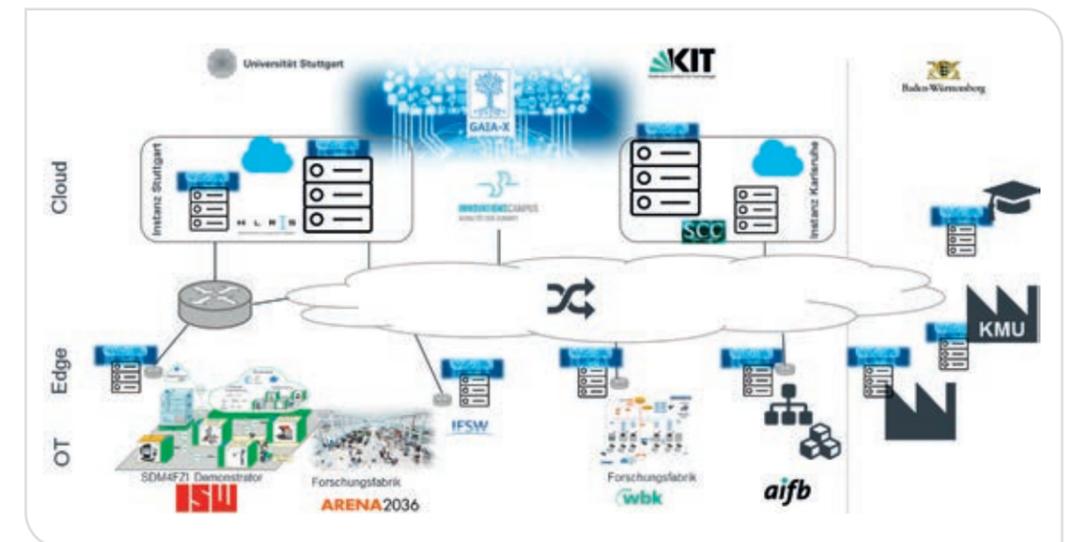
Neben der reinen Umsetzung der Anwendungsfälle in Form von Demonstratoren, ist es das Ziel des Forschungsprojekts GAIA-X4ICM, die vom wbk entwickelten Anwendungen über das Gaia-X-Ökosystem als Service für Unternehmen anbieten zu können. So sollen insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen einfachen und schnellen Zugriff dazu erhalten und neben einer Demonstration in der Praxis auch die Skalierbarkeit der Services und Vorteile des Gaia-X-Ökosystems in der Praxis aufzeigen. ■



Ansprechpartner am wbk:
Kevin Gleich, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2586
kevin.gleich@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Sebastian Behrendt, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2645
sebastian.behrendt@kit.edu



Projektstruktur von GAIA-X4ICM (Foto: wbk)



Forschungsschwerpunkt

Nachhaltige Produktion



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Sina Peukert
Telefon: +49 1523 950 2581
sina.peukert@kit.edu

Angesichts des weltweiten Bevölkerungswachstums, der Ressourcenverknappung zentraler Rohstoffe sowie der sich immer weiter zuspitzenden Energiekrise wird es für Unternehmen immer wichtiger, schnellstmöglich die Weichen für eine nachhaltige und klimaneutrale Zukunft zu stellen. Um Unternehmen in der Transformation hin zur nachhaltigen und klimaneutralen Produktion zu unterstützen, widmet sich der Forschungsschwerpunkt Nachhaltige Produktion des wbk Institut für Produktionstechnik nicht nur der Untersuchung von Ansätzen zur Steigerung der Ressourceneffizienz von Fertigungsprozessen und Anlagen, sondern vielmehr auch der Erforschung und Entwicklung zirkulärer Ansätze des Remanufacturings, d.h. der Wiederaufbereitung gebrauchter Produkte, und der Kreislaufproduktion.

Beispielsweise wird im Rahmen der ressourcenschonenden Gestaltung von Prozessen und Anlagen am Beispiel von Rotoren elektrischer Antriebe untersucht, wie sich Ressourceneinsparpotenziale durch die Einbindung innovativer Mess- und Prüfverfahren ganzheitlich erfassen und heben lassen. Eine zentrale Rolle bei der Identifikation von Ressourceneinspar- und Nachhaltigkeitspotenzialen spielt dabei auch die Entwicklung und Umsetzung digitaler Produktpässe, welche die während des Wertschöpfungsprozesses anfallenden Emissionen und Verbräuche – entsprechend der im Greenhouse Gas Protocol verankerten Klassifizierung in Scope 1, 2 und 3 – standardisiert und transparent erfassen.



Korrosion und unbekannte Bauteilzustände als Herausforderungen für das automatisierte Remanufacturing und die Umsetzung der Kreislaufproduktion (Foto: wbk)

Des Weiteren wird analysiert, wie innovative Fertigungstechnologien und effizientere Produktionsprozesse dazu beitragen können, hochperformante und langlebige Produkte herzustellen, welche nicht nur einen sparsamen Umgang mit Rohstoffen fördern, sondern vielmehr auch Abfälle vermeiden beziehungsweise die Rückgewinnung von Ressourcen aus Abfällen gewährleisten. Ziel ist es, Deutschland und Europa dadurch als Wirtschaftsstandorte unabhängiger von Rohstoffimporten und geopolitischen Krisen zu machen.

Neben der Untersuchung solcher Ansätze und Methoden, die sich primär der Verbesserung der linearen Ressourceneffizienz verschrieben haben, fokussieren sich die Forschungsarbeiten im Kontext des Remanufacturings und der Kreislaufproduktion auf die Frage, wie sich Produktionsprozesse vom linearen Wirtschaftsansatz hin zu zirkulären Ansätzen einer Kreislaufwirtschaft entwickeln lassen. Dabei gehen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am wbk unter anderem der Frage nach, wie Traceability-Systeme genutzt werden können, um einen umfassenden, unternehmensübergreifenden Informationsaustausch zu etablieren. Dieser reduziert Informationsasymmetrien und informiert über Produkt(rück-)flüsse innerhalb eines zirkulären Ökosystems. Die Informationen über die rückfließenden Produkte können dann genutzt werden, um die Befundung, die De- und Remontage sowie die Wiederverwendung der aus dem Feld zurückkehrenden Gebrauchtprodukte zu erleichtern und Produktionsnetzwerke kreislaufgerecht zu gestalten.

In diesem Kontext entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler insbesondere auch Entscheidungsunterstützungsinstrumente, die die Wahl passender Kreislaufstrategien (wie etwa Recycling, Remanufacturing, Repair etc.) basierend auf ausgewählten Kriterien untermauern und es damit erlauben, zirkuläre Geschäftsmodelle für eine konsequente Umsetzung der Kreislaufwirtschaft zu erschließen. ■

Forschungsprojekt Nachhaltige Produktion

ZirkulEA – Kreislauffähigkeit des Elektro-Antriebsstrangs durch intelligente Demontage und Nachverfolgung

Ziel des Vorhabens

Mit der voranschreitenden Elektrifizierung von Fahrzeugen müssen Lösungen für deren Lebensende gefunden werden, um somit die Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus sicherzustellen. Eine isolierte Betrachtung von einzelnen Unternehmen innerhalb einer Wertschöpfungskette reicht dabei nicht aus, da nicht alle notwendigen Informationen (etwa im Hinblick auf Produktnutzung) zur Verfügung stehen. Ziel von *ZirkulEA* ist es, mit der Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette des Elektro-Antriebsstranges die Rückgewinnung der Rohstoffe zu ermöglichen. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei der Wirtschaftlichkeit sowie der Konzeption von geeigneten Assistenzsystemen zur Unterstützung des Mitarbeitenden in der Demontage. Über ein Datenökosystem wird ein zielgerichteter Informationsaustausch ermöglicht und damit eine integrative Betrachtung vom Produktdesign bis zur Demontage realisiert. Informationen können direkt für die Planung und Steuerung auf unterschiedlichen Ebenen genutzt werden und somit zu den übergeordneten Zielen der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit beitragen.

Vorgehensweise

Bei einer Vielzahl von Akteuren entlang der Wertschöpfungskette liegt meist keine vollständige Transparenz im Hinblick auf Information vor. Zunächst müssen aus der Perspektive der Planung und Steuerung Anforderungen erhoben werden, um eine reibungslose Demontage zu realisieren. Parallel dazu wird auf Prozessebene untersucht, welche Schwierigkeiten entstehen und wie diese potenziell über ein informatorisches Assistenzsystem abgefangen werden können. Um die gefundenen Ansätze zu validieren, werden drei Use Cases entstehen. In diesen Use Cases werden

die Entnahme der Antriebsstrangkomponenten aus der Karosserie, die Demontage der elektrischen Achse und die Demontage der Batterie abgebildet, wobei eine integrative Betrachtung vorgesehen ist. Hierbei sollen verschiedene Traceability-Lösungen ebenso untersucht werden wie der Aufbau eines Datenökosystems.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vorhabens sind auf den drei Ebenen Prozessgestaltung, Planung und Steuerung und Traceability zu verorten. Im Kontext der Prozessgestaltung werden übertragbare Ansätze zur Gestaltung dieser und zum Produktdesign für die Demontage erarbeitet, an welchen Werkerassistenzsysteme zur Bereitstellung von Information zielgerichtet eingesetzt werden können. Für die Planung und Steuerung auf Shopfloor-Ebene, aber zugleich auch entlang der Wertschöpfungskette, werden entsprechende Logiken definiert und Leitlinien für die Generalisierung und Übertragbarkeit von Planung und Steuerung abgeleitet. Traceability wird über den Aufbau eines Datenökosystems zum Informationsaustausch realisiert, das einen zweckbezogenen und datenschutzkonformen Austausch ermöglicht. Mit *ZirkulEA* werden so Lösungen für die wirtschaftliche Umsetzung der Kreislaufwirtschaft erarbeitet und prototypisch umgesetzt. ■



Ansprechpartner am wbk:
Julia Dvorak, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2584
julia.dvorak@kit.edu



Demontage eines Batteriemoduls (Foto: Lars Schaupter, HS Trier, Umweltcampus Birkenfeld)



Partnerschaften aus Forschung und Lehre

Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI)



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Lucas Bretz
(General Manager)
Telefon: +86 134 0414 7105
lucas.bretz@silu.asia
www.silu.asia

Gesellschaftlichen Schwerpunktthemen, wie eine nachhaltige Produktion, Industrie 4.0 und künstliche Intelligenz werden sowohl in Deutschland als auch in China eine hohe Tragweite zugemessen. Durch die Präsenz des wbk Institut für Produktionstechnik in Suzhou, China, gestalten wir die zukünftige Entwicklung mit Herangehensweisen aus beiden Ländern. Weiterhin unterstützt das Team deutsche Unternehmen und deren chinesische Lieferkette mit einem breiten Portfolio an Forschungs- und Industrieprojekten sowie Weiterbildungsprogrammen zu folgenden Themenschwerpunkten: Lieferantenmanagement, Qualitätsmanagement, Produktionssystemgestaltung, Logistikmanagement und Industrie 4.0.

Vor allem aufgrund der in China signifikant steigenden Lohnkosten wird eine Effizienzsteigerung der Industrie besonders durch Automatisierung und Digitalisierung der Prozesse nach dem Vorbild des deutschen Vorhabens Industrie 4.0 angestrebt. Daher liegt ein besonderer Tätigkeitsfokus des GAMI darauf, Organisationen weiterzuentwickeln. Zudem unterstützt das GAMI Unternehmen darin, die erhöhte Datenverfügbarkeit auch tatsächlich gewinnbringend nutzen zu können, indem gemeinsam Potentiale der Integration von Technologien der Künstlichen Intelligenz (KI) in der Produktion analysiert werden.

Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center und AI Innovation Factory

Die zunehmende Digitalisierung stellt vor allem die Mitarbeitenden in der Produktion vor neue Aufgaben und erfordert zusätzliche Qualifikationen. Das 2015

eröffnete Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center am GAMI stellt eine einzigartige Lernumgebung dar, in der reale Produkte auf flexiblen und intelligenten Montagelinien hergestellt werden können. Maschinen und Werkstücke tauschen in Echtzeit Informationen aus und liefern damit ein direktes Abbild von aktuellen Kennzahlen der Produktion. Das Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center bildet zusammen mit der 2018 eröffneten AI Innovation Factory, in der konkrete Anwendungsfälle von KI in der Produktion (weiter-)entwickelt und erprobt sowie Kompetenzen zur Implementierung von KI-Tools und -Technologien praxisnah vermittelt werden, die Smart Manufacturing Plattform des GAMI. Auf ihr können Unternehmen die Vorteile und die Schnittstellenkompatibilität ihrer jeweiligen Lösungen im Wertstrom in Bezug auf die vorherrschenden länderspezifischen Anforderungen evaluieren und demonstrieren. Die beiden Zentren wurden im November 2018 vom chinesischen Ministerium für Industrie und Informationstechnologie (MIIT) als wegweisendes deutsch-chinesisches Kooperationsprojekt im Bereich Intelligente Fertigung ausgezeichnet. Zudem wurde das GAMI aufgrund seiner beiden Zentren 2019 als Smart Manufacturing Advanced Unit in Jiangsu Province ausgezeichnet. In engem Austausch mit dem wbk wird aktuell an der Eröffnung einer neuen Demonstratorlinie im Bereich der zirkulären Wertschöpfungsprozesse gearbeitet. In diesem Jahr wurde zusammen mit den deutschen Unternehmen CENIT und DEPRAG ein neuer Demonstrator für die virtuelle Inbetriebnahme von Robotik-Applikationen umgesetzt. Besucherinnen, Besucher und Trainingsteilnehmende erleben hautnah, wie ein digitaler Zwilling Mehrwert in der Produktion schafft.

Forschung

Forschungsseitig wirkt das GAMI vor allem im Transnational Competence Center for Environmental Technology and Research Jiangsu Baden-Württemberg (TRENT) mit. Ziel des Projekts ist es, die Entwicklung innovativer Lösungen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Umwelttechnologie und Kreislaufwirtschaft im Austausch zwischen Deutschland und China voranzutreiben. TRENT soll weiterhin dabei helfen, bislang ungenutzte Marktpotenziale für baden-württembergische Umwelttechnikunternehmen in Jiangsu zu erschließen.

Weiterhin konnte ein chinesischer KIT-Student in diesem Jahr seine Masterarbeit in der roboterbasierten Überwachung von C-Teilen erfolgreich abschließen.

Im Anschluss an die interdisziplinäre Ausbildung am GAMI geht der Absolvent die nächsten beruflichen Schritte gemeinsam mit einem deutschen Mittelständler in Suzhou.

Die Vision des Software-Defined Manufacturing, die aktuell auch durch die Mitarbeitenden des wbk maßgeblich entwickelt wird, beschäftigt ebenfalls einen sehr erfolgreichen, deutschen Automatisierungstechniker auf strategischer Ebene. Hier startet GAMI zusammen mit dem Projektpartner in ein langfristiges Projekt, das direkt an der Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie ansetzt. Im Januar 2023 soll hier auch wieder der erste deutsche Student maßgeblich in einer Masterarbeit mitwirken.

Industrieprojekte

Eine große Herausforderung, insbesondere für deutsche Mittelständler, liegt aufgrund der aktuellen Reisebeschränkungen im Wissenstransfer nach China. In enger Zusammenarbeit mit den wbk-Mitarbeitenden in Deutschland hat das GAMI tatkräftig ein baden-württembergisches Unternehmen beim Technologietransfer unterstützt. Die deutschen Kolleginnen und Kollegen haben Prozesschecklisten und Qualitätsmerkmale im Stuttgarter Raum aufgenommen und an das GAMI-Team übergeben. Das GAMI konnte dann sehr erfolgreich das deutsche Unternehmen in Taicang beim Ramp-Up sowie beim Mitarbeitertraining unterstützen.

In einem weiteren Projekt befasst sich das GAMI für einen weltweit führenden Hersteller von medizintechnischen und pharmazeutischen Produkten mit dessen Wertschöpfungsprozess. Kostendruck und regulatorische Herausforderungen lassen digitale Lösungen, die den gesamten Wertstrom verbessern, immer wichtiger werden. Im Projekt untersuchte das GAMI zunächst den Wertschöpfungsprozess des Kunden. Dabei wurde insbesondere auf Verschwendungen im Informationsfluss geachtet, die Potenziale für Digitalisierungsansätze aufzeigen. Ein international bewährtes, an den chinesischen Markt angepasstes Workshop-Konzept half, Lösungen gemeinsam mit dem Projektpartner zu identifizieren. Zur Bewertung der Lösungen auf monetärer und strategischer Ebene setzte das Projektteam eine am wbk entwickelte Methodik ein. Dies gab dem Management eine klarere Perspektive für die Priorisierung der Projekte, die innerhalb der nächsten sechs Monate umgesetzt werden sollen.

Weiterbildung

Kern der Weiterbildungsangebote 2022 stellte das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt Innovative Fachkräfte-Qualifizierung für deutsche Unternehmen mit Standorten in China (INWICA). Das Vorhaben zielt darauf ab, für Produktionsmitarbeitende ein Angebot für eine Aufstiegsqualifikation mittels eines hybriden Lernsystems zu konzipieren und dieses in die aktuelle Weiterbildungslandschaft nachhaltig zu implementieren. Die Projektergebnisse und das entwickelte Weiterbildungsprogramm wurde publikumswirksam auf der Messe Education+ in Taicang, organisiert von der Messe Stuttgart, präsentiert.

Zudem fanden diverse Workshops für chinesische Mitarbeitende deutscher Unternehmen statt, vor allem zu den Themen Lean Management und Industrie 4.0.

Veranstaltungen

Im Rahmen des Projekts TRENT wurden sehr erfolgreich Workshops und Wissensangebote im Bereich Nachhaltigkeit für mehr als 30 Teilnehmende des deutsch-chinesischen Publikums angeboten. Das wbk und GAMI wurde weiterhin an namhaften Austauschformaten zwischen Forschung und Industrie durch Lucas Bretz vertreten. Hervorzuheben ist hier der Zijin Salon in Nanjing, an dem Professorinnen und Professoren sowie weitere Experten aus ganz Deutschland in einer vertrauensvollen Atmosphäre die Herausforderungen der Nachhaltigkeit in der Produktion diskutiert haben. Weiterhin war das GAMI auf diversen Konferenzen zu den Themen Smart Manufacturing vertreten. ■



Der digitale Zwilling in der Robotik ermöglicht eine Off-line Programmierung, erlebbar im GAMI Innovation Center (Foto: wbk/GAMI)



Erfolgreicher Workshop mit einem deutschen Mittelständler zur Digitalisierung von Geschäftsprozessen an der Schnittstelle zwischen Produktion und indirekten Prozessen (Foto: wbk/GAMI)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

Advanced Manufacturing Technology Center (AMTC) an der Tongji-Universität in Schanghai



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Christopher Ehrmann
(Juniorprofessor an der Tongji-Universität)
Telefon: +86 182 213 74597
amtc@wbk.kit.edu
www.wbk.kit.edu/amtc.php

Chinesisch-deutsche Kooperation

Seit 2012 existiert in Shanghai das AMTC als gemeinsame Einrichtung des Chinesisch-Deutschen Hochschulkollegs (CDHK) und der School of Mechanical Engineering (SME) der Tongji Universität. Mit seiner modernen maschinellen Ausstattung und seinem Netzwerk von Partnerfirmen bietet das AMTC ein chinaweit einmaliges Umfeld für die Produktionstechnik, fokussiert auf die Themen Produktionsprozesse, Werkzeugmaschinen sowie Robotik und Automation.

Das AMTC zielt auf angewandte, an die Anforderungen des chinesischen Markts angepasste, Forschung – zusammen mit in China operierenden Unternehmen sowie in staatlich geförderter Forschung. Durch bilaterale Projekte und Workshops gelingt der Technologietransfer aus dem neuesten Stand der Forschung in die Unternehmen sowie durch Lehraktivitäten an Studierende und Mitarbeitende interessierter Unternehmen.

Laborgebäude

Seit dem Umzug im Jahr 2019 in das Hauptgebäude der School of Mechanical Engineering (SME) stehen dem AMTC weitere Werkzeugmaschinen sowie Platz für neue Forschungsthemen zur Verfügung. Unter anderem erlaubt es die neue Halle, Produktionssysteme für die Elektromobilität, den industriellen Einsatz von 5G-Mobilfunk sowie Flugdrohnen zu erforschen.

Forschungs- und Industrieprojekte

Ein integriertes deutsch-chinesisches Netzwerk aus Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Industrie ermöglicht es, Projektarbeit und gemeinsame Strategien eng zu verzahnen. Zu den durchgeführten Projekten zählen bilaterale Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, staatlich finanzierte Forschungs- sowie Verbundprojekte. Themen sind unter anderem:

- Maschinelles Lernen, insbesondere dessen holistische Anwendung auf verschiedene Datenquellen, einschließlich Vision-Systeme
- Firmen- und länderübergreifende Integration von Fertigungssystemen in Cloud-Plattformen sowie Shopfloor-Management-Systeme, Analyse und Anzeige von Key-Performance-Indikatoren in Echtzeit, direkt an der Anlage oder remote
- Systemdesign und Analysealgorithmen für

eingebettete, spezialisierte Sensorsysteme in der Produktion

- Konzipierung von Produktionsanlagen für die Brennstoffzellen-Fertigung im deutsch-chinesischen Kontext

Durch die Ernennung des AMTC-Laborleiters, Dr. Christopher Ehrmann, zum Juniorprofessor am SME der Tongji Ende 2021 wurde ein weiterer Meilenstein der Kooperation von KIT/wbk und der Tongji Universität erreicht.

Industrie 4.0-Demo-Linie

Herzstück des AMTC und Drehscheibe von Industrie- und Forschungsprojekten ist das Labor, das mit modernen Werkzeugmaschinen, Robotern und Automatisierungskomponenten ausgestattet ist. Zusammen mit einer Koordinatenmessmaschine, einem digitalisierten Montagearbeitsplatz sowie einem Shopfloor-Management- und Visualisierungssystem sind die Anlagen zu einer Industrie-4.0-Demo-Linie verknüpft. Die Einzigartigkeit dieser Linie ergibt sich aus drei Prinzipien:

- Die einheitliche Kommunikation wird – trotz heterogener Steuerungsarchitektur – über OPC-UA realisiert – die mit einander vernetzten Steuerungen stammen unter anderem von Bosch Rexroth, Siemens, Fanuc und i5.
- Die Linie wurde ausschließlich von Mitarbeitenden und Studierenden des AMTC konzipiert, entworfen, programmiert und in Betrieb genommen. Dadurch ist ein tiefgreifendes Verständnis für die Anlage vorhanden, was Anpassungen und die Integration von Sensorik und Algorithmen für neue Forschungsziele vereinfacht.
- In realen Fertigungs- und Montageprozessen entsteht ein reales Produkt. So wird das Verhalten der Prozesse und der Gesamtanlage repräsentativ.

Die Industrie-4.0-Demo-Linie dient zudem als ein Demo- und Validierungszentrum für die methodischen Ansätze des Verbundprojekts I4TP (gefördert durch das BMBF und das MoST, welches im Jahr 2021 erfolgreich abgeschlossen wurde. Seitdem stehen dem Labor standardisierte Produktionseinheiten (I4TP Blocks) zur Verfügung, mit welchen Methoden der raschen Inbetriebnahme und Rekonfiguration erforscht und vermittelt werden können.

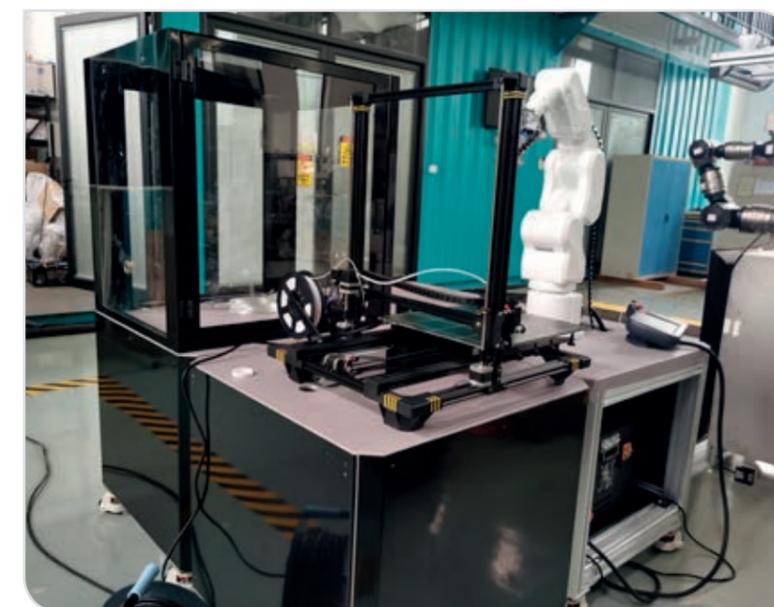
Seit Dezember 2022 können die abstrakten Prozesse aus der digitalen Domäne der Demo-Linie anschaulich auf einer 10m breiten Videoleinwand für Besucher und Studenten zugänglich gemacht werden.

Konferenzen, Messen und Lehre

Die seit 2013 jährlich im Herbst stattfindende International Conference on Sustainable Manufacturing (ICSM) musste in den Corona-Jahren abgesagt werden, nach dem 2019 noch ein neuer Teilnehmerrekord verzeichnet wurde. Das AMTC steht in Einklang mit den Vorschriften der Tongji-Universität nach wie vor Besuchergruppen offen, jedoch unter verschärften Hygieneauflagen. Auf verschiedenen Fachmessen, unter anderem der Messe CIMT in Beijing und der EMO Mailand, wurden Daten aus dem Labor mittels vom AMTC zusammen mit dem VDW (Verband Deutscher Werkzeugmaschinenhersteller) und dem CMTBA (Chinese Machine Tool Builders Association) entwickelten Methoden standardübergreifend verfügbar gemacht. Damit demonstrierten das AMTC und seine Partner die erfolgreiche Kooperation der deutsch-chinesischen Werkzeugmaschinenindustrie vor einem Fachpublikum.

Hauptziel der Lehre am AMTC ist, das theoretische Wissen aus den Vorlesungen über experimentelle Kurse in den Bereichen mechanische Fertigung und Automatisierung zu vertiefen, um die praktischen Fähigkeiten der Studierenden zu verbessern. Zudem bietet die Ausstattung des AMTC die Möglichkeit, Abschlussarbeiten in Forschungsprojekten an modernen Maschinen und Anlagen in einer industrienahen Umgebung zu schreiben. Zwischen dem KIT und der Tongji Universität besteht ein Doppel-Masterprogramm. Der Lehrplan und die inhaltliche Abstimmung garantieren eine hohe Qualität der Ausbildung, die den Anforderungen beider Universitäten gerecht wird. Das Programm bietet nicht nur eine hervorragende fachliche Ausbildung, sondern auch die Möglichkeit, sich interkulturell auszutauschen und sprachliche Kompetenzen zu erlangen. In der Vorlesung „Smart Manufacturing and Automation with Industry 4.0“, von Professor Jürgen Fleischer können die internationalen Studierenden der KIT HECTOR Business School zusätzlich zu den Vorlesungsinhalten praktische Erfahrungen in SPS- und Roboterprogrammierung unter Anleitung der AMTC-Mitarbeitenden sammeln. Zusätzlich wird die Vorlesung „Grundlagen der zerspanenden Fertigung und Werkzeugmaschinen“ für Studierende des chinesisch-deutschen Hochschulkollegs (CDHK)

gehalten. Ein weiterer Pfeiler der Lehre besteht aus Seminaren und Workshops für Mitarbeitende und Führungskräfte der Partnerfirmen. Vermittelt werden unter anderem Industrie-4.0-Methoden sowie Transformationsideen bezüglich Elektromobilität. Seit dem Jahr 2022 findet in Zusammenarbeit zwischen CDZM (Chinesisch Deutsches Zentrum für Maschinenbau der Tongji) und dem AMTC die Vorlesungsreihe „Sino-German Innovation Platform“ statt. Chinesischen Studierenden werden von deutschen Dozenten (unter anderem Dr.-Ing. Lucas Bretz und Dr.-Ing. Christopher Ehrmann) Kreativitätstechniken und Methodenkompetenz für die Entwicklung, prototypische Fertigung und dem Qualitätsmanagement für innovative Produkte praxisnah vermittelt. ■



I4TP-Blocks: Inbetriebnahme von, im Rahmen von I4TP entwickelten, modularen Einheiten (Foto: wbk)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

InnovationsCampus Mobilität der Zukunft – neue Fertigungstechnologien für eine nachhaltige Mobilität



Ansprechpartnerin am wbk:
Dr. Sandra Kauffmann-Weiß
Telefon: +49 1523 950 2655
sandra.kauffmann-weiss@kit.edu

Die künftige Mobilität ist umweltfreundlich, vernetzt und automatisiert. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung bahnbrechender Technologien – von neuen Dienstleistungen über völlig neue Antriebe und Bauteile bis hin zu innovativen Produktionsverfahren und -systemen sowie zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken. Um diesen Transformationsprozess voranzutreiben, bündeln das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Stuttgart mit weiteren Hochschulpartnern aus Baden-Württemberg ihre Kompetenzen.

Die Vision des InnovationsCampus ist die Entwicklung von Mobilitätsprodukten und Produktionstechnologien für eine nachhaltige, digitalisierte Mobilität der Zukunft. Der Fokus liegt auf der disziplinenübergreifenden anwendungsorientierten Grundlagenforschung in den drei Forschungsfeldern Manufacturing Systems, Mobility Technologies und Software-System-Architectures.

Im Jahr 2022 erfolgten Ausschreibungen zu Investitionsprojekten (Zukunftslaboren) sowie zu Vernetzungsprojekten mit der Industrie oder internationalen Forschungseinrichtungen und großen, standortübergreifenden Verbundprojekten. Neben der Förderung von anwendungsorientierter Grundlagenforschung in Verbundprojekten werden derzeit weitere Formate für eine gemeinsame Campusentwicklung und Transferinstrumente aufgebaut. Zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses werden neue Professuren, Nachwuchsgruppen



Leichter, effizienter, leistungsfähiger, nachhaltiger: Neuartige Elektromotoren ohne seltene Erden für die lokale Fertigung in Baden-Württemberg (Foto: Uli Regenscheit, Universität Stuttgart, ICM)

und ein internationales Austauschprogramm eingerichtet. Im Rahmen der Transferinitiative InnovationChallenge Mobilität und Produktion wurden zudem sieben Konsortien, bestehend jeweils aus Start-ups oder KMUs und Hochschulen aus Baden-Württemberg, gefördert.

Das wbk Institut für Produktionstechnik ist in allen Förderaufrufen an mehreren geförderten Zukunftslaboren und Grundlagenprojekten beteiligt. Zusätzlich ist das wbk an neuen Bottom-Up-Projekten beteiligt, wobei das Format besonders auf junge Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen ausgerichtet ist. Beim internationalen Austauschprogramm konnte ein wbk-Doktorand als einer der ersten Bewerber bei einem wissenschaftlichen Auslandsaufenthalt eine Förderung bekommen. Der wissenschaftliche Schwerpunkt am wbk liegt im Bereich der additiven und subtraktiven Fertigung, der Qualitätssicherung und Charakterisierung sowie der Prozessautomatisierung.

Der InnovationsCampus wird seit dem 01.07.2019 durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Weiterführende Informationen finden Sie auf der Homepage: www.icm-bw.de



ICM-Demonstrator „eVee“ für das testen und erproben von neuartigen Komponenten und Bauteilen (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

wbk Alumni-Club – das Ehemaligenetzwerk des wbk Instituts für Produktionstechnik

Der wbk Alumni-Club e.V. ist das Ehemaligenetzwerk des wbk Institut für Produktionstechnik mit aktuell 174 Mitgliedern. Im Rahmen regelmäßiger Stammtische geben Ehemalige den aktuellen Mitarbeitenden des wbk mehrfach jährlich exklusive Einblicke in deren aktuelle Tätigkeiten. Unternehmensvorstellungen, Führungen durch Produktionsstätten sowie offene Diskussionen tragen wesentlich dazu bei, den Austausch über die aktuellen Herausforderungen der Produktionstechnik zu fördern. Darüber hinaus bietet der Alumni-Club seinen Mitgliedern die Möglichkeit, das Netzwerk zu Fachleuten aus Industrie und Wissenschaft auch über die aktive Institutszugehörigkeit aufrecht zu erhalten und weiter auszubauen.

Aufgrund des auch in diesem Jahr zeitweise ungewiss verlaufenden Infektionsgeschehens fanden die Stammtische in der ersten Jahreshälfte in digitaler Form statt, mit dem Vorteil, auch Ehemaligen außerhalb des typischen Radius eine Teilnahme ermöglichen zu können. Alumni Dr. Heiner Lang, CEO der *WAGO GmbH & Co. KG*, gab im Rahmen eines solchen Online-Events Einblicke in die Business-Units der Verbindungstechnik, Interface-Elektronik und Automatisierungstechnik. Spannende Einblicke konnten die Mitglieder auch durch Alumni Dr. Ulf Osmer erlangen, der von seinen bisherigen Stationen und dem Berufsalltag als Interims Manager bei der *taskforce – Management on Demand GmbH* berichtete.

Infolge der pandemiebedingten virtuellen Zusammenkünfte war die Einladung von Johann Soder, COO der *SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG*, in deren Produktionsstätte am Standort Graben-Neudorf ein besonderes Highlight für alle Teilnehmenden. Die Vorstellung der modularen, skalier- und wandelbaren Produktion mit anschließender Factory Tour zeigten eindrucksvoll die Relevanz und das Potenzial agiler Anlagentechnik, wie sie am wbk in verschiedenen Projekten erforscht wird. Ein



Besuch des wbk Alumni-Clubs bei der SEW-EURODRIVE am Standort Graben-Neudorf (Foto: Sebastian Henschel, wbk)

abschließender Imbiss bat die ideale Plattform zum Austausch und Networking zwischen ehemaligen und aktiven Mitarbeitenden des wbk.

Ein weiteres Highlight war das diesjährige Ehemaligenfest (siehe Seite 11). In großer Runde kamen ehemalige und aktive Mitarbeitende bei der Erkundung der neu eröffneten Karlsruher Forschungsfabrik am Campus Ost des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in den gemeinsamen Austausch. Der Alumni-Club sorgte hierbei mit Kaffeebar und Eiswagen bei sommerlichen Temperaturen für das leibliche Wohl der Mitglieder. Um das Angebot und die Reichweite auch zukünftig ausweiten zu können, sind Neumitglieder herzlich willkommen. Das Anmeldeformular ist auf der Homepage des wbk im Bereich „Ehemalige“ zu finden.



Einblicke von Johann Soder (COO SEW-EURODRIVE) in die Vision des smarten Unternehmens der Zukunft (Foto: Sebastian Henschel, wbk)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre Angebote an die Industrie

Das wbk Institut für Produktionstechnik arbeitet eng mit Unternehmen weltweit zusammen. Wir bieten unseren industriellen Partnern gezielt forschungsnahe Dienstleistungen, Schulungen und weitere individuelle Kooperationsmöglichkeiten an – im Rahmen von öffentlich geförderten Forschungsprojekten und darüber hinaus. Beispielsweise arbeiten wir mit Kooperationspartnern aus den Branchen Automobil, Maschinen- und Anlagenbau, Pharma, Medizin- und Zahntechnik zusammen. Die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft ist ein entscheidender Faktor für unseren Erfolg. Daher stehen wir in einem ständigen Austausch mit Industrieunternehmen. Je nach Aufgabenstellung können dies weltumspannende Großkonzerne, aber auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit Marktführerschaft in spezialisierten Anwendungsbereichen sein. Dabei hat die Praxisorientierung unserer Arbeit für uns höchste Priorität. Unsere Arbeit ist wissenschaftlich fundiert und wir können auf eine jahrzehntelange Zusammenarbeit mit der Industrie zurückblicken.

Wir vereinen Wissen auf allen Ebenen der Produktionstechnik.

Unser Angebot im Überblick:

- Entwicklung und Optimierung von Fertigungsprozessen und Prozessketten unter Betrachtung fertigungsbedingter Bauteileigenschaften.

- Entwicklung innovativer Produktionsprozesse und Maschinensysteme von der Komponente bis hin zur automatisierten Produktionsanlage. Hierdurch befähigen wir unter anderem Lösungen für die Greif- und Robotertechnik, die Additive Fertigung, das Condition Monitoring sowie die Produktion elektrischer Antriebe, Batterien und Brennstoffzellen
- Planung, Bewertung und Beherrschung der Effekte der Produktion von morgen – vom globalen, schock-robusten Netzwerk über die atmende Fabrik mit höchst produktiven Produktionsmitteln und innovativen Geschäftsmodellen bis hin zur Qualitätssicherung unreifer Prozesse.

Beispielhafte Dienstleistungen:

- Wechselwirkung Fertigungsprozess-Werkstoff
- Lösungen für die Prozess-, Werkzeug- und Werkstücküberwachung
- Prozess- und Werkzeugauslegung für das Verzahnen
- Prozesskettenbetrachtung Additive Fertigung (Kunststoffe, Metalle, Keramiken und Hybridisierungen)
- Industrie 4.0-, Condition Monitoring- und KI-Lösungen für die effiziente Produktion
- Prozessentwicklung für den hybriden Leichtbau, die additive Fertigung und die Elektromobilität
- Experimentelle Analysen und Simulationsstudien von Maschinen, Komponenten und Prozessen
- Technologieberatungen und Workshops in den Bereichen Elektromobilität, Prozessautomatisierung und Digitalisierung
- Standortgerechte Anpassung des Produktionssystems
- Entwicklung von Digitalisierungsstrategien
- Auswahl produktionsintegrierter Messtechnik und Sensorik
- Schulungen für Industrievertreter

Mehr zum Dienstleistungsangebot:
<https://www.wbk.kit.edu/dienstleistungen.php>

Schulungen:

Unsere Schulungen sind besonders nah an der Unternehmenspraxis, da sich die Themen an den Anforderungen in der Industrie orientieren und das Ziel ist,

dass die Teilnehmer ihr neu erlerntes Wissen direkt in ihrem Unternehmen umsetzen können. Entsprechend sind die Schulungen in hohem Maße handlungsorientiert aufgebaut. Die Teilnehmer wenden Gelerntes sofort in der Praxis an. Hierfür steht uns am wbk Institut für Produktionstechnik eine praxisnahe Lernumgebung mit neusten Technologien zur Verfügung. Dabei vermitteln wir sowohl fundiertes Grundlagenwissen als auch neuste Erkenntnisse aus der Forschung und entwickeln unsere Schulungskonzepte ständig weiter.

Mehr zum Schulungsangebot:
<https://www.wbk.kit.edu/schulungen.php>

Statements unserer Partner

„ARBURG und das wbk Institut für Produktionstechnik sind seit mehreren Jahren eng verbunden. Spannende Themen, wie die Weiterentwicklung des ARBURG Kunststoff-Freiformens zur Integration von Verstärkungsfasern, stehen im Mittelpunkt unserer Partnerschaft. Gemeinsam arbeiten wir in der Karlsruher Forschungsfabrik an Lösungen, die unsere Maschinen- und Anlagen schon heute positiv verändern. Den engen Austausch zwischen Industrie und Wissenschaft sehen wir dabei als großen Gewinn für beide Seiten“, so Guido Frohnhaus, Geschäftsführer Technik, ARBURG GmbH + Co KG.

„SCHUNK Spann- und Greiftechnik ist seit Jahren partnerschaftlich mit dem wbk Institut für Produktionstechnik verbunden. In gemeinsamen Forschungsprojekten konnten wir zahlreiche digitale Bausteine für verschiedenste Bereiche der Produktionstechnik

realisieren: vom Robotersystem-Konfigurator über ein Industrie-4.0-Nachrüstkit für Bestandsanlagen bis hin zu einer Plattform für Fabrikautomatisierung. Fachkompetenz gepaart mit Anwendungsnähe machen das wbk für uns zum idealen Partner. Als weltweiter Kompetenzführer für Greifsysteme und Spanntechnik beabsichtigen wir mit den Lösungen, die in der Kooperation mit dem wbk entstehen, einen signifikanten Mehrwert für unsere Kunden zu generieren“, so Timo Gessmann, Chief Technology Officer, SCHUNK GmbH & Co. KG Spann- und Greiftechnik.

Weitere Informationen und Kontakt:
<https://www.wbk.kit.edu/industrie.php>



Austausch mit Porsche



Besuch des Ministerpräsidenten sowie der Ministerinnen am ARBURG Innovationcenter in der Karlsruher Forschungsfabrik (Fotos: wbk)



Ein Team der Schunk Group besucht die Karlsruher Forschungsfabrik



Dissertationen

Vorausschauende und reaktive Mehrzieloptimierung für die Produktionssteuerung einer Matrixproduktion

Ziel des Vorhabens

Die Fähigkeit zur Produktindividualisierung ist ein Kernelement produzierender Unternehmen, um den Anforderungen unterschiedlicher Märkte und Kundensegmente gerecht zu werden. Das mit der Individualisierung einhergehende, diversere Produktionsprogramm führt in der Produktion zu unterschiedlichen Arbeitsinhalten pro Arbeitsstation. Dies schlägt sich in Form von Wartezeiten und ungleichen Auslastungen nieder. Um diesen Marktanforderungen gerecht zu werden, gewinnen flexible Produktionskonzepte an Bedeutung. Matrixproduktion bezeichnet ein Produktionssystem in Matrixform bestehend aus redundanten Mehrzweckmaschinen, die durch ein flexibles Transportsystem verkettet sind. Ziel der Dissertation ist es, eine vorausschauende und reaktive Produktionssteuerung für die Matrixproduktion zu untersuchen und zu entwickeln.

Vorgehensweise

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Produktionssteuerung auf Basis des iterativen Suchbaumverfahrens MCTS zur Steuerung einer Matrixproduktion entwickelt. Berücksichtigt wurden hierbei alternative Vorgangsreihenfolgen, unterschiedliche Bearbeitungszeiten je Produktionsmittel sowie Rüst- und

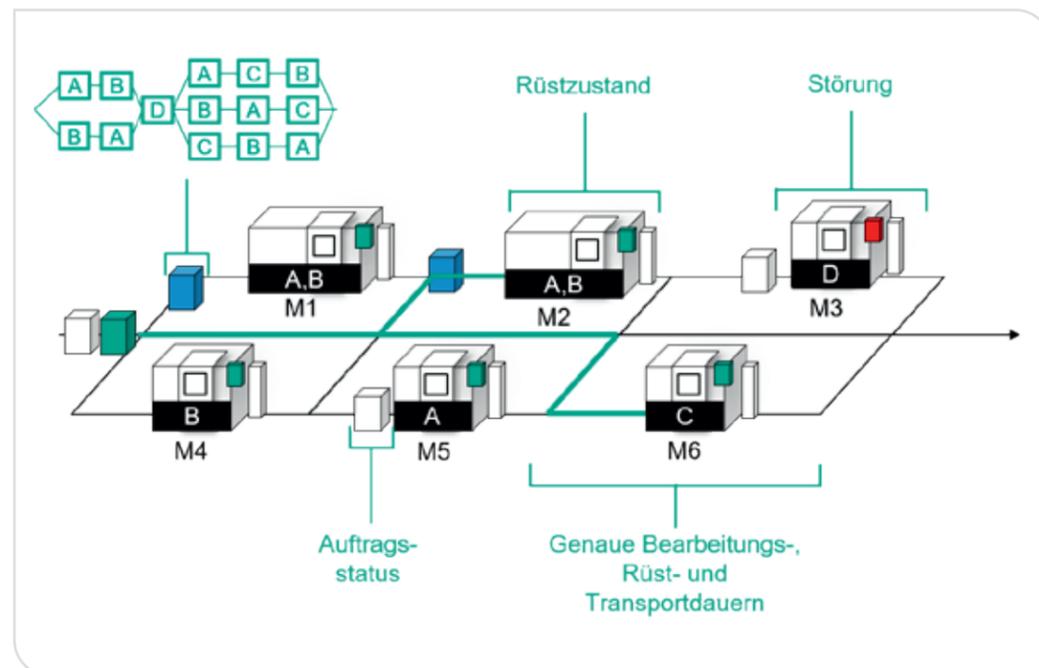
Transportzeiten. Durch die Hinzunahme von Domänenwissen innerhalb des MCTS-Verfahrens in Form von Prioritätsregeln kann die Reaktivität und die Lösungsgüte verbessert werden. Da eine manuelle Auswahl geeigneter Regeln nur für bestimmte Steuerungsprobleme zu guten Ergebnissen führt, wurde eine Methode zur automatisierten Identifikation geeigneter Heuristiken entwickelt. Die Produktionssteuerung wird durch eine Post-Optimierung auf Basis lokaler Suchverfahren komplettiert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse belegen, dass Monte Carlo Tree Search geeignet ist, das komplexe Problem der Produktionssteuerung einer Matrixproduktion zu bewältigen. Die Offenheit des Verfahrens ermöglicht es zudem, reale Restriktionen zu modellieren.

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die Verwendung von Domänenwissen automatisiert werden kann, sodass sich das Steuerungsverfahren automatisch an das zugrundeliegende Steuerungsproblem und die angestrebten Zielsetzungen anpassen kann.

Die Erprobung der Steuerung anhand von drei Anwendungsfällen zeigt die Anpassungsfähigkeit der Steuerung, die hohe Reaktivität und die hohe erreichte Lösungsgüte. ■



Matrixproduktion und die Einflussgrößen auf die Steuerungsentscheidung (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Erzeugung und Verwendung von Anwendungswissen in der industriellen Computertomographie

Ziel des Vorhabens

Die Röntgen-Computertomographie (CT) ist in den letzten Jahren zu einer etablierten Messtechnik im industriellen Einsatz geworden. Die CT weist gegenüber traditionellen Messverfahren, wie etwa optischer oder taktischer Koordinatenmesstechnik, den Vorteil auf, dass Messungen auch an schwer oder von außen gar nicht zugänglichen Stellen durchgeführt werden können. Allerdings ist die CT eine komplexe Technologie. Die eigentliche Messung wird nicht direkt am Bauteil durchgeführt, sondern an einem dreidimensionalen Abbild von diesem. Diese sogenannte Rekonstruktion wird in einem Abbildungsprozess zuvor aus Röntgenbildern gewonnen, die von allen Seiten des Bauteils erstellt werden. Ziel dieses Vorhabens ist es, eine Methode zu entwickeln, mit der die Abhängigkeit der Güte der Messung in Abhängigkeit der Faktoren mit Einfluss auf den Bildentstehungsprozess ermittelt werden kann. Das so erzeugte Anwendungswissen soll in einer Software, einem sogenannten Expertensystem, eingesetzt werden, um Anwendende bei der Parametrierung ihres Gerätes zu unterstützen.

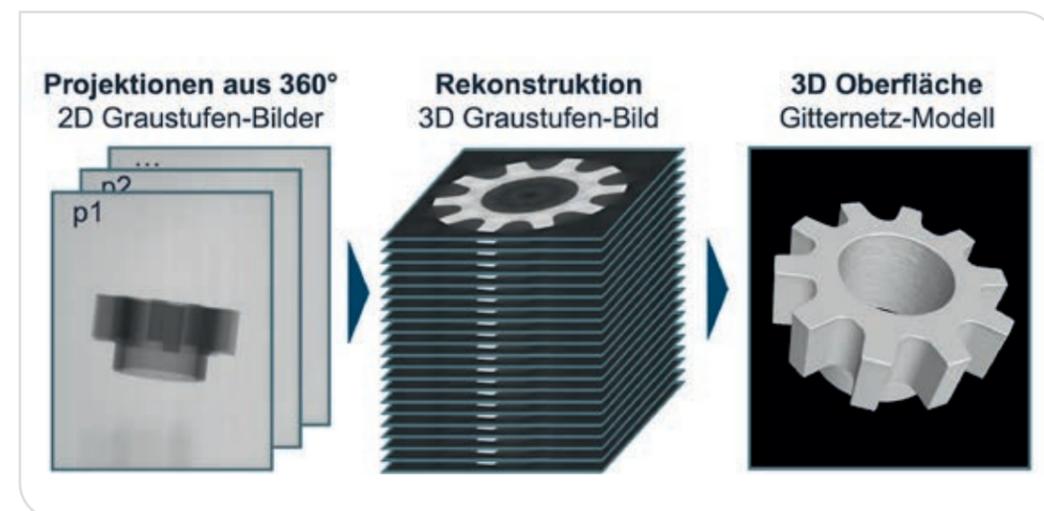
Vorgehensweise

Das Vorhaben gliedert sich in drei Schritte. Im ersten Schritt wird ein Versuchsplan aufgestellt und bearbeitet. Im Rahmen dieses Versuchsplans werden die Einstellungen eines CT-Gerätes und die untersuchten Bauteile variiert. Damit die speziell konstruierten Versuchsbauteile für den Einsatz in einem Versuchsplan geeignet sind, können sie in verschiedenen Größen

und Materialien gefertigt werden. Im Anschluss an die Versuchsplandurchführung wird die Auswirkung der Einstellungs- und Bauteilvariation auf die Bildqualität und die Güte der Messungen bestimmt. Dazu kommen sowohl statistische Modellbildung als auch Machine-Learning zum Einsatz. Im zweiten Schritt wird das erzeugte Anwendungswissen in einem Expertensystem verarbeitet, das auf dem Fallbasierten Schließen beruht (engl. Case Based Reasoning, CBR). Das CBR-System unterstützt Anwendende bei der Einrichtung einer CT-Messung, in dem es – in Abhängigkeit der zu untersuchenden Bauteile – Ratschläge zur Wahl der CT-Geräte-Einstellungen gibt. Die Integration des Anwendungswissens in das CBR-System geschieht überwiegend vollautomatisch, sodass eine Übertragung der Methode auf andere CT-Geräte möglich ist. Im dritten Schritt wird das Expertensystem getestet. Dazu kommen Bauteile zum Einsatz, die industriellen Bauteilen nachempfunden sind. Die Durchführung von Testmessungen mit diesen Bauteilen erlaubt einen Schluss darauf, ob das Expertensystem auch beim Vorliegen beliebiger industrieller Bauteile zuverlässig, sinnvollen Rat erteilt.

Ergebnisse

Die entwickelte Methode zur Versuchsplandurchführung und das Expertensystem wurden erfolgreich getestet. Fortan können Anwendende von CT-Geräten die Versuchspläne und das Expertensystem auf ihren Systemen einsetzen, um systematisch Anwendungswissen zu erzeugen und zu verwenden. ■



Ablauf einer CT-Messung (Abbildung: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Dr.-Ing. Constantin Hofmann
Telefon: +49 1523 950 2583
constantin.hofmann@kit.edu



Autor:
Dr.-Ing. Leonard Schild

Dissertationen

Wälzschälen mit kleinen Achskreuzwinkeln – Prozessgrenzen und Umsetzbarkeit



Autor:
Dr.-Ing. Bruno Vargas

Ziel des Vorhabens

In der Antriebstechnik stellen Getriebekomponenten nach wie vor sehr wichtige Elemente dar. Um Verzahnungen herzustellen, sind das Wälzfräsen und das Wälzstoßen neben dem Räumen etablierte Verfahren. Ein sehr produktives Verfahren für die Herstellung von Außen- und Innenverzahnungen ist das Wälzschälen. Ein wesentliches Problem ist dabei die windschiefe Anordnung von Werkzeug und Werkstück, die zu Problemen bei Bauteilen führt, die eine Schulter oder einen Bund aufweisen oder topfförmig sind. Dann kommt es zu Kollisionen an diesen Störkonturen, denen prozessseitig nur durch kleine Achskreuzwinkel begegnet werden kann. Dadurch werden allerdings die ohnehin schon schwer zu bewältigenden Prozessbedingungen noch ungünstiger. Insofern besteht ein großer Bedarf daran, für die Auslegung der Werkzeuge und des Prozesses Auslegungstools zu entwickeln, die auch und gerade bei den kleinen Achskreuzwinkeln eine verlässliche Prozessführung ermöglichen.

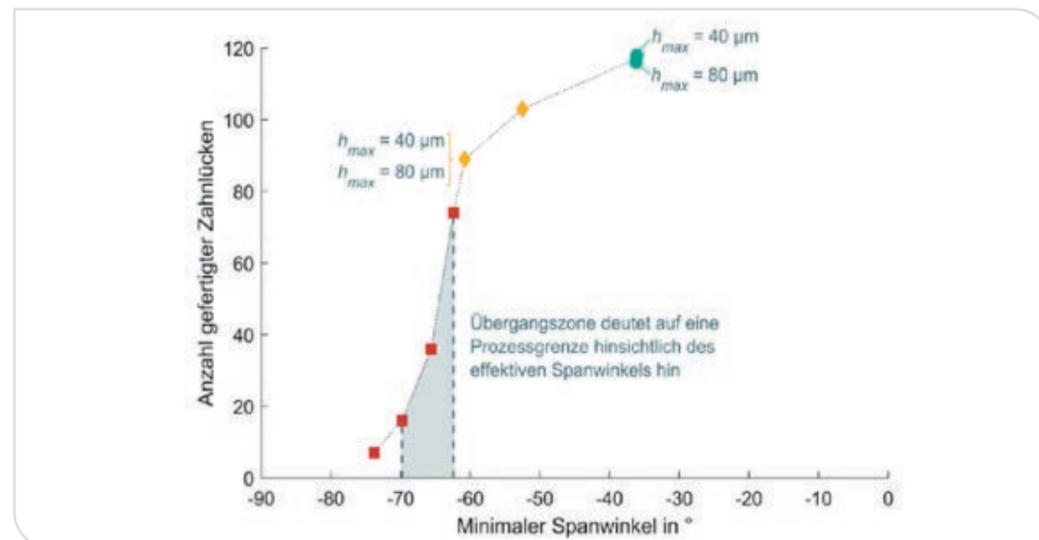
Vorgehensweise

In Rahmen der theoretischen Untersuchung wurden zunächst die Prozesskinematik modelliert und die Zusammenhänge zwischen den lokalen effektiven Zerspanungskenngrößen und den wichtigsten Prozess- und Werkzeugparametern ausführlich untersucht. Anschließend wurde ein praxisorientiertes Prozessmodell für die Wälzschälvorgang entwickelt. Dieses Modell ermöglicht es, Kenngrößen

Benextremwerte mit hoher Genauigkeit und geringem Programmieraufwand zu ermitteln. In der experimentellen Untersuchung wurden zunächst Versuche an einer Außenverzahnung aus 16MnCr5 mit Einzahnwerkzeugen aus PM-HSS durchgeführt. Dabei wurden die Einflüsse verschiedener Prozessparameter für Achskreuzwinkel zwischen 5° und 15° systematisch untersucht. Die Erkenntnisse wurden anhand von Realversuchen an einem Demonstratorbauteil mit Vollwerkzeug validiert. Anschließend erfolgte der Materialwechsel auf vorvergütetes 30CD12, welcher die Werkstoffabhängigkeit der Prozessgrenze belegte. In der Folge wurden Versuche an 16MnCr5 mit Einzahnwerkzeugen aus Hartmetall durchgeführt, welche das Potenzial dieses Schneidstoffs für kleine Achskreuzwinkel und die Schneidstoffabhängigkeit der Prozessgrenze belegten.

Ergebnisse

Es wurden die Prozessgrenzen diskutiert und Richtlinien zur Vorauslegung von Wälzschälprozessen mit kleinen Achskreuzwinkeln abgeleitet. In der Umsetzbarkeitsanalyse am Beispiel des Demonstratorbauteils wurden die Einflüsse von Achskreuzwinkel und Zähnezahl auf die Prozesshauptzeit und voraussichtliche Standmenge anhand der kenngrößenbasierten Prozessvorauslegung quantifiziert. Die Ergebnisse wurden dann mit Realprozessen verglichen, welche das Wälzstoßen bei der Fertigung des Demonstratorbauteils beim Industriepartner erfolgreich ersetzt haben. ■



Einfluss des Spanwinkels auf die Standmenge (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Analyse von Phaseninformationen in Videodaten zur Identifikation von Schwingungen in Werkzeugmaschinen

Ziel des Vorhabens

Schwingungen in Werkzeugmaschinen stellen häufig eine Herausforderung dar – sie wirken negativ auf Werkstückoberflächen, Werkzeug- und Maschinenverschleiß und können oft nur mit (meist weniger produktiven) Maschinenparametern abgestellt werden. Heutige Ansätze zur Schwingungsanalyse sind jedoch meist mit großem Aufwand und Kosten verbunden.

Hochgeschwindigkeitskameras könnten eine alternative Datenquelle zur Schwingungsanalyse darstellen. Sie bieten den Vorteil einer berührungslosen Datenaufnahme ohne Verkabelungsaufwand und mit nachträglicher Möglichkeit zur Positionierung der Messposition. Mit der Analyse von räumlichen Phaseninformationen in Videodaten konnten im Stand der Technik für andere Anwendungsfälle vielversprechende Resultate erzielt werden.

Ziel der Arbeit war es daher zu untersuchen, welche Einflussgrößen auf die phasenbasierte Schwingungsanalyse wirken und wie sie unter den herausfordernden Bedingungen von Werkzeugmaschinenumgebungen umgesetzt werden kann.

Vorgehensweise

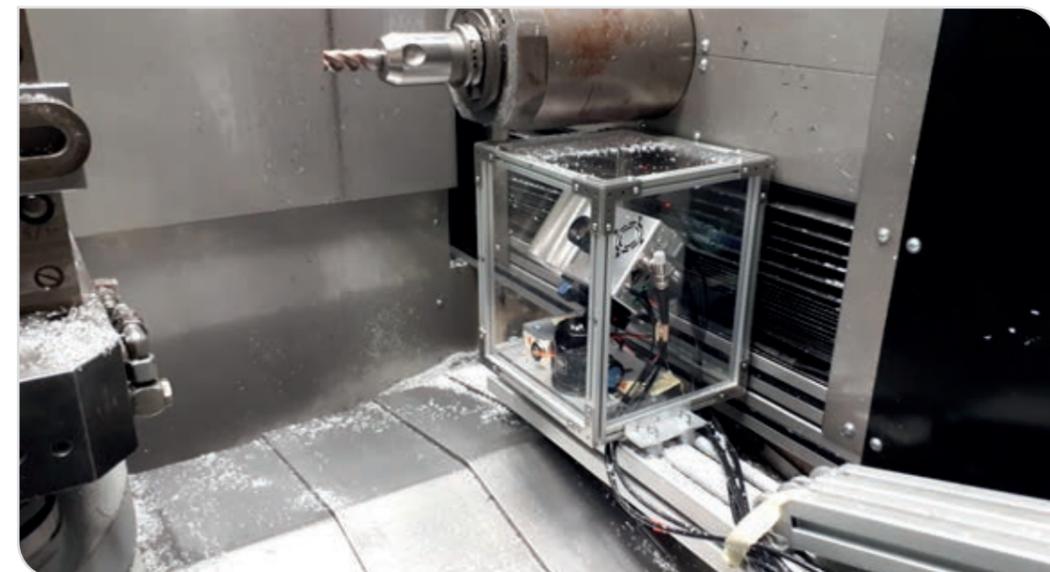
Zu diesem Zweck wurden zunächst Videoaufnahmen eines vibrierenden Piezoaktors und synthetische Videodaten, sowie anschließend Videodaten aus Fräsprozessen aufgenommen und analysiert. Anhand der gewonnenen Daten wurden allgemeine und für Werkzeugmaschinen spezifische Einflussgrößen untersucht und daraus Maßnahmen und Algorithmen abgeleitet, die eine videobasierte Analyse auch unter erschwerten Bedingungen ermöglichen können.

Ergebnisse

Der Abgleich der analysierten Schwingungsfrequenzen aus Videodaten zeigt auch für kleine Schwingungsamplituden von unter 5 µm (etwa 1/40 Pixel) eine gute Übereinstimmung mit Referenzmessungen im Fräsprozess. Die minimal analysierbaren Amplituden hängen gleichwohl von den Aufnahmeparametern und optischen Eigenschaften des analysierten Objekts ab, wobei insbesondere kontrastreiche Regionen, wie Werkstückkanten, Vorteile bei der Analyse bieten. Die entwickelten Algorithmen zur Kompensation von Relativbewegungen, wie bei der Analyse beweglicher Maschinenteile und Werkstücke, sowie zur Kompensation des Einflusses von Spänen können eine Analyse auch unter den herausfordernden Bedingungen eines Werkzeugmaschineninnenraums ermöglichen. ■



Autor:
Dr.-Ing. Benedikt Klee



Versuchsaufbau zur videobasierten Analyse von Werkstückschwingung (Foto: wbk)

Dissertationen

Funktionsorientierte in-line Qualitätssicherung von hybridem Sheet Molding Compound



Autor:
Dr.-Ing. Lucas Bretz
Telefon: +86 134 0414 7105
lucas.bretz@silu.asia

Ziel des Vorhabens

Die Verwendung von faserverstärkten Kunststoffen (FVK) nimmt weltweit stetig zu. Die Kombination von diskontinuierlichem Sheet Molding Compound (DiCo-SMC) und kontinuierlichem SMC (Co-SMC) in einer neuen, hybriden Materialklasse (CoDi-Co-SMC) verspricht günstige Herstellungskosten bei gleichzeitig hoher lokaler Steifigkeit und Festigkeit zu erreichen. Allerdings gefährden auftretende Fertigungsabweichungen die Funktionserfüllung der gefertigten Bauteile. Die resultierende Forderung nach fehlerfreien FVK-Bauteilen gilt neben den hohen Preisen für Rohmaterialien als ein weiterer Kostentreiber. Mithilfe des Ansatzes einer bauteilindividuellen, funktionsorientierten In-line-Qualitätssicherung soll im Rahmen dieser Arbeit Abhilfe geschaffen werden.

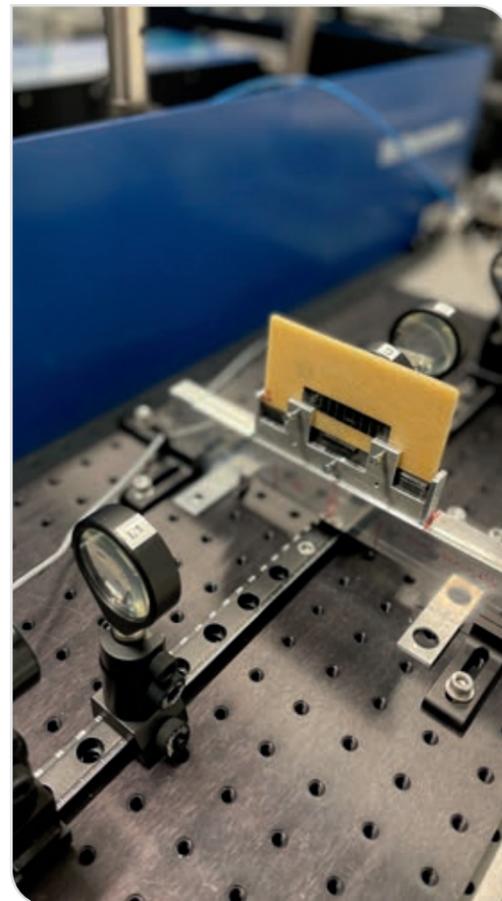
Vorgehensweise

Für diese Art der Qualitätssicherung werden In-line-Messergebnisse in Funktionsmodelle integriert. Metamodelle der Funktionsmodelle beschleunigen die Funktionsbewertung und ermöglichen eine Funktionsaussage innerhalb der Zykluszeit in der Produktion.

Um drei relevanten Fertigungsabweichungen (lokale Glasfaseranteile, Pose des Co-SMC Patches, Delamination) zu quantifizieren, wurden drei verschiedene Messtechniken eingesetzt. Die Terahertz-Spektroskopie wurde zum ersten Mal zur In-line-Messung lokaler Glasfaseranteile in DiCo-SMC eingesetzt. Die Puls-Phasen-Thermografie wurde zur Quantifizierung der Delamination und eine Industriekamera zur Messung der Pose des Co-SMC Patches genutzt. Für jede Messtechnik wurde die Messunsicherheit gemäß des „Guide to the expression of uncertainty in measurement“ (GUM) quantifiziert. Die Messergebnisse wurden in einem parametrisierten Finite-Elemente-Modell (FE) weiterverarbeitet und zu einer Funktionsprädiktion aggregiert. Mit Hilfe der Messergebnisse und der modellierten Funktion konnten über diese Input-Output-Beziehungen Metamodelle trainiert werden.

Ergebnisse

Der vorgeschlagene Ansatz wurde anhand von zwei exemplarischen Prüfkörpern in Zug- und Biegeversuchen validiert. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die Messung der lokalen Glasfaseranteile und der Pose des Co-SMC Patches Rückschlüsse auf die bauteilindividuelle Steifigkeit zulassen. Das erarbeitete Terahertz-Messmodell weist eine Messunsicherheit von 0,99 Gewichtsprozent Glasfaseranteil auf und reduziert die Unsicherheit somit um 70% gegenüber nicht gemessenem SMC, dem Stand der Technik. Für einen Biegeprüfkörper kann die individuelle Steifigkeitsprädiktion mit diesen Messergebnissen um mehr als 16% gesteigert werden. Sowohl künstliche neuronale Netze als auch Kriging-Modelle sind geeignet, die bezüglich Fertigungsabweichungen parametrisierten FE-Modelle abzubilden und ermöglichen somit eine Auswertung der Messergebnisse auf Funktionsebene innerhalb der Zykluszeit. ■



Terahertz-Messaufbau für die Messung des lokalen Glasfaseranteils eines CoDiCo (Foto: wbk)

Dissertationen

Dämpfung von Bauteilschwingungen durch einstellbare Werkstückdirektspannung mit Hydrodehnspanntechnik

Ziel des Vorhabens

Bei der Bearbeitung dünnwandiger Bauteile werden während des Fräsprozesses durch den Zahneingriff Festkörperschwingungen im Werkstück induziert, welche in Form von Biege- und Torsionsschwingungen auftreten. Diese können das Bearbeitungsergebnis hinsichtlich Formgenauigkeit und Oberflächengüte negativ beeinflussen und sind deshalb besonders bei Schlichtprozessen zu reduzieren, um teure und aufwändige Nacharbeiten zu vermeiden. Die Werkstückspanntechnik bietet aufgrund ihrer Lage im Kraftfluss Potential zur Dämpfung von Bauteilschwingungen.

Vorgehensweise

Bisherige Arbeiten fokussieren auf aufwändige aktiv geregelte Systeme oder passiv dämpfende Spanntechnik, welche keine Einstellbarkeit der Dämpfungswirkung erlauben. Die vorliegende Arbeit hingegen untersucht einen semi-passiven Ansatz zur Dämpfung und Beeinflussung von Bauteilschwingungen dünnwandiger Bauteile mittels

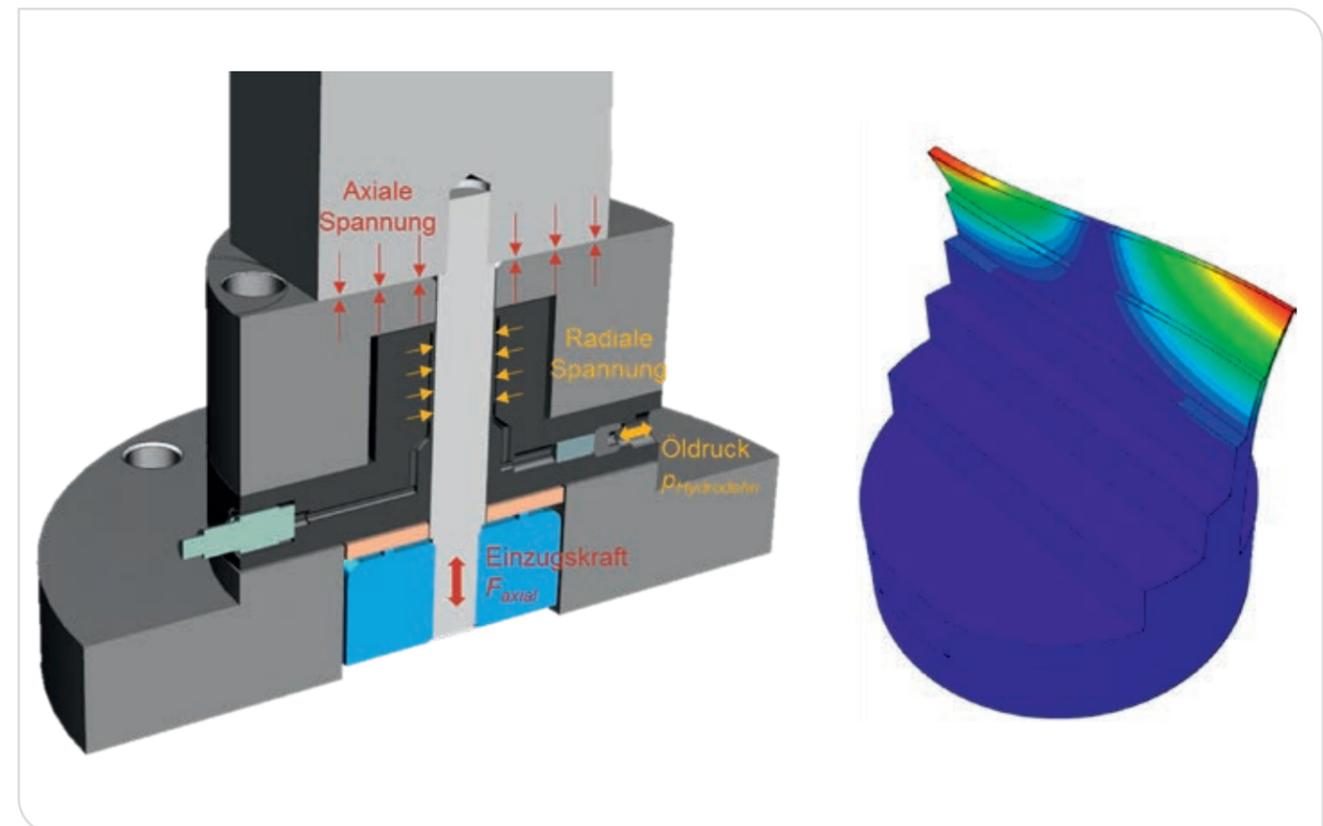
Werkstückdirektspannung. Durch die Einstellbarkeit der axial auf einen mit dem Werkstück verbundenen Spannbolzen wirkenden Einzugskraft und der radial wirkenden Hydrodehnspannung werden die Schwingungseigenschaften des Bauteils hinsichtlich Eigenfrequenz, Dämpfung sowie dynamische Nachgiebigkeit beeinflusst.

Ergebnisse

Anhand eines Funktionsmusters mit Demonstratorbauteil kann gezeigt werden, dass durch die Hydrodehnspannung eine dreifach höhere Dämpfung der Biegemode erzielt wird. Durch die zusätzliche Optimierung der Fuge zwischen Bauteil und Spannmittel wird ein Dämpfungsgrad von bis zu 6 Prozent erreicht. Anhand eines Vorhersagemodells wird untersucht, inwiefern eine bauteilunabhängige Vorhersage der Dämpfungsgrade in Abhängigkeit der Spannkraft möglich ist. Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden abschließend Gestaltungsrichtlinien für eine anwendungsnahe Umsetzung von Werkstückdirektspannungssystemen mit Hydrodehnspanntechnik abgeleitet. ■



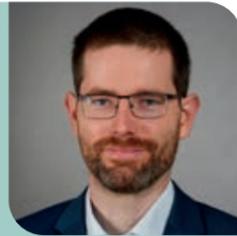
Autor:
Dr.-Ing. Bastian Rothaupt



Versuchsaufbau zur videobasierten Analyse von Werkstückschwingungen (Abbildung: Bastian Rothaupt)

Dissertationen

Robotic Swing Folding of three-dimensional UD-tape-based Reinforcement Structures

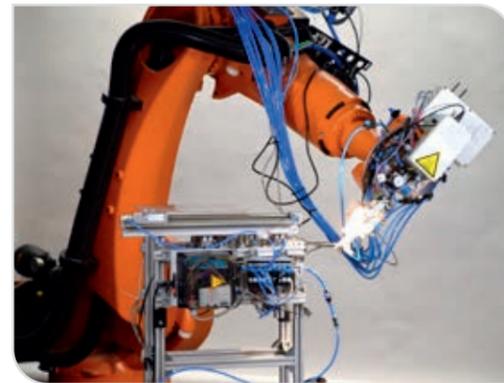


Autor:
Dr.-Ing. Daniel Kupzik

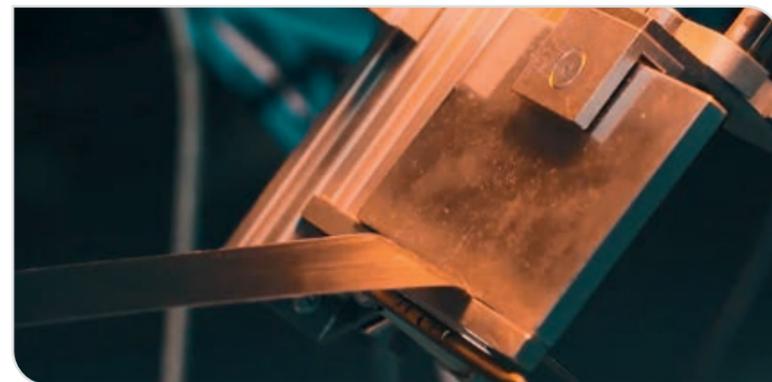
Ziel des Vorhabens

Die lokale und lastgerechte Verstärkung von Produkten mit Hilfe von thermoplastischen UD-Tapes ermöglicht mehr Effizienz und eine bessere Ressourcenschonung. Ein wesentliches Hemmnis ist die flexible Vorumformung der Tapes für verschiedenste Bauteilgeometrien. Im Stand der Technik wird nicht zwischen Verfahren für die Vorumformung von flächigen Bauteilen und von lokalen Verstärkungen unterschieden. Durch Spezialisierung des Vorumformverfahrens auf Verstärkungsstrukturen können Vorteile beim Lagenaufbau und bei der Bauteilgeometrie ausgenutzt werden. Hierdurch tritt eine Vereinfachung ein, die neue Vorformverfahren ermöglicht.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird gezeigt, wie eine flexible, biegebasierte Vorumformung von Verstärkungsstrukturen mit Hilfe eines selbst entwickelten Endeffektors an einem Industrieroboter möglich ist. Das neuartige Verfahren



Entwickelter Endeffektor zur lokalen Tapeumformung (Foto: wbk)



Detailaufnahme des Umformprozesses (Foto: wbk)

bietet das Potential, die flexible Vorumformung der Verstärkungsstrukturen auch für kleine Losgrößen zu realisieren. Einfahraufwände für neue Bauteile werden bei dem Verfahren vermieden, da die Verstärkungsstruktur durch mehrere flexibel kombinierte Standardumformvorgänge erzeugt wird.

Vorgehensweise

Ausgangspunkt der Arbeit ist die Umformung streifenförmiger thermoplastischer UD-Tapes durch lokales Biegen. Für die Prozessdurchführung wird ein modularer Versuchsstand entwickelt und in Betrieb genommen. Der Versuchsstand bietet die Basis für die Prozesscharakterisierung. Die zu variierenden Prozessparameter werden anhand der Modulkonstruktion sowie der kinematischen Modellierung des Prozesses ausgewählt. In mehrstufigen Experimenten werden zunächst die Einflüsse der Parameter, anschließend deren Wechselwirkungen und schlussendlich konkrete Zahlenwerte bestimmt. Für die industrielle Anwendung des Prozesses wird eine Toolbox zur Herleitung prozesskonformer Verstärkungen entwickelt. Mit dieser werden die parametrisierbaren Biegungen so kombiniert, dass die finale Bauteilform angenähert wird.

Ergebnisse

Die Erfahrungen aus Modulkonstruktion und Prozesscharakterisierung ermöglichen es, den Prozess effizient auf weitere Materialien zu übertragen. Insbesondere die Erkenntnisse über die Wechselwirkungen der Parameter für die Heizung und Biegekinematik ermöglichen es, Parameter für präzise Biegungen schnell aufzufinden. Die Vorgehensweise hierfür ist zunächst eine Optimierung der Biegekinematik anhand von überhitzten Proben und dann eine schrittweise Verringerung der Aufheizung bis zum Auftreten von Ungenauigkeit durch die elastische Rückfederung. Mit den in der Arbeit verwendeten Materialien konnten ein geringer absoluter Winkelfehler und eine geringe Prozessstreuung erreicht werden. Für die Beschleunigung des Aufheizvorgangs wurden alternative Heizkonzepte identifiziert. Mit der Toolbox für die Herleitung prozesskonformer Verstärkungen konnte im Projektverlauf eine Vielzahl an Geometrien verarbeitet werden. Die Toolbox leitet analytisch von der Sollgeometrie eine Vorform ab, die dann im Hinblick auf die Weiterverarbeitung in Pressprozessen evolutionär optimiert wird. Zur Steuerung der Optimierung wurde die Möglichkeit zur Nutzerinteraktion während aller Schritte der Optimierung vorgesehen. ■

Dissertationen

Dynamische Lieferzeit-Preisgestaltung in variantenreicher Produktion – Ein adaptiver Ansatz mithilfe von Reinforcement Learning

Ziel des Vorhabens

Das Wertschöpfungsnetzwerk ist heute zur dominierenden Wertschöpfungsstruktur im Bereich der Produktion geworden. Für produzierende Unternehmen in solchen Netzwerken ist das Auftragsmanagement eine zentrale Aufgabe, die sich in einem Umfeld wachsender Herausforderungen befindet: Zum einen setzen kürzere Produktlebenszyklen und zunehmende Individualisierung die Unternehmen unter Druck. In diesem Zusammenhang hat die variantenreiche Produktion an Bedeutung gewonnen. Andererseits steigen die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen von Störungen, insbesondere in Netzwerken, was die Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen herausfordert.

Ein vielversprechender Ansatz in diesem Zusammenhang ist die Verwendung einer dynamischen Lieferzeit-Preisgestaltung über eine kontinuierliche Preis-Lieferzeit-Funktion. Durch den Einsatz einer dynamischen Lieferzeit-Preisgestaltung könnte es möglich sein, die Nachfrage im Netz mit den Fähigkeiten des Produktionssystems in Einklang zu bringen. Die Idee ist, Nachfragespitzen zu verschieben und die Kunden entsprechend ihrer individuellen Präferenzen zu beliefern. Auf diese Weise kann der Gesamtgewinn gesteigert werden, obwohl die Kapazitäten konstant bleiben.



Vielversprechender Ansatz: Verwendung einer dynamischen Lieferzeit-Preisgestaltung (Fotos: Adobe Stock)

Vorgehensweise

Um die aufgestellten Hypothesen zu untersuchen, wird in dieser Arbeit eine Methodik zur dynamischen Lieferzeit-Preisgestaltung für die variantenreiche Produktion entwickelt. In einem ersten Schritt werden Leistungskennzahlen und eine Zielfunktion festgelegt. In einem zweiten Schritt wird ein Actor Critic Reinforcement-Learning-Verfahren als Grundlage für ein Lösungsmodell motiviert. Für das Training und das spätere Testen des resultierenden Lernagenten wird ein Simulationsmodell als Umgebung entwickelt und ein Verfahren zur Durchführung und Auswertung der Experimente ausgearbeitet.

Ergebnisse

Der Ansatz wurde im Rahmen der BMBF-Forschungsprojekte ReKoNeT und BaSys4SupplyQ diskutiert und angewendet. Die entwickelte Software ist quelloffene und frei verfügbar. Die Ergebnisse aus zwei Anwendungsfällen zeigen, dass der Ansatz in der Lage ist, bei gleicher Kapazität deutlich höhere Gewinne zu erzielen und Nachfragespitzen in gewissem Umfang zu glätten. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass das Einsparen von Kapazitäten keine dominante Strategie zu sein scheint. Dies spiegelt die anwendungsspezifische Berücksichtigung verschiedener Ziele wie Service, Kapazitätskosten und Marge wider. ■



Autor:
Dr.-Ing. Florian Stamer
Telefon: +49 1523 950 2618
florian.stamer@kit.edu

Dissertationen

(De-)Zentralisierung von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerken – Strategie- und komplexitätsorientierte Gestaltung der Entscheidungsautonomie



Autor:
Dr.-Ing. Bastian Verhaelen

Motivation und Zielsetzung

Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branche dezentralisieren ihre Produktion geografisch in globalen Produktionsnetzwerken. Globale Produktionsnetzwerke bieten verschiedene Möglichkeiten, um Wettbewerbsvorteile auszuschöpfen. Hierzu zählt etwa der Zugang zu neuen Märkten oder die Nutzung lokaler Kostenvorteile. Den Produktionsstandorten in diesen Netzwerken kann eine hohe oder niedrige Entscheidungsautonomie bzgl. produktionsrelevanten Entscheidungen eingeräumt werden. Eine hohe Entscheidungsautonomie von Produktionsstandorten kann zu einer besseren Anpassung an lokale Markterfordernisse führen, während eine geringe Entscheidungsautonomie Kosten- und Standardisierungsvorteile für das globale Produktionsnetzwerk fördern kann. Der ideale Grad an Entscheidungsautonomie bzw. die richtige Gestaltung der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen hängt von verschiedenen Einflussfaktoren wie dem Umfeld des Produktionsnetzwerks, der internen Struktur und der Produktions- und Netzwerkstrategie ab. Die Digitalisierung sowie die Organisationsstruktur des Produktionsnetzwerks können hier als Enabler fungieren, um die (De-)Zentralisierung von Entscheidungen zu unterstützen.

Vorgehensweise

Ausgehend von der Motivation leistet diese Arbeit einen Beitrag zum Themenfeld der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerken. Auf der Grundlage einer quantitativen Benchmarkingstudie werden mittels einer Clusteranalyse unterschiedliche Formen der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerken identifiziert. Darauf aufbauend werden Wirkzusammenhänge zwischen den Dimensionen der Strategie, der Komplexität und der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen mittels Regressionsanalysen untersucht. Anschließend wird die Wirkung der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen auf die Leistungsfähigkeit sowie auf die Netzwerkfähigkeiten untersucht. Abschließend werden die Erkenntnisse der quantitativen Benchmarkingstudie in eine Methodik implementiert, um produzierende Unternehmen bei der strategie- und komplexitätsorientierten Gestaltung der Entscheidungsautonomie bzw. der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen zu unterstützen.

Ergebnisse

Die entwickelte Methodik wurde exemplarisch auf zwei Anwendungsfälle aus der Elektronik- und Automobilzulieferindustrie angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Methodik den strategischen Fit in globalen Produktionsnetzwerken verbessert und das Management von globalen Produktionsnetzwerken unterstützt. ■



Analyse der (De-)Zentralisierung von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerke (Foto: wbk)

Dissertationen

Analyse der Kinematik und Kinetik von Planetenwältgewindetrieben

Ziel des Vorhabens

In dieser Arbeit wurde die bisher unbekannte Kinematik und Kinetik von Planetenwältgewindetrieben (PWG) unter unterschiedlichsten Einflussfaktoren untersucht. Der PWG unterscheidet sich dabei maßgeblich durch die freie, nur durch die wirkenden Kontakte eingeschränkte Bewegung seiner Planeten – den Wältkörpern im System – von funktionsähnlichen Antrieben. Eine Übertragbarkeit der Erkenntnisse von funktionsähnlichen Antrieben ist somit nicht gegeben.

Zur Erweiterung des Systemverständnisses erfolgte eine Modellbildung durch Mehrkörpersimulationen (MKS) und Versuche, es wurden mögliche Einflussfaktoren aus Geometrie und Anwendung ermittelt, analysiert und bewertet. Die Auswirkungen der Einflussfaktoren wurden bis zu den Kontakten – den wirkenden Wältkreisen und Kontaktkräften – untersucht. Neben den Kräften wurden die Bewegung – vor allem das Kippen und Schränken – sowie die Bewegungsstabilität der Planeten untersucht.

Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Zielerreichung der Erweiterung des Systemverständnisses zum PWG hinsichtlich Kinematik und Kinetik gliedert sich in drei große Themen – die Modellbildung, die Systemanalyse und die Kontaktanalyse. Grundsätzlich wurde dabei vom Großen ins Kleine gegangen – von der Black-Box PWG mit validiertem Übertragungsverhalten zu den Bewegungen der Planeten und den zwischen den Komponenten wirkenden Summenkräften bis letztlich zu den wirkenden Kontaktkräften und Wältkreisen.

Die Modellbildung klärt einerseits die Frage wie Simulationen und Versuche an Prüfständen zu gestalten sind, um die Kinematik und Kinetik des PWGs zu untersuchen. Andererseits wurden in der Modellbildung Kontaktmodelle der Simulation kalibriert, um eine Simulation mit validiertem Übertragungsverhalten des PWG aufzubauen.

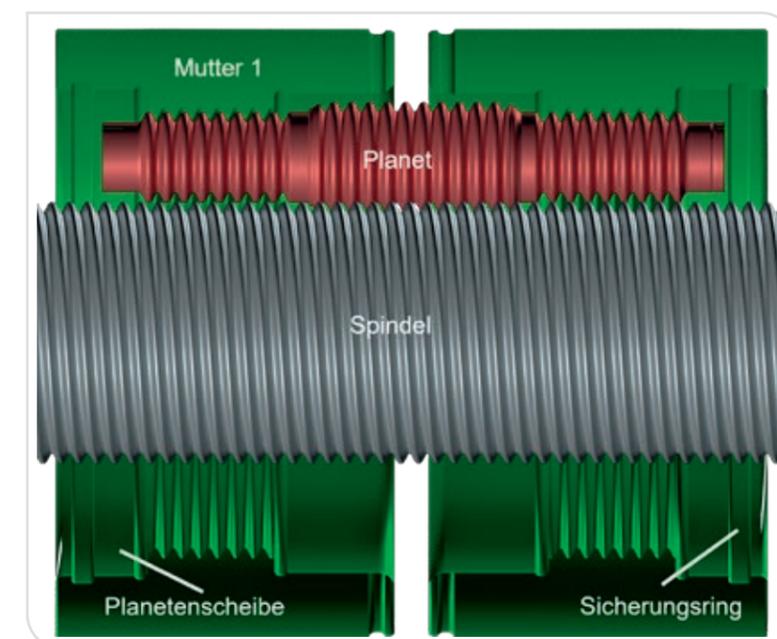
In der Systemanalyse wurden anschließend mittels den in der Modellbildung geplanten Simulationsmodellen und Versuchen an Prüfständen Einflussfaktoren auf die Kinematik und Kinetik des PWGs

ermittelt, auf ihre Auswirkungen untersucht und ihre Relevanz für Kinematik und Kinetik des PWG bewertet.

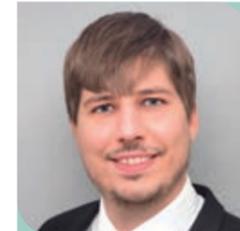
In der Kontaktanalyse wurden dann die Auswirkungen von zuvor in der Systemanalyse untersuchten Einflussfaktoren auf die Kontaktkräfte und die Wältkreise untersucht, um Ursachen für in der Systemanalyse ermittelte Effekte zu ermitteln.

Ergebnisse

In dieser Arbeit wurden Mehrkörpersimulationsmodelle zum PWG entwickelt und validiert sowie erstmalig Einflussfaktoren der Geometrie und Anwendung auf die Kinematik und Kinetik von PWGs ermittelt, untersucht und bewertet. Dabei wurden insbesondere die Auswirkungen der Vorspannung, der Axialkraft, der Drehzahl, des Radialspiels, der Planetenlänge, der Flankenwinkel, des Übersetzungsverhältnisses und von Steigung in den Planetenkontakten auf die Kinematik und Kinetik des PWGs analysiert. Relevante Effekte wurden dabei bis in die Kontakte – in die Wältkreise und Kontaktkräfte – untersucht. Weiterhin wurde ein hochgenaues Sensorsystem zur Überwachung von Planetenpositionen im aktiven Betrieb des PWG entwickelt und zur Validierung der Simulationen angewandt. ■



Untersuchung von Kinematik und Kinetik von Planetenwältgewindetrieben. (Abbildung: wbk)



Autor:
Dr.-Ing. Simon Merz

Dissertationen

Integration des Vereinzelungs- und Stapelbildungsprozesses in ein flexibel und kontinuierlich arbeitendes Anlagenmodul für die Li-Ionen Batteriezellfertigung



Autor:
Dr.-Ing. Hannes Weinmann

Ziel des Vorhabens

Eine der größten Herausforderungen bei der Planung neuer Werke besteht für die Zellhersteller und deren Kunden in der frühzeitigen Festlegung auf ein spezifisches Zellformat.

Begründet liegt dies in der Rigidität der gegenwärtigen Anlagentechnik und der Notwendigkeit zur Optimierung der Maschinenauslastung. Änderungen des Zellformates sind im Rahmen des anlagenspezifischen Bearbeitungsspektrums zwar möglich, führen allerdings zu immensen Rüstaufwänden und Stillstandszeiten. Ein Formatwechsel kann zudem zu einem suboptimalen Betriebspunkt der Produktionslinie führen.

Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Vereinzelung und Stapelbildung, da die Anzahl an Einzelkomponenten in diesen Prozessschritten stark ansteigt und damit auch die notwendige Maschinenanzahl.

Vorgehensweise

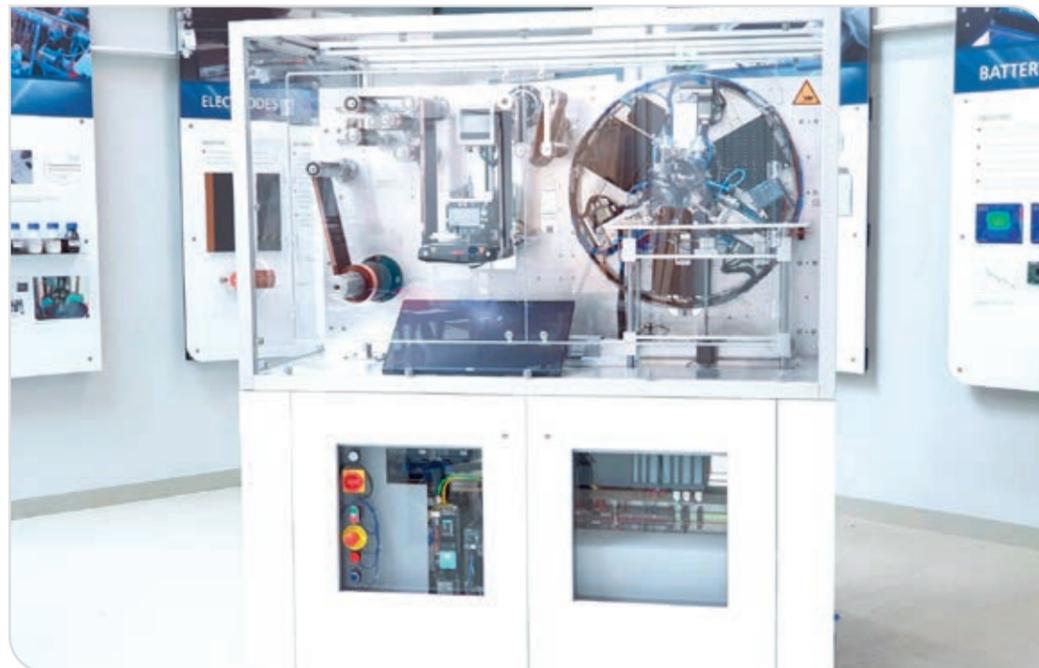
Um das bestehende Defizit zu adressieren, wurden der Stand der Prozess- und Anlagentechnik detail-

liert analysiert und die derzeitigen Defizite am Beispiel der Vereinzelung und Stapelbildung herausgearbeitet. Darüber hinaus wurden eine detaillierte Funktions-, Bewegungs- und Genauigkeitsanalyse von Vereinzelungs- und Stapelbildungsmaschinen sowie diverse Wirkzusammenhangsuntersuchungen durchgeführt. Bei den Wirkzusammenhangsuntersuchungen lag der Schwerpunkt auf den mechanischen und geometrischen Eigenschaftsänderungen die sich bei Variation der Materialzusammensetzung und der Prozessparameter einstellen.

Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Konzept zur flexiblen und kontinuierlichen Einzelblattstapelbildung entwickelt, welches die Prozessschritte Vereinzelung und Stapeln integriert und so die Komplexität stark reduziert. Das Konzept wurde in einer prototypischen Anlage umgesetzt und ist in der Lage, einzelne Elektrodenblätter variabler Länge zu vereinzelung und diese präzise auf einem Stapeltisch zu positionieren – ohne signifikante Rüstaufwände und Stillstandszeiten.

Es konnte gezeigt werden, dass das entwickelte Anlagenmodul sowohl in Bezug auf die Elektrodenblattmaßhaltigkeit, die Positioniergenauigkeit als auch die Schnittqualität sehr hohe Genauigkeiten erzielt und im oberen Bereich kommerzieller Anbieter von Vereinzelungs- und Stapelbildungsanlagen zu verorten ist. Das neue Konzept bietet den Zellherstellern eine höhere Flexibilität bei der kurzfristigen Anpassung der Zellformate an aktuelle Marktanforderungen und reduziert darüber hinaus den Aufwand der Maschinenhersteller kundenspezifischer Anpassungen. ■



Coil2Stack Demonstrator zur formatflexiblen Stapelbildung (Foto: wbk)

Dissertationen

Modellbildung des Tauchgleitschleifens zur Abtrag- und Topografievorhersage an komplexen Geometrien

Ziel des Vorhabens

In dieser Arbeit wurde die Modellierung des Tauchgleitschleifprozesses mittels der Diskreten Elemente Methode (DEM) zur quantitativen Betrachtung lokaler Prozesskenngrößen sowie die Entwicklung von lokalem Materialabtrag und Rauheitsveränderungen am Werkstück betrachtet. Es erfolgte eine Charakterisierung eines globularen und eines stochastisch geformten Media für das Gleitschleifen hinsichtlich der Größenverteilung, Schüttdichte, Adhäsionsverhalten und Partikelgeometrie sowie Stoßzahl, Haft- bzw. Gleitreibungskoeffizienten, jeweils für den Kontakt der Partikel innerhalb des Medias und den zum Werkstück. Auf Basis der Mediaeigenschaften erfolgte eine Modellierung des Tauchgleitschleifprozesses mit dem Maschinentyp SF1 68 (OTEC Präzisionsfinish GmbH). Durch zulässige Vereinfachungen und Optimierungen wurden geringe Berechnungszeiten für hinreichend große Simulationszeiträume erreicht

Vorgehensweise

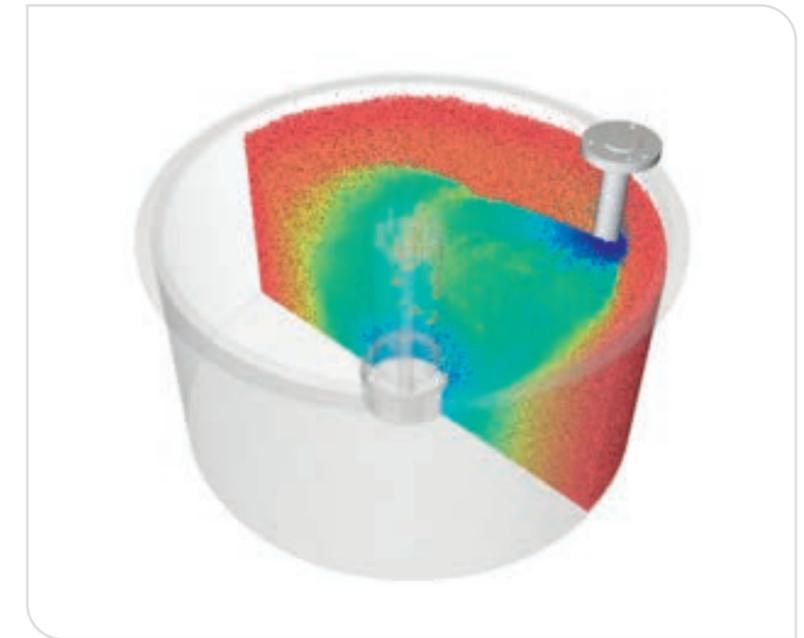
Zur Sicherstellung der quantitativen Aussagefähigkeit der Simulation wurden Experimente zur Validierung von lokalen Drücken und Geschwindigkeiten auf der Werkstückoberfläche sowie Messungen der Mediaverteilung im Prozess durchgeführt. Es konnte der Nachweis erbracht werden, dass die vorgenommene Modellierung eine ausreichende Validität bei relevanten Behälterumfangsgeschwindigkeiten besitzt. Mit ringförmigen Proben erfolgte eine simulative Ermittlung von lokalen Drücken und Geschwindigkeiten in einem breiten Prozessstellgrößenfenster. Experimente an Prozesspunkten mit konstantem Druck und variiert Geschwindigkeit und umgekehrt erlaubten die Zuordnung von Wirkmechanismen in Abhängigkeit der lokalen Kenngrößen sowie die Ableitung eines bereichsweise gültigen Abtrag- und Rauheitsmodells. Letzteres wurde anhand einer Turbinenschaufel validiert. Im Gültigkeitsbereich des Modells konnte grundsätzlich eine Übereinstimmung an 65 Prozent der betrachteten Punkte erreicht werden. Bei Vernachlässigung von Bereichen mit Geschwindigkeiten kleiner als 0,3 m/s, ergab sich eine Übereinstimmung von 90 Prozent.

Ergebnisse

Hinsichtlich der Prozessauslegung im Tauchgleitschleifen zeigt diese Arbeit erstmalig eine allgemeingültige Vorgehensweise zur Charakterisierung und Modellierung und es gelang eine prozesskenngrößenbasierte Analyse des Abtrags und der Rauheit sowie eine darauf basierende Ableitung eines Modells zur Vorhersage dieser Größen. Weiterhin wurde eindeutig nachgewiesen, dass der in der Literatur verbreitete Ansatz nach Preston nicht für das Gleitschleifen anwendbar ist. Der hier gewählte Ansatz ist dabei gänzlich neu und direkt übertragbar auf weitere Mediavarianten. Er bietet die Grundlage zur vollständig digitalen Vorhersage der Bearbeitungsprozesse in Gleitschleifverfahren und die Möglichkeit zur signifikanten Reduktion des versuchsbasierten Aufwands zur Prozessauslegung. ■



Autor:
Dr.-Ing. Patrick Neuenfeldt



Prozesssimulation des Tauchgleitschleifens mittels Diskreter Elemente Methode (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Energieeffizienz in Prozessketten: Analyse und Optimierung von Energieflüssen bei der Herstellung eines PKW-Getriebebauteils aus 16MnCr5



Autor:
Dr.-Ing. Boris Matuschka

Ziel des Vorhabens

Steigende Energiekosten erfordern effiziente und ressourcenschonende Herstellungsprozesse. Gerade bei Bauteilen, die in Großserie gefertigt werden, ist die Auswirkung einer energieeffizienten Fertigung besonders hoch. In der Arbeit wird die Prozesskette zur Herstellung eines PKW-Getriebebauteils aus energetischer Sicht untersucht. Die Ergebnisse der Analyse sollen die größten Energietreiber identifizieren und die Basis für eine alternative Herstellungsprozesskette bilden. Neben dem Energiebedarf zur Herstellung des Bauteils wird zudem ein Augenmerk auf die Erhöhung der Werkzeugstandzeit gelegt, um eine neue energie- und ressourceneffizientere Bauteilherstellung zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Im ersten Schritt werden die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung des Bauteils aus energetischer Sicht untersucht. Die Identifizierung der größten Energietreiber bei der Produktion ist die Grundlage für eine mögliche Umgestaltung der Prozesskette. Im zweiten Schritt wird eine alternative Prozesskette auf Basis eines alternativen Bauteilmaterials aufgestellt und diese ebenfalls auf den notwendigen Energiebedarf zur Herstellung des Bauteils untersucht. Aufbauend auf der Energiebedarfsanalyse wird eine neue Prozesskette aufgestellt, die aus energetischer Sicht zu bevorzugen ist. Innerhalb dieser Prozesskette soll die eingebrachte Energie möglichst effizient genutzt

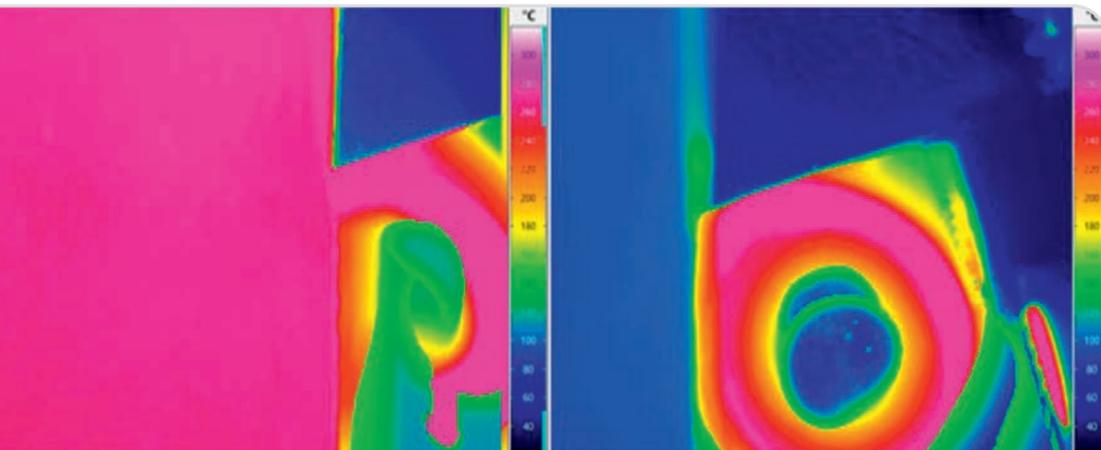


Thermografieaufnahme Durchstoßofen zur energetischen Analyse

werden. Hierbei soll die für die Wärmebehandlung eingesetzte Energie dafür eingesetzt werden, eine Warmzerspannung durchzuführen, die sowohl den Energiebedarf für die Zerspanung selbst reduziert als auch die Werkzeugstandzeit erhöht.

Ergebnisse

Der Umstieg auf eine alternative Prozesskette zur Herstellung des Bauteils aus 42CrMo4 und dem induktiven Härten birgt nicht nur Vorteile aus energetischer Sicht, es lassen sich durch eine geschickte Wärmebehandlungsvariante auch Verzüge beim Abschrecken des Bauteils verhindern, wodurch eine Hartbearbeitung und somit ein Prozessschritt entfallen kann. Dabei werden nicht nur die Kosten für die notwendige Energie, sondern auch für das Hartbearbeitungs-Werkzeug eingespart. Der Einsatz der Warmzerspannung steigert die Effizienz der Prozesskette zudem weiter. Um bis zu 20 % geringere Bearbeitungskräfte sparen Energie und steigern die Werkzeugstandzeit. Mit der alternativen Prozesskette zur Herstellung des Getriebebauteils lässt sich daher neben einer Einsparung auch die effizientere Nutzung von Energie umsetzen bei gleichzeitig reduzierten Werkzeugkosten und erhöhten Standzeiten.



High-Speed-Thermografieaufnahmen der Warmzerspannungsuntersuchungen mit heißer und kalter Materialprobe (Abbildungen: Boris Matuschka)

Studium und Lehre

Leitbild und Zahlen



Studierendenzahlen Studienjahr 2021/2022 im Vergleich zu den Vorjahren.

Anzahl Studierendenanfänger am KIT	Studienjahr 2021/22	Studienjahr 2020/21	Studienjahr 2019/20	Studienjahr 2018/19	Studienjahr 2017/18
Maschinenbau					
Bachelor	351	332	358	450	514
Master	281	316	321	361	458
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik					
Bachelor	14	27	30	27	79
Master	49	47	35	57	49
Mechatronik und Informationstechnik					
Bachelor	84	112	123	98	95
Master	128	145	159	244	162
Wirtschaftsingenieurwesen					
Bachelor	453	478	561	603	564
Master	322	338	381	397	363
Gesamt	1682	1795	1968	2237	2284



Studium und Lehre

Vorlesungsangebot für Studierende des Maschinenbaus

Veranstaltung	Beschreibung	Dozent
Arbeitstechniken im Maschinenbau (SS)	Prinzipien des wissenschaftlichen Arbeitens, Informationskompetenz, Präsentieren, Teamarbeit	Fleischer, Lanza, Schulze
Automatisierte Produktionsanlagen (SS)	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer
Digitalisierung von der Produktion bis zum Kunden in der optischen Industrie (WS)	Digitalisierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, mit Schwerpunkt auf Produktion und Supply Chain. Konzepte, Werkzeuge, Methoden, Technologien und konkrete Anwendungen in der Industrie	Wawerla
Fertigungstechnik (WS)	Prozesswissen der gängigen Verfahren der Fertigungstechnik, Prozessketten	Schulze
Globale Produktion (WS)	Globaler Vertrieb, standortgerechte Produktions- und Produktpassung, Beschaffungsstrategien, Produktionsnetzwerke	Lanza
Grundlagen der Fertigungstechnik (WS)	Einführung in die Grundlagen und Überblick über die Verfahren der Fertigungstechnik	Schulze
Integrative Strategien und deren Umsetzung in Produktion und Entwicklung von Sportwagen (SS)	Analyse von Markttrends, Gesetzesanforderungen, Variantenmanagement, Strategieentwicklung im Sportwagensegment, Bedarfsprognosen zum Kompetenzmanagement und Technologiemonitoring	Schlichtenmayer
Integrierte Produktionsplanung im Zeitalter von Industrie 4.0 (SS)	Produktionsnetzwerke und -systeme, Fabrik- und Montageplanung, Materialfluss, Produktionsplanung und -steuerung, Life Cycle Performance	Lanza
International Production Engineering (SS/WS)	Einblick in die Entwicklung von Produktionsanlagen im internationalen Umfeld; Bearbeitung einer aktuellen Problemstellung im Team, die durch einen Industriepartner in das Projekt eingebracht wird, der sowohl in Deutschland als auch in China tätig ist	Fleischer
Lernfabrik Globale Produktion (WS)	Standortwahl, Fabrikplanung, Qualitätssicherung, Skalierbare Automatisierung, Lieferantenauswahl, Netzwerkplanung	Lanza
Nachhaltige Produktionswirtschaft (WS)	Gesamtverständnis der betrieblichen Produktionswirtschaft unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit sowie ein anwendungsorientiertes Verständnis der grundlegenden Fragestellungen und Methoden in Industrieunternehmen.	Lanza, Fumans
Künstliche Intelligenz in der Produktion (WS)	Vermittlung von praxisnaher, ganzheitlicher Integration von Verfahren des Maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz in der Produktion.	Schlagenhauf
Praktikum Produktionsintegrierte Messtechnik (SS)	Klassifikation und Anwendungsfälle relevanter Mess- und Prüfverfahren in der Produktion, robotergestützte optische Messungen, zerstörungsfreie Prüftechnik am Beispiel von akustischer Sensorik, industrielle Computertomographie	Häfner
Produkt- und Produktionskonzepte für moderne Automobile (WS)	Rahmenbedingungen der Fahrzeug- und Karosserieentwicklung, Integration neuer Antriebstechnologien, Konzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts, Werkstoffleichtbau (Metall, Kunststoffe), innovative Fertigungsverfahren	Steegmüller, Kienzie
Produktionstechnik für die Elektromobilität (SS)	Produktionsprozesse zur Herstellung der Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs (Elektromotor, Batteriezellen, Brennstoffzellen) auslegen, auswählen und neu entwickeln zu können.	Fleischer
Produktionstechnisches Labor (SS)	Praktische Umsetzung der Kenntnisse über die Komponenten einer modernen Fabrik	Deml, Fleischer, Fumans, Ovtcharova
Projektpraktikum Additive Fertigung: Entwicklung und Fertigung eines additiven Bauteils (WS)	Entwicklung und Fertigung eines additiven Bauteils im Team anhand eines konkreten Entwicklungsprojekts mit einem Projektpartner aus der Industrie	Zanger
Qualitätsmanagement (WS)	Qualitätsmanagementmethoden, Fertigungsmesstechnik, statistische Methoden, Service, Zertifizierungsmöglichkeiten, rechtliche Aspekte	Lanza
Seminar Anwendung Künstliche Intelligenz in der Produktion (SS)	Vermittlung von praxisnaher, ganzheitlicher Integration von Verfahren des Maschinellen Lernens und der Anwendung von künstlicher Intelligenz in der Produktion	Schlagenhauf
Seminar Data-Mining in der Produktion (WS/SS)	Kennenlernen ausgewählter Methoden des Data-Mining und Anwendung anhand eines konkreten Falles aus der Industrie im Team	Lanza
Steuerung eines global agierenden Unternehmens – Am Beispiel der Robert BOSCH GmbH	Einblicke in Unternehmensprozesse und Funktionen	Maier
Steuerungstechnik (SS)	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönzheimer
Umformtechnik (SS)	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan
Verzahntechnik (WS)	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelrädern, Messen und Prüfen	Klaiber
Werkzeugmaschinen und hochpräzise Fertigungssysteme (WS)	Aufbau und Einsatz/Verwendung von Werkzeugmaschinen und hochpräzisen Fertigungssystemen; Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Werkzeugmaschinen und hochpräzisen Fertigungssystemen	Fleischer

Studium und Lehre

Vorlesungsangebot für Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens

Veranstaltung	Beschreibung	Dozent
Automatisierte Produktionsanlagen (SS)	Werkstücke, Werkzeuge, Materialfluss, Roboter, Steuerungstechnik, Qualitätssicherung, Montage	Fleischer
Digitalisierung von der Produktion bis zum Kunden in der optischen Industrie (WS)	Digitalisierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, mit Schwerpunkt auf Produktion und Supply Chain. Konzepte, Werkzeuge, Methoden, Technologien und konkrete Anwendungen in der Industrie	Wawerla
Fertigungstechnik (WS)	Prozesswissen der gängigen Verfahren der Fertigungstechnik, Prozessketten	Schulze
Globale Produktion (WS)	Globaler Vertrieb, standortgerechte Produktions- und Produktpassung, Beschaffungsstrategien, Produktionsnetzwerke	Lanza
Integrative Strategien und deren Umsetzung in Produktion und Entwicklung von Sportwagen (SS)	Analyse von Markttrends, Gesetzesanforderungen, Variantenmanagement, Strategieentwicklung im Sportwagensegment, Bedarfsprognosen zum Kompetenzmanagement und Technologiemonitoring	Schlichtenmayer
Integrierte Produktionsplanung im Zeitalter von Industrie 4.0 (SS)	Produktionsnetzwerke und -systeme, Fabrik- und Montageplanung, Materialfluss, Produktionsplanung und -steuerung, Life Cycle Performance	Lanza
Künstliche Intelligenz in der Produktion (WS)	Vermittlung von praxisnaher, ganzheitlicher Integration von Verfahren des Maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz in der Produktion	Schlagenhauf
Lernfabrik Globale Produktion (WS)	Standortwahl, Fabrikplanung, Qualitätssicherung, Skalierbare Automatisierung, Lieferantenauswahl, Netzwerkplanung	Lanza
Praktikum Produktionsintegrierte Messtechnik (SS)	Klassifikation und Anwendungsfälle relevanter Mess- und Prüfverfahren in der Produktion, robotergestützte optische Messungen, zerstörungsfreie Prüftechnik am Beispiel von akustischer Sensorik, industrielle Computertomographie	Häfner
Produkt- und Produktionskonzepte für moderne Automobile (WS)	Rahmenbedingungen der Fahrzeug- und Karosserieentwicklung, Integration neuer Antriebstechnologien, Konzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts, Werkstoffleichtbau (Metall, Kunststoffe), innovative Fertigungsverfahren	Steegmüller, Kienzie
Produktionstechnik für die Elektromobilität (SS)	Produktionsprozesse zur Herstellung der Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs (Elektromotor, Batteriezellen, Brennstoffzellen) auslegen, auswählen und neu entwickeln zu können.	Fleischer
Produktionstechnisches Seminar (WS/SS)	Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung zu aktuellen Forschungsthemen – allein oder im Team	Fleischer, Lanza, Schulze
Qualitätsmanagement (WS)	Qualitätsmanagementmethoden, Fertigungsmesstechnik, statistische Methoden, Service, Zertifizierungsmöglichkeiten, rechtliche Aspekte	Lanza
Seminar Anwendung Künstliche Intelligenz in der Produktion (SS)	Vermittlung von praxisnaher, ganzheitlicher Integration von Verfahren des Maschinellen Lernens und der Anwendung von künstlicher Intelligenz in der Produktion	Schlagenhauf
Seminar Data-Mining in der Produktion (WS/SS)	Kennenlernen ausgewählter Methoden des Data-Mining und Anwendung anhand eines konkreten Falles aus der Industrie im Team	Lanza
Steuerungstechnik (SS)	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönzheimer
Umformtechnik (SS)	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan
Verzahntechnik (WS)	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelrädern, Messen und Prüfen	Klaiber
Werkzeugmaschinen und hochpräzise Fertigungssysteme (WS)	Aufbau und Einsatz/Verwendung von Werkzeugmaschinen und hochpräzisen Fertigungssystemen; Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Werkzeugmaschinen und hochpräzisen Fertigungssystemen	Fleischer

Studium und Lehre

Auszeichnungen, Preise und Ehrungen

Ausgezeichnete Studierende

Prof. Hans Victor war von 1965 bis 1980 Institutsleiter am wbk und war Pionier seiner Zeit auf dem Gebiet der Zerspaltung. Seine Frau richtete eine Stiftung – speziell für Studierende mit herausragenden Leistungen im Bereich der Produktionstechnik – ein. Im Jahr 2022 überreichten Prof. Alexander Wanner, KIT-Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten und Prof. Volker Schulze, Leiter des wbk Institut für Produktionstechnik, gleich zwei Studierenden den Preis für ihre hervorragenden Abschlussarbeiten:

Fabian Kohnle für seine Arbeit zum Thema „Bildverarbeitungs-basierte Überwachung von Zerspaltungswerkzeugen mit maschinellem Lernen in einer industriellen Umgebung“ und Pascal Neumann für seine Arbeit zum Thema „Miniaturisierung und Weiterentwicklung eines Sensorsystems zur Erfassung kleinskaliger Partikelbewegungen im Tauchgleitschleifen“.

Das Preisgeld soll die Preisträger bei ihrem Masterstudium unterstützen.

Darüber hinaus wurde Julius Frontzek, Student am wbk, mit dem Grashof Preis für das beste Studium Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ausgezeichnet. Dieser Preis für die vier besten Bachelor-Abschlüsse wurde gestiftet von der Schaeffler Automotive GmbH & Co. KG. ■



Prof. Alexander Wanner, Preisträger Fabian Kohnle und Prof. Volker Schulze (Foto: wbk)



Prof. Alexander Wanner, Preisträger Pascal Neumann und Prof. Volker Schulze (Foto: wbk)



Julius Frontzek bei der Preisverleihung (Foto: wbk/KIT)

Ausgezeichnete Assistentinnen und Assistenten

Der wissenschaftliche Mitarbeiter Sebastian Behrendt erhielt den Dr.-Ing. W. Höfler Preis für die besten Masterarbeiten im Maschinenbau, Bereich Produktionstechnik zum Thema „Real-to-Sim - Data Driven Auto-Modelling of Discrete-Event Simulation for Semiconductor Manufacturing Production Systems“.

Patrizia Gartner, wissenschaftliche Mitarbeiterin am wbk, erreichte zusammen mit ihrem Team den 3. Platz des Innovationswettbewerb Neuland des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und erhielt damit verbunden ein Preisgeld! Gefördert wurde das Projekt durch den InnovationsCampus Mobilität der Zukunft. Jetzt gilt es, die selbstheilende Brennstoffzelle auf die Straße zu bringen. ■



Patrizia Gartner mit Preisträgerinnen und Preisträgern des Innovationswettbewerb Neuland (Foto: wbk)



Prof. Kai Furmans, Dekan der KIT-Fakultät für Maschinenbau und Prof. Volker Schulze mit Sebastian Behrendt (Foto: wbk/KIT)



Dr.-Ing. Sina Peukert bei der Verleihung des Manfred Hirschvogel Preises 2022 (Foto: wbk)

Ausgezeichnete Oberingenieure

Dr.-Ing. Sina Peukert erhielt den Manfred Hirschvogel Preis 2022 der Frank Hirschvogel Stiftung für die beste Dissertation im Bereich Maschinenbau / Wirtschaft – als einzigen Preis an allen renommierten TU9 Universitäten – für Ihre Arbeit zum Thema „Robustheitssteigerung in Produktionsnetzwerken mithilfe eines integrierten Störungsmanagements“.

Die Blanc & Fischer Familienholding hat zum ersten Mal den Blanc & Fischer Innovationspreis verliehen. Dieser ging an Dr.-Ing. Florian Stamer, Gruppenleiter im Bereich Produktionssysteme am wbk Institut für Produktionstechnik. Neben der Qualität der Dissertation bewertete das Gremium auch die Innovativität der Arbeit. Der Preis ist mit 5.000 Euro dotiert. ■



Dr.-Ing. Florian Stamer erhält den Blanc & Fischer Innovationspreis für seine Dissertation (Foto: wbk)

Exkursionen

Assistentenexkursion (AssiEx) des wbk



Ansprechpartner am wbk:
Magnus Kandler, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2611
magnus.kandler@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Marco Würster, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2599
marco.wurster@kit.edu

Unsere diesjährige Assistentenexkursion führte die Doktorandinnen und Doktoranden des wbk Instituts für Produktionstechnik auf eine spannende und lehrreiche Reise zu renommierten Unternehmen aus verschiedensten Branchen. Diese Woche der Erkundung, des Lernens und des Netzwerkens bot den Teilnehmenden Einblicke verschiedenste Produktionsprozesse und erweiterte den Blick in viele Bereiche. Die Reise führte das Team zu den folgenden Unternehmen:

- Fritz Winter: Die Teilnehmenden erhielten einen tiefen Einblick in die Gießerei- und Automobilindustrie. Die Führung durch die Produktionsstätten und die Präsentation der neuesten Technologien verdeutlichten die Bedeutung von Präzision und Qualität in der Herstellung.
- Schott AG: Hier erlebten sie die faszinierende Welt der Spezialglasherstellung. Die innovativen Anwendungen von Spezialglas in verschiedenen Industriezweigen und deren aufwändige Produktion in kontinuierlichen Gussprozessen sowie mehreren Nachbearbeitungsschritten beeindruckten das Team nachhaltig.
- Böhlinger Ingelheim: In diesem Pharmaunternehmen wurden Einblicke in die Forschung, Entwicklung und Produktion von Medikamenten gewährt. Die Gespräche mit Forschern zeigten uns die Herausforderungen und Fortschritte in der pharmazeutischen Industrie aufgrund der medizinischen Normungen auf.
- ZDF: Die Besichtigung des ZDF bot Einblicke in die Medienwelt und verdeutlichte die komplexe Technologie hinter der Nachrichten- und Unterhaltungsproduktion.
- John Deere: Die Exkursion zu John Deere ermöglichte es, die modernen Entwicklungen in der Landwirtschaftstechnologie zu erkunden und die Bedeutung von Lean Management und Industrie

4.0 in der Großserienproduktion zu erleben.

- Viessmann: Bei Viessmann tauchte das Team in die Welt der Heizungs- und Klimatechnik ein. Die Präsentation innovativer Lösungen verbunden mit deren enormen Zuwachs an Kundenbestellungen verdeutlichte die Rolle von ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit in der Produktion und die Herausforderungen von kurzfristigen, nahezu explodierenden Stückzahlen neuer Heizungs- und Klimatechnik sowie deren Herausforderungen für ein familiengeführtes Unternehmen.
- Energiepark Mainz: Hier bekamen die Teilnehmenden wertvolle Einblicke in erneuerbare Energien und deren Integration in das Stromnetz. Die Bedeutung von Nachhaltigkeit und Umweltschutz wurde hier besonders greifbar.

Neben den Unternehmensbesuchen bot ein Abendprogramm mit geselligem Abendessen, Diskussionen und Aktivitäten reichlich Gelegenheit, sich auszutauschen und wertvolle Kontakte zu knüpfen.

Für die Teilnehmenden war die diesjährige Assistentenexkursion ein Erfolg: Sie haben nicht nur eine Vielzahl von Unternehmen und Industriezweigen kennengelernt, sondern auch wertvolle Einblicke in aktuelle Technologien, Herausforderungen und Trends erhalten. Die Assistentenexkursion bot dem Team eine einzigartige Gelegenheit, das Wissen zu erweitern und eigene Perspektiven zu vertiefen. Danke an die besuchten Unternehmen, die die Doktorandinnen und Doktoranden des wbk so freundlich empfangen haben. Sie freuen sich bereits auf die nächste Assistentenexkursion und die Gelegenheit, weiterhin wertvolle Erfahrungen zu sammeln und ihr Netzwerk zu erweitern. ■



Gruppenbild im Rahmen der Exkursion (Foto: wbk)

Abschlussarbeiten

Masterarbeiten 2022

Akileh, Jamil

Konzeptionierung und Implementierung eines Konfigurator zur automatisierten Auswahl von Messmitteln auf Basis von Produkt-Features

Aktay, Enes

Ableitung von Produktionsnetzwerkkonfigurationen auf Basis von strategischen Zielen und Einflussfaktoren mittels Maschinellem Lernen

von Allwörden, Daniel

Identifikation geeigneter Werkstoffpaarungen für hybride Werkzeugkonzepte aus konventionell und additiv gefertigten Komponenten

Altay, Alper

Technische und wirtschaftliche Bewertung sowie Feinkonzeptionierung eines Matrix-Produktionssystems für die Elektronikproduktion

Antoine, Victoria

Reduktion der physischen Variantenvielfalt in der Automobilindustrie durch den Einsatz von Software-basierter Variantenbildung

Aubart, Daniel

Klassifikation des Maschinenzustands mithilfe akustischer Signale

Auer, Tim

Steigerung der Effektivität von Prognosen - Ein strukturierter Ansatz für die Interpretation von Frühwarnsignalen für weitreichende Störungen der Lieferkette

Aupperle, Martin

Entwicklung einer qualitätsorientierten Betriebsweise einer Härteanlage für die Großserienproduktion von Schrauben

Autenrieth, Martin

Erarbeitung eines Konzepts zur Erstellung von Materialflusssimulationen unter der Verwendung von agilen Softwareentwicklungsmethoden

Basalla, Felix

Thermografische Untersuchung einer neuartigen Laser-Sinteranlage zur additiven Herstellung von endlosfaserverstärkten Kunststoffbauteilen

Baumert, Helen

Formulierung und Lösung von Optimierungsproblemen der Produktionsnetzwerkkonfiguration auf gatterbasierten Quantencomputern

Berndorfer, Felix

Dispatching von Wartungspersonal mittels Deep Reinforcement Learning in einer realen Halbleiter-Frontend-Fertigungsumgebung

Bilen, Ali

Entwicklung eines evolutionären Korrekturalgorithmus zur Implementierung einer merkmalsbasierten Closed-Loop-Qualitätsregelung für Fräsanwendungen

Blättner, Philipp Sebastian

Multi-Prediction Grasp Planning für Roboterhände mit vielen Freiheitsgraden

Bletzer, Simon

Erstellung eines Entscheidungsunterstützungsmodells zur Produktallokation in globalen Produktionsnetzwerken

Bott, Alexander

Entwicklung einer intelligenten Auswertestrategie zur Funktionsprognose von Mikrozahnradern unter Verwendung von Skin Model Shapes

Bouriga, Sofien

Kamerabasiertes Entschrauben im Kontext der Li-Ionen-Batteriedemontage

Bouzidi, Dhia-Eddin

Produktionsnetzwerkoptimierung aus Fertigungs- und Logistiksicht

Braunisch, Julian

Entwicklung korrosionsbeständiger LDS-Beschichtungen und Analyse der mechanischen Bearbeitung LDS-beschichteter Zylinderlaufbahnen

Brell, Florian

Transfer Learning in der Produktionstechnik - Simulation einer Wickelmaschine zur Fertigung von Elektromotoren als Datenbasis für Domain Adaptation Methoden

Brenneis, Jonas

Entwicklung von keramischen Suspensionen für die badbasierte Photopolymerisation (VPP-LED)

Burchard, Benedikt

Einsatz eines Machine Learning-Ansatzes zur Optimierung der Werkstoffentwicklung für die badbasierte Photopolymerisation (VPP-LED)

Burkhardt, Laura

Entwicklung eines Projektmanagement-Frameworks für Verbesserungsprojekte in der Schieneninstandhaltung

Buschulte, Stefan

Experimentelle Untersuchung von Setzeffekten an Rotoren elektrischer Hochdrehzahltriebe

Chen, Mengran

Entwicklung stereolithografisch gefertigter Demonstratoren mit integrierten Schaltungen und Untersuchung des Einsetzprozesses von SMD Inserts

Chen, Zhi'ang

Implementation eines Rostdetektors basierend auf künstlicher Intelligenz und dem Softwareframework Detectronv2

Coignard, Félix

Strukturierung von Produktionsdaten mithilfe eines semantischen Modells für Digitale Zwillinge

Conen, Elena

Technologie- und Prozessplanung einer Greenfield-Produktionslinie für Sandwich-Paneele unter Berücksichtigung von Industrie 4.0

Dabow, Leonard

Entwicklung eines Methodenauswahlprozesses zur Entscheidungsunterstützung in Allokationsproblemen

Dai, Yehan

Übergabe von Objekten in der Mensch-Maschine-Kollaboration mittels Maschinellem Lernen

Debowski, Krzysztof

Entwicklung einer KI-basierten Methodik zur automatisierten Erstellung von Arbeitsplänen für neue Produkte anhand der Ähnlichkeit zu bestehenden Produkten

Demirkol, Aykut

Entwicklung und Bewertung neuer systematischer Lösungsansätze zur Kompensation axialer Abweichungen an Rotorlagegebern

von Deyn, Lennart Christopher

Entwicklung eines Endeffektors für einen Industrieroboter zur automatisierten Integration von Gewindeinserts in einen hybriden additiven Fertigungsprozess

Dhakaan, Yash Arvind

Untersuchung von Open Source OCR Software-Paketen zur Erkennung von Text in technischen Zeichnungen

Didong, Stephan Johannes

Vorhersage zukünftiger Konstruktionsschritte im CAD mit Hilfe von Transformermodellen

Dolling, Aron

Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur systematischen Beurteilung der Wandlungsfähigkeit von Produktionsnetzwerken

Dorffer, Julian Eugène

Implementierung eines Ansatzes zur vollständig simulativen Identifikation von optimalen Prozessparametern im Tauchgleitschleifen

Dörflinger, Roman

Entwicklung und Integration eines interoperablen Systems zur automatisierten Extraktion und Identifikation von Maschinensteuerungsdaten im Brownfield

Dorsch, Marco

Herstellung prozessbedingter Gitterstrukturen im pulverbettbasierten Laserschmelzen aus dem Material Reineisen

Eckerle, Lukas

Simulationsgestützte Implementierung eines Matrixproduktionssystems

Egle, Yann

Entwicklung und Konstruktion einer Maschine für das automatische Ringseparieren von Rechteckdrähten im Rahmen der Statorproduktion für Traktionsmaschinen von Elektrofahrzeugen

Ekici, Sinan

Erstellung eines konsistenten Systems für die Erfassung, Darstellung und Abschreibung der internen Fehlerkosten in globalen Produktionsnetzwerken

End, Yannik

Untersuchung des Potenzials einer kombinierten Prozesskette aus badbasierter Photopolymerisation und Spritzguss zur Herstellung von Keramik-Hybridbauteilen

Epp, Christopher

Steigerung des Industrie 4.0 Reifegrades in der Elektronikfertigung

Fischer, Marc David

Anwendung von Quantum Computing zur Prüfung der logischen Äquivalenz boolescher Funktionen mit Fokus auf dem Vergleich von Dispatching-Heuristiken

Frey, Maximilian

Thermomechanische PBF-LB Prozesssimulation von makroskopischen Strukturen zur Vorhersage von Beschichterkollosionen

Freyd, Nicolas

Experimentelle Untersuchung der Stapelgenauigkeit in verketteten Produktionsprozessen der Batteriezellfertigung

Früh, Anna Maria

Auswirkungen des digitalen Shopfloor Managements auf Entscheidungsprozesse

Gabriel, Paul

Experimentelle Prozessparametervariation und anschließende Qualitätsbewertung des Feinschneidens von Li-Ionen-Batterieelektroden

Gaffga, Yannik

KI-gestützte Bilderkennung und -auswertung von High-speed-Aufnahmen des Schneidprozesses beim Nibbeln faserverstärkter Kunststoffe

Gehrlein, Stefan

Entwicklung einer Prüfkammer zur Umweltsimulation von energieautarken IoT-Geräten

Gerber, Jonas

Automatisierte Ladungssicherung für fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF)

Glaser, Valentin

Entwicklung eines generalisierten Reinforcement Learning-Agenten zur Optimierung einer Produktionssteuerung

Gleich, Kevin

Berücksichtigung intangibler Faktoren und strategischer Ziele bei der Optimierung der Netzwerkkonfiguration eines globalen Produktionsnetzwerks

Gölz, Johannes Hubertus

Adaptive Qualitätsregelkreise - Prozessübergreifende in-line Integration optischer Sensorik zur dynamischen Funktionsoptimierung von Hochpräzisionsbauteilen für die datengetriebene Produktion der Zukunft

Götz, Marius

Einbindung eines Bildverarbeitungssystems in die Steuerungsarchitektur einer hybriden 3D-Druck Anlage zur Bauteilvermessung und Objektdetektion

Gramlich, Lukas

Entwicklung einer Systematik zur Unterstützung der Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen durch optimale Auswahl von Anpassungsmöglichkeiten

Graves, Nina Yvette

Ein Framework zur Ermittlung der Qualität von Kernprozessen der Datenindustrie durch die Definition und Analyse von Prozessdaten basierend auf Konzepten der Fertigungsindustrie

Greifenstein, Marvin

Analyse des Elektrolyseurmarktes im Kontext der Kreislaufwirtschaft und Erarbeitung eines Prognosemodells zu Elektrolyseurkapazitäten und -rückläufern

Grießer, Hannah

Einsatz von Process Mining zur Erstellung und Aktualisierung Digitaler Zwillinge von Globalen Produktionsnetzwerken

Gründel, Dennis

Entwicklung einer unternehmensweiten Strategie zur Implementierung von Verfahren des maschinellen Lernens zur Qualitätskontrolle in der Produktion

Gu, Minjie

Fehlererkennung an linearen Vorschubachsen mit Signalverarbeitung und maschinellen Lernalgorithmen

Guérand, Benoît

Erkennung offener Klappen am Auto in der Produktionslinie mit Deep- und Transfer-Learning-Methoden

Gutmann, Matthias Nicolas

Entwicklung einer Methodik zur simulationsgestützten Skalierung von Produktionssystemen für die Hochlaufphase

Han, Zongyou

Regelungskonzept für die additive Fertigung metallischer Bauteile am Arburg Freeformer

Henß, Jan

Flexible ereignisdiskrete Simulation und Konfigurationsanalyse in der Produktionsneuplanung

Herrmann, Julian

Methode zur Erstellung von Arbeitsplänen und Stücklisten für konfigurierbare Produkte mithilfe von Data Mining

Hettich, Tobias

Entwicklung eines modularen Lean und Change Management Schulungskonzepts für Produktionsingenieure dargestellt am Beispiel eines Sensorherstellers

Heyer, Valentin

Bewertung der Anpassungsfähigkeit von Verbesserungsverfahren an einem unternehmensspezifischen Matrixproduktionssystem

Hien, Christopher

Strategische Vorausschau zur Planung einer wandlungsfähigen Fabrik für kultiviertes Fleisch

Hinze, Torben

Entwicklung und Inbetriebnahme eines beweglichen Druckbetts zur additiven Fertigung von endlosfaserverstärkten Bauteilen mittels Knickarmrobotern

Hollinger, Verena

Entwicklung und Implementierung eines Deep-Learning Verfahrens für die semantische Segmentierung von Elektromotoren basierend auf RGB-D Daten

Hörger, Moritz

Integrierte Optimierung resilienter und nachhaltiger Produktionsnetzwerke

Hörsting, Rick Kalle

Cluster-basiertes, überwacht maschinelles Lernen zur Vorhersage von Arbeitsplänen in der Montageplanung

Huber, Clemens

Prozessoptimierung für robotergestützte Fertigungsprozesse im Kontext der Industrie 4.0

Ibn Bari, Kamal

Entwicklung und Implementierung einer flexiblen Sicherheitsstrategie für ein roboterbasiertes Handhabungsmodul

Jin, Xuan

Validierung und Optimierung des Simulationsmodells von Membran-Elektroden-Anordnungen der Brennstoffzellen in der Produktion

Jung, Philip

Entwicklung einer Methodik zur Identifizierung von Verbesserungspotentialen im Arbeitssystem einer Fahrzeugmontage mit One-Piece-Flow Abschnitten

Kann, Weiping

Entwicklung einer künstlichen Intelligenz zur Optimierung der Batteriezellfertigung

Kehm, Felix

Global Footprint Optimierung im Einklang mit der Unternehmensstrategie: Entwicklung einer Methodik zur Entscheidungsunterstützung

Kern, Lars

Implementierung und Validierung einer Roboterzelle zur variantenflexiblen Statorproduktion

Keuerleber, Marco

Kreislaufwirtschaft in Industrieunternehmen - Erarbeitung und Umsetzung eines Lehrkonzeptes im Rahmen der neuen Vorlesung "Nachhaltige Produktionswirtschaft"

Khabou, Mehdi Abdellatif

Simulationsbasierte Dimensionierung und Optimierung von Puffern und Werkstückträgern in einer Produktionslinie

Kiefer, Lars

Optimierung von Ressourcenallokationsplanung mittels regelungstechnischer Lösungstechniken

Kille, Vincent

Optimierung des Waschmaschinen-Recyclings anhand der technisch-ökonomischen Analyse von Erlöspotentialen

Kirchenbauer, Max

Entwicklung einer intelligenten Bauplattform für einen additiv-subtraktiven FFF-Prozess zur Realisierung von Additive Repair

Kißling, Sara

Klassifikation von Ansätzen des Qualitätsmanagements und Entwicklung eines Ansatzes zur intelligenten sowie kunden- und lieferantenintegrierten Qualitätsregelung in Produktionsnetzwerken

Klaus, Sandra

Produktionsoptimierung und Vorhersage der Bauteilqualität von Mikrozahnradern durch Zustandsüberwachung mit In-Prozess-Körperschallsensorik und künstlicher Intelligenz

Kleinwort, Michel

Entwicklung eines Endeffektors zur Endlosfaserverstärkung von additiv gefertigten Thermoplastbauteilen durch unidirektionale Tapes

Klinkner, Fabian

Strategischer Fit im Kontext globaler Produktion: Entwicklung eines Konzepts zur Ableitung von Netzwerkstrukturen

Koch, Dominik

Implementation und Evaluation von Supervised- und Reinforcement-Learning Ansätzen für die gezielte optische Inspektion von Produktmerkmalen

Kohlund, Adrian

Implementierung der Steuerung und schwingungstechnische Optimierung eines Schleuderprüfstandes für Rotor-Komponenten hochdrehender elektrischer Antriebe

Köpfer, Xaver

Konstruktion einer Blechumformstation für gekoppelte Robotersysteme

Landgräber, Tobias

Prozessüberwachung eines additiven Fertigungsverfahrens mittels maschinellen Lernens zur Vorhersage von Bauteilporositäten

Lentz, Sophia

Entwicklung einer Technologiekettenplanung im Bereich Leichtbau am Beispiel eines gewichtsoptimierten Flansches

Lepré, Nicolas

Entwicklung eines multifunktionalen Montagekonzeptes zur Integration eines modularen Sensorsystems in Produktions-, Logistik-, Kühltransport- oder Bauprozesse

Li, Shuai

Verfeinerung eines Anlagensimulationsmodells eines Batteriekalenders

Lin, Yiwen

Dateneffiziente Klassifikation über die Kombination varianreicher Lösungen

Liu, Junliang

Kamerabasierte Lagerbestandsüberwachung auf Regalebene im Regal für das C-Teile-Management

Liu, Lydia

Modellierung von Bestell- und Lieferverhalten in der Automobil Supply Chain

Luna Acosta, Jorge

Entwicklung und Validierung von verschleißmindernden Konzepten für die Austragseinheit des Arburg Freeformers

Ma, Zihan

Webbasierte Maschinenüberwachung mit Motorstrom

Maatoug, Mohamed Ghassen

Datenbanken-Reifegrad-Modell für die Automatisierung des Produkt-Mix-Allokationsprozesses

Maibaum, Kai

Die Entwicklung eines digitalen Zwillings für die Stapelbildung in der Lithium-Ionen-Batteriezellfertigung

Mak, Xenia Maria

Entwicklung und simulationsbasierte Bewertung einer neuen Produktionslinie für Sandwichpaneele

Marx, Dominik

Konzeption und Validierung eines Frameworks zur Use-Case-basierten Datenreduktion im Kontext von Industrie 4.0 mit Methoden des maschinellen Lernens

Mattheis, Fabian

Modell zur holistischen Bewertung von Produktionsnetzwerkkonfigurationen

Mayer, Daniel

Werkstofftechnische Charakterisierung der Grenzschicht in der hybrid-additiven Fertigung von Ti6Al4V ELI

Mayer, David

Konzeption und Konstruktion eines modularen Werkstückträgers und -wechselsystems

Meiser, Philipp

Integration von Domänenwissen in den Lernprozess von künstlichen neuronalen Netzen mithilfe von Class Activation Maps

Mengyue, Li

Experimentelle Untersuchung eines innovativen Nachtrocknungsprozesses von Zellstapeln vor der Elektrolytbefüllung

Menke, Olaf Burchard Benjamin

Inline-Produktionsoptimierung mittels Computational Intelligence - Ersatz der klassischen Simulation zur Befähigung adaptiver Montagestrategien von Mikrozahnrädern

Merz, Konstantin

Produkt-Produktions-Codesign: Gestaltungsprinzipien für Geschäftsmodelle

Metzger, Maren

Entwicklung einer Methodik zur Identifikation und Analyse von Wandlungsbedarfen am Beispiel einer Produktionslinie bei Bosch Automotive Steering

Miao, Hanyue

Entwicklung eines digitalen Schrägbolzenfutter-Zwilling

Michel, Florian

Leichtbauorientierte Auswahl und Optimierung von Industrierobotern

Michelberger, Jonas

Einführung eines Domain Adaptation Frameworks für skalenvariablen industrielle Systeme basierend auf Transfer Learning

Müller, Jonathan

Ist Automatisierung in der Pharmaindustrie immer zu empfehlen? -Wirtschaftlichkeitsanalyse und Prozessoptimierung im Brownfield für die Weiterverarbeitung von Filternadeln

Narasimhan Ramalingam, Raghul

Gestaltung einer Prozesskette für die agile Batteriezellfertigung

Ohngemach, Lisa

Entwicklung einer kontinuierlichen Qualitätsmetrik für die Batteriezellfertigung

Orhan, Melike Cagla

Entwicklung eines objektorientierten Basismodells für die Modellierung von Produktionsnetzwerken

Osman, Ahmed

Konzeption und Implementierung eines Ansatzes eines digitalen Zwillinges zur Reduzierung bei der Produktion von Permanentmagnetrotoren ausgestoßener CO₂-Äquivalente

Özcelik, Elif

Entwicklung eines Frameworks zum Betrieb wandlungsfähiger Produktionssysteme durch Software-Defined Manufacturing

Palendran, Pratheepan

Integration eines Roboters in die dynamische Versiegelung von Li-Ionen-Pouch-Zellen

Parche, Mattis

Implementierung und Validierung einer modularen Roboterzelle zur variantenflexiblen E-Motoren-Produktion

Pauget, Jeremy

Verwendung alternativer Materialien zur Herstellung einer Negativform für Blechtiefziehteile

Persoon, Maaïke

Entwicklung eines Erklärungsmodells zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit globaler Produktionsnetzwerke

Piekarek, Susanne

Mathematische Optimierung und simulationsgestützte Validierung von Rekonfigurationen wandlungsfähiger Produktionssysteme

Pieper, Victor

Entwicklung eines Zielsystems für die Begleitung eines iterativen Lean-Transformationsprojekts

Purwitasari, Anisa

Einfluss der Prozessparameter des selektiven Laserschmelzens auf die Eigenschaften von Bauteilen aus AISI10Mg

Que, Yingqi

Implementation eines Ansatzes zur dreidimensionalen Produktmodellerstellung und projektionsbasierten Korrosionsdetektion

Ramirez Acosta, Collins Natividad

Segmentierung von Oberflächendefekten unter industriellen Bedingungen

Reinhardt, Maximilian

Projektierung und Inbetriebnahme einer Roboterzelle zur adaptiven Fertigung von Brennstoffzellen

Riad, Youssef

Entwicklung eines Modells eines händischen Prozesses bei der Verpackung von Lebensmittelprodukten

Rincke, Frederik

Entwicklung eines datenorientierten Lieferantenmanagementprozesses für eine Null-Fehler-Produktion

Rottenberger, Amelie

Optimierung und automatisierte Parametrierung einer Roboterzelle für die flexible Statorproduktion im Kontext der Elektromobilität

Rupp, Florian Daniel

Entwicklung eines Shopfloor-Management Schulungskonzepts für einen Sensorhersteller

Sachsenweger, Dietrich

Wertstromübergreifende Auftragsallokation und Netzwerkkonfiguration

Salzer, Stefanie

Verhalten von Digitalen Zwillingen bei automatischen Updates

Sauer, Marcel

Entwicklung eines Entscheidungsrahmens für die Analyse und Auswahl von flexiblen Produktionskonzepten

Schaupp, Niklas

Vorgehensmodell zur Potenzialanalyse und -bewertung digitaler Assistenzsysteme in der teilautomatisierten Fertigung

Scheurenbrand, Tim

Domänenübergreifende Generalisierung für technische Klassifikationsaufgaben mittels Contrastive-Learning

Schmid, David

Entwicklung eines Konzepts für das Deployment von Machine Learning Anwendungen auf Werkzeugmaschinen mittels Container Virtualization

Schmid, Natalie Dorothea

Die Adhäsion und Reinigung von Partikeln im Zusammenhang mit dem Formranden von Brillengläsern

Schnaberich, Matthias

Entwicklung und Inbetriebnahme einer autonom arbeitenden Befundungsstation zur optischen Inline-Messung in einem Remanufacturing Use-Case

Schoen, Tobias

Konzeptionierung und Implementierung eines Machine-Learning-Ansatzes für das taktzeitoptimierte Schleudern von Rotoren elektrischer Hochdrehzahltriebe

Schulz, Katharina Sabine

Entwicklung und Ausarbeitung eines Lehrkonzepts zu Unternehmensführung und Produktentwicklung im Rahmen nachhaltiger Produktionswirtschaft

Schwab, Bastian

Experimentelle Untersuchung von Prozessschwankungen in verketteten Produktionsprozessen in der Batteriezellfertigung

Seide, Jannik

Semiautomatisierte Integration von Planungsdaten in den digitalen Zwilling

Sevostyanov, Nikita

Konzeption, Entwicklung und Erprobung eines durchlichtintegrierten Greifers für die on-the-fly Positionserkennung von Elektroden sheets

Singer, Max

Konzeption eines neuartigen nachhaltigen Freischneiderwerkzeugs

Smajic, Emir

Entwicklung eines Lehrkonzepts für die Vorlesung „Künstliche Intelligenz in der Produktion“

Sobeck, Ramon

Entwicklung eines Bewertungsmodells für die Wandlungsfähigkeit von globalen Produktionsnetzwerken

Stefan, Marvin

Untersuchungen des Wärmestromverhaltens von Verbundfolie für die flexible Produktion von Pouch-Zellen

Stempfle, Tobias

Ansatz für die Entwicklung einer nachhaltigkeitsorientierten Implementierungsstrategie von Smart Automation Technologien

Stephan, Johannes

Einsatz von Computational Intelligence Methoden zur Bestimmung von Modellparametern

Ströbel, Robin

Automatisierte Generierung von identifizierbaren Referenzfahrten für einen KI-basierten Ansatz und Entwicklung eines analytischen Ansatzes zur Parameteridentifikation in Produktionssystemen

Tan, Ao

Anwendungsszenarien von Künstlicher Intelligenz in der Batteriezellassemblierung

Tegeder, Frederik

Nibbeln faserverstärkter Kunststoffe - Untersuchung der Prozessparameter bei Kraft- und weggesteuertem Vor-schub

Thüning, Aaron

Projektierung und Implementierung einer Steuerung für die flexible Batteriezellfertigung

Traub, Katharina

Eine Methodik zur Anwendung von Maschinellern im Computer Aided Process Planning für die Teilefertigung

Uber, Tim

Digitaler Zwilling des Produktionsnetzwerks: Konzept zur Auftragsallokation individualisierter Produkte zu Produktionsstandorten

Veit, Tobias Alexander

Entwicklung und Validierung eines fehlerresistenten Interfaces zur Integration von Regelungs- und Steuerungscode in eine autonome SPS-Steuerung

Wang, Gelin

Optimierung der Klassifikation verteilter OCT-Sensordaten mit maschinellern Lernen

Wang, Junyi

Eine empirische Untersuchung über den Einsatz von quantitativen Modellen in globalen Produktionsnetzwerken in der industriellen Praxis

Wang, Wei

Sensorlose Maschinenfehlerdiagnose mit Benutzeroberfläche

Weick, Paul Willi Michael

Entwicklung von Anforderungsprofilen zur Evaluierung von Second Life Geschäftsmodellen von Lithium-Ionen Traktionsbatterien – Ein Anwendungsfall aus der Baumaschinenindustrie

von Werder, Simon Ole

Analyse und Optimierung von additiv gefertigten Sensor-schaltkreisen aus einem additiv-subtraktiven FFF-Multimaterialdrucker

Werz, Pascal

Entwicklung eines Simulationsmodells zur Betreuung der Anlaufphase der Serienfertigung von Brennstoffzellen

Wickramanayaka Karunarath, Soutchie

Entwicklung einer Methode zur automatischen Erstellung von Fertigungsstücklisten

Wiedemann, Jonas

Konzeption und Entwicklung einer Vorrichtung zur Durchführung einer Futtermittelbestandteilermessung während des Einsilivorgangs

Willms, Caroline Yoshiko

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der additiven badbasierten Fertigung anhand mehrerer Demonstratorkörper im Vergleich zu 3D-MID und konventionellen Herstellungsarten

Wöhrl, Florian

Daydreaming Production: Modellkollaborationsformen von digitalen Zwillingen in globalen Produktionsnetzwerken

Wolf, Jan

Detektion von Anomalien in Zeitreihen von Steuerungsdaten des Fräsprozesses mit Algorithmen des maschinellen Lernens

Wu, Xinyan

Entwurf und Konstruktion eines R2R-Versuchsstands im Bereich der Brennstoffzellenfertigung

Xu, Chang

Entwicklung eines Empfehlungssystems von E-Learning für Industrie 4.0

Xu, Kailing

Entwicklung eines Zielsystems zur Bewertung von Handlungsalternativen im Remanufacturing

Xu, Qikai

Entwicklung eines Predictive-Maintenance-Verfahrens für Schraubensysteme im Kontext Cloud Manufacturing

Yang, Yiqian

Medizinisches Daten-Clustering unter Verwendung von Technologien zum Schutz der Privatsphäre

Yao, Xunyi

Neuartige Simulationsmethode für die Hochleistungszer-spanung

Yildirim, Isinsu

Entwicklung eines Konzepts zur Planung einer agilen Roto-renproduktion im Kontext elektrischer Traktionsmotoren

Yoon, Ji Kyung

Vergleich und Auswertung zweier Winkelbeschleunigungs-messverfahren für die Wälzprüfung von Zylinderradpaaren

Yuan, Tao

Entwicklung und Validierung eines Datalog-Tools für eine autonome Steuerung

Zacherl, Thomas

Wie können 3D-Modellierungslösungen in Kombination mit bestehenden ERP-Systemen die Prozesse in der Produk-tions- und Logistikumgebung verbessern?

Zehner, Marie

Simulationsbasierte Skalierung von Produktionssystemen in der Konzeptphase des Fabrikplanungsprozesses

Zhao, Yicheng

Detektion von Ausrichtungsfehlern und Störkräften an Vorschubachsen mittels Maschinellem Lernen

Zheng, Qi

Intelligentes Monitoring auf CNC-Maschinen mit Generati-ve Adversarial Networks und Transfer Learning

Zheng, Zhilong

Simulation des Materialverhaltens trockener Elektroden während des Kalandrierens

Zhou, Lei

Prozessregelung eines hybriden 3D-Druck-Prozesses mit einem Bildverarbeitungssystem

Zhou, Yezi

Konzeptionierung von Demontageprozessen für Wasser-stoff-Elektrolysestacks

Zimmermann, Christian

Konzeption einer Workshopstruktur zur Implementie-rung von Neuronalen Faltungsnetzen im produzierenden Gewerbe

Bachelorarbeiten 2022**Agustin, Agustin**

Simulation und Optimierung einer Produktionssteuerung für die adaptive Fertigung

Alimov, Marem

Experimentelle Optimierung des non-planaren 3D-Drucks mit einer neu entwickelten Düse

Alsala, Quteiba

Erstellung Digitaler Zwilling eines Kalenders zur Batterie-zellfertigung

Altmann, Lennart Marc

Einflussanalyse variierbarer Prozessparameter auf die Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektro-den mittels statistischer Versuchsplanung

Amyay, Abdessamad

Konstruktion und Validierung eines Druckkopfes für das non-planare 3D-Drucken

Arzberger, Philipp

Entwicklung eines Federsystems zum Ausgleich von Positi-onsabweichungen gekoppelter Roboterkinematiken

Bache, Mohamed Ali

Implementierung und Anbindung eines Sprachassistenten im Produktionstechnischen Umfeld

Baedorf, Markus

Entwicklung von Vorlesungseinheiten zur Nachhaltigen Produktionswirtschaft für den Grundlagenteil des Maschi-nenbaustudiums

Beck, Celine

Entwicklung einer Methode zur Konzeption eines Digitalen Zwillings eines modularen Produktionssystems

Bernhardt, Lukas

Aufbau eines Simulationsmodells und Durchführung einer Simulationsstudie zur Untersuchung von Verbesserungspotentialen am Beispiel des Pathologischen Instituts des Städtischen Klinikums Karlsruhe gGmbH

Blawert, Andreas

Konzeptionierung der Bewertung alternativer Prozessket-ten unter Berücksichtigung von MES-Daten

Bohnert, Tim Alexander

Simulative Untersuchung der Deformation eines Hohlrads in rotierenden Spannfütern

Bone, Jan Philipp

Inbetriebnahme und Steuerungskonzept der Materialex-trusionseinheit zur additiven Fertigung von Metall-Poly-mer-Hybriden

Borm, Cordula Beatrice

Messzeitverkürzung von Mikroverzahnungen mithilfe der Fokusvariation für die produktionsintegrierte Nutzung in der Medizintechnik

Brache, Felix Christian

Entwicklung eines Frameworks zur Vorverarbeitung von Daten für einen Digitalen Zwilling von globalen Produk-tionsnetzwerken unter dem Einsatz von Data Mining Methoden

Brandt, Niko Martin

Data Science mit eingeschränkten Datenmengen am Bei-spiel der Parameteroptimierung in Linsenschleifprozessen

Bräuner, Maximilian

Machine Learning zur Ähnlichkeitsanalyse von 3D-Objek-ten

Buhl, Ole Christian

Entwicklung eines Konzeptes zur automatischen Ver-fügungsstellung von Simulationsergebnissen Digitaler Zwillinge

Bühler, Dominik Simon

Optimierung der spanenden Bearbeitung additiv gefertig-ter poröser Strukturen aus AlSi10Mg

Burggraf, Hanna

Untersuchung der Kurzhubdynamik in der Pulverbeschich-tung mit variierendem "Spalt" zur Erhöhung der Material-effizienz für zukünftige Steuer- und Regelkreise

Buschmann, Maria Luise

Analyse und Optimierung der End-of-Line Prüfprozedur von Brennstoffzellen Stacks durch die Implementierung einer automatisierten Messdatenauswertungssoftware

Chen, Mingqian

Anbindung eines neuartigen Laser-Sinterprozesses an das Industrie 4.0 Netz zur cloud-basierten Prozessüberwa-chung und -steuerung

Chhabra, Ishaan

Entwicklung eines standardisierten Datenmodells zur An-bindung von Maschinen mit der Cybus Connectware

Claassen, Thibault

Praktische Einflussanalyse des Pressens von Wicklungen elektrischer Maschinen

Dabrowski, Aleksander Henryk

Parameterstudie zur Inbetriebnahme einer Wire Arc Addi-tive Manufacturing Anlage mittels statistischer Versuchs-planung

Dalal, Dhruvin

Entwicklung eines Systems zur automatischen Schlickerdo-sierung in einer Multi-Material-VPP-Anlage

Daschek, Sven Paul

Ein Ansatz zur Definition und Bestimmung von Opportuni-tätskosten für Entscheidungen zu Maschinenbelegungen

Däuwel, Daniel

Methoden zur Reduzierung des Working Capitals durch Optimierung des globalen Ersatzteilmanagements

De Nunzio, Giuliano

Bewertung eines skalierbaren Produktionssystems für die Brennstoffzellenfertigung

Deininger, Jan

Konzeption einer Methode zum Erkennen von Wandlungs-bedarf zur Reduzierung von Unsicherheiten in Produk-tions-systemen und -netzwerken

Derner, Nora

Konzeptionierung von Prozessrouten zur Verarbeitung von 3D-Scandaten einer Einzelblattelektrode in ein Finite-Ele-mente-Netz

Devi, Fara Dina Septiani

Potentialanalyse zur Prozessintegration zukunftswei-sender Fügetechnologien zum Rührreißschweißen auf 5-Achs-CNC-Werkzeugmaschinen

Dierolf, Lukas Sebastian

Entwicklung eines Akzeptanzmodells für die Implementie-rung von digitalem Shopfloor Management

Dilger, Luca Johannes

Methode zur Nachhaltigkeitsanalyse und Entscheidungs-befähigung bei der Herstellung von Komponenten von Handhabungssystemen

Dukic, Pantelija

Prozesskühlung der Zukunft: Untersuchung eines Innovati-ven Kühlschmierkonzepts

Dürr, Christine

Umsetzung von Lean Production in der Feinlayoutplanung einer Greenfield-Fabrikhalle

Eckert, Martin

Technologien für den Menschen oder Menschen für die Technologie: Designanforderungen für menschenzentrierte Assistenzsysteme in der Produktion

Eiermann, Sven

Konzeptentwicklung und Konstruktion eines Handhabungs- und Schneidsystems zur kontinuierlichen Membrane-Electrode-Assembly-Fertigung

Elias, Patrick

Entwicklung eines Modells zur Messung der Ausprägung von Industrie 4.0 für die Prozessschritte des Formierens, Entgasens, Verschleißens und Falten in der Batteriezellproduktion

Enslin, Carl-Leandro

Bildbasierte Anomalie-Erkennung bei Motoranlassern auf Basis von unüberwachtem Maschinellen Lernens mit synthetischen Trainingsdaten

Enslin, Louis-Elias

Kamerabasierte Punktlokalisierung auf Oberflächen von verformungsbehafteten Li-Ion-Traktionsbatteriemodulen für die automatisierte Demontage

Ernstberger, Stephan Carl

Weiterentwicklung eines Python basierten Tools zur Analyse der Gesamtanlageneffektivität mittels KI

Esser, Maria Franziska

Definition von zirkulären Geschäftsmodellen für eine digitale Datenplattform

Felk, Brian Dennis

Roboterbasiertes Entschrauben - Systemintegration und systematischer Vergleich von Suchstrategien zur Formschlussstellung

Ferrini, Rafael

Analyse von Vorgehensweisen zur Optimierung des Maschinenanlaufs in der Batteriezellproduktion

Gabriel, Philip Mike

Entwicklung eines Implementierungsvorgehens für das digitale Shopfloor Management mit Hilfe eines modularen digitalen Shopfloor Management Baukastens

Gäbele, Jonas

Entwicklung und Implementierung eines Reinforcement-Learning basierten Ansatzes zur automatisierten Produkterfassung

Gamer, Katharina Luisa

Digitale Produktzwillinge für die mobile Stromzuführung – Der Weg zum Predictive Maintenance am Beispiel der Digitalisierung einer Federleitungstrommel

Gneiting, Steffen Peter

Clusteranalyse eines Kundenstamms für die Entwicklung eines individuellen Anreizprogramms zum Ausgleich von Nachfrageschwankungen

Goede, Oskar Frederik

Ermittlung von Auslegungskenngrößen für leichte Greifsysteme

Grimm, Adrian

Modellierung der Produktionskosten von zylindrischen Lithium-Ionen-Zellen

Gül, Harun

Anwendung von Verfahren des Operations Research zur Optimierung der Produktionsplanung

Halupka, Oliver Patrick

Analyse des Einflusses der Prozessparameter additiv gefertigter Polymerbauteile auf die Aktivierung von integrierten Formgedächtnislegierungsdrähten

Hartung, Leonie

Entwicklung eines Lehrkonzepts für die Vorlesung „Künstliche Intelligenz in der Produktion“

Heege, Sören Lars

Entwicklung einer Methodik zur Kategorisierung und Erstbeurteilung von Wandlungstreibern

Herbst, Kathrin

Optimierung von Investitionsentscheidungen durch Erstellung eines Prozesses zur Entscheidungsunterstützung bei Maschineninvestitionen

Heyerhoff, David

Die Entwicklung eines KI-Modells für die Stapelbildung von Lithium-Ionen-Batteriezellen

Hieske, Moritz

Entwicklung einer Entscheidungsunterstützung im Fahrzeugfertigstellungsprozess für effiziente Nacharbeit

Hild, Tom

Experimentelle Untersuchung der Prozesskette für das Additive Repair von defekten Kunststoffbauteilen mit einem additiv-subtraktiven FFF-Verfahren

Hirsch, Tobias Michael

Produktionssteuerung von rekonfigurierbaren Matrix-DEMONTAGEPRODUKTIONSSYSTEMEN IM REMANUFACTURING MIT HILFE VON DEEP REINFORCEMENT LEARNING

Hoell, Marieke

Datenmodell für das dezentrale Datenmanagement von Digitalen Zwillingen in der Produktion

Hoesch, Frederik

Entwicklung eines Versuchsaufbaus zur Verdrillung von Kohlenstofffasern für die additive Herstellung von Faserkunststoffverbunden

Hofmann, Kai Niklas

Konzept zur Inbetriebnahme eines Extruders in der Batteriezellproduktion und Validierung an einem Schneckenextruder im Prozessschritt Mischen

Hofmann, Maximilian

Konstruktion eines Logistikmoduls für die agile Batteriezellenfertigung

Holtzwardt, Tassilo

Vorhersage nächster Konstruktionsschritte im computergestützten Design mit Hilfe von maschinellem Lernen

Holzhauser, John Achim

Zukunftsfähiges Fehlermanagement in produzierenden Unternehmen durch semantische künstliche Intelligenz

Hörner, Marie Charlotte

Experimentelle Untersuchung des Werkzeugverschleißes und der Oberflächenqualität bei der Fräsbearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen

Hu, Jiyang

Ein Ansatz zur Anomalie-Analyse im Schraubprozess mittels Maschinellen Lernens

Huang, Yiyang

Operationalisierung der Mitarbeiterzufriedenheit im Kontext der Industrie 4.0 - Kontinuierliche Bewertung der Mitarbeiterproduktivität

Hugger, Simon Marius

Konzeption und Bewertung datenbasierter Regelungs-algorithmen am Beispiel von Formgebungsprozessen im Kontext der Statorproduktion

Ihrig, Lena Brigitte

Konzeptionierung und Umsetzung einer gewerkeübergreifenden Qualitätsmerkmalsplanung im Rahmen der Anlaufexzellenz

Ismaili, Xhafer

Simulation der Strömung in additiv gefertigten innenliegenden Kühlkanälen mittels CFD unter Berücksichtigung der Oberflächenrauheit

Jäcklein, Philipp

Entwicklung eines Reifegradmodells für die Digitalisierung globaler Produktionsnetzwerke unter Berücksichtigung gegenwärtiger Megatrends

Jakiel, Lukas Christian

Konzept zur Arbeitsplanerstellung für Konfigurationsprodukte unter Berücksichtigung der Unterschiede in der Arbeitsvorbereitung gegenüber Standard- und Einzelprodukten

Jakob, Maurice Aimé

Entwicklung eines Algorithmus zur Just-In-Time-Bewegungsoptimierung von FANUC-Industrierobotern

Kagon, Matthias Erich

Experimentelle Untersuchungen zum Trennen von Klebeverbindungen bei Lithium-Ionen-Batterien

Kaiser, Daniel

Entwicklung eines Versuchsstands zur Validierung der Stapelgenauigkeit von Elektroden beim Einzelblattstapeln

Kalanj, Milica

Recherche, Untersuchung und Bewertung von 3D-Vision-Systemen zur Roboterführung

Kaltwasser, Florian Martin

Gemischt-ganzzahlige Optimierung in modularen Produkten: Bewertung der Güte von modular aufgebauten Tragwerken im Hinblick auf Nacharbeit

Kammerer, Andreas

Optimierung einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) für einen neuartigen Laser-Sinterprozess mit Endlosfaserverintegration

Kansoh, Mohammed

Potentiale zur Verkettung von laserbasierten Fertigungsverfahren

Karaagac, Özge

Untersuchung des Einflusses von rheologischen Fluideigenschaften auf die Prozessstabilität von simultanen Mehrlagenbeschichtungen (für Li-Ionen-Batterie-Elektroden)

Karl, Maxime

Entwicklung eines optischen Messsystems zur Positionsbestimmung von Elektroden für die Herstellung von Batteriezellen

Kaufmann, Felicia Agnes Josefa

Modellierung des dynamischen Verhaltens eines Fräsbearbeitungszentrums auf Basis maschinellem Lernens

Kaup, Julius Karl-Heinz

Entwicklung, Konstruktion und Finite-Elemente-Simulation eines modularen Lagersitzes im Rahmen eines Prüfstandes von Kugelgewindetrieben

Keller, Jakob

Identifikation von Anforderungen an ein Simulationstool zur Abbildung von CO2-Bilanzen in der Produktion

Kienzler, Raphael

Auswirkungen der Datenverfügbarkeit und -qualität auf das Verhalten eines Digitalen Zwillinges eines Produktionssystems

Kill, Hannah Sophie

Experimentelle Untersuchung kurzfaserverstärkter Thermoplaste zur Hybridisierung von UD-Tapes im FFF-Verfahren

Kirmse, Alexander

Weiterentwicklung eines KI Verfahrens zur Klassifikation sowie methodische Potenzialeinschätzung in Produktionsanlagen

Kirner, Jonas Niklas

Automatisierte Erstellung einer Applikationsmodellierung basierend auf einem digitalen Zwilling als Basis Model eines globalen Produktionsnetzwerkes

Kistner, Sebastian

Vorbereitung einer Faserblasanlage für die Herstellung Pilzmyzel-basierter Produkte

Kläger, Konstanze

Entwicklung eines Lehrkonzepts für die Vorlesung „Künstliche Intelligenz in der Produktion“

Knop, Theresa Charlotte

Entwicklung eines Konzepts für die Einführung von Remanufacturing in globalen Produktionsnetzwerken

Kohnle, Fabian

Bildverarbeitungs-basierte Überwachung von Zerspanungswerkzeugen mit maschinellem Lernen in einer industriellen Umgebung

Konermann, Lisa Johanna

Bewertung hochflexibler Fertigungssysteme anhand eines digitalen Zwillinges

Krause, Jonathan-Fridtjof

Konstruktion und Inbetriebnahme einer Hochpräzisions-Aktuatorik für die flexible Batterieproduktion

Kreusel, Alexander Matthias

Entwicklung einer Methodik zur Qualitätssicherung additiv gefertigter, faserverstärkter Kunststoffbauteile mittels Computertomographie

Kreuzberger, Sarah

Bewertung agiler Demontagesysteme für den industriellen Einsatz im Remanufacturing am Beispiel der „AgiProbot“-Fabrik

Krippner, Hannah

Definition von Anwendungsfeldern für Digitale Zwillinge globaler Produktionsnetzwerke

Kröck, Michael

Konzept eines Technologieinformationsmodells zur Optimierung des Leichtbaus und der Ressourceneffizienz

Kruck, Nikolas

Experimentelle Untersuchung der Reinigungswirkung auf die Abreinigung stereolithographisch gefertigter Leiterbahn-Kunststoff Multimaterialproben

Kübler-Tesch, Constantin

Untersuchung der Segmentierungsfrequenzen beim Außenlängsdrehen von Ti-6Al-4V zur Prognose des Werkzeugverschleißes

Kudlik, Lisa

Erkennung von Maschinenpositionen anhand von Mitarbeiterlokalisierungsdaten und anschließende Produktionsoptimierung

Kurz, Florian Nikolas

Konzeption einer modularen, adaptierbaren Feinstanze für Li-Ionen-Batterieelektroden mit Schnittstellen zur Sensorintegration

Kwade, Timon

Entwicklung einer Systematik zur Fehlerkettenanalyse zur Erkennung von Störungen in Produktionsmaschinen

Lachenmaier, Philipp

Simulation und Optimierung einer Produktionssteuerung: Kapazitätsplanung einer Produktionslinie für Betonfertigteile

Lange, Patrick

Materialflusssimulation anhand von Produktionsdaten – Validierung und Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit

Lehmann, Botho

Entwicklung eines digitalen Zwillings für die flexible und kontinuierliche Stapelbildung von Lithium-Ionen-Batteriezellen

Li, Chao

Bildverarbeitung zur Erkennung der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren

Lickert, Clara

Entwicklung von Vorlesungseinheiten zur Nachhaltigen Produktionswirtschaft in den Grundlagen des Maschinenbaustudiums

Linder, Marco

Entwicklung eines Dickenmessmoduls für Batterieelektroden

Liske, Miriam

Analyse der User Experience für das Remanufacturing durch die Nutzung einer App im Automotive Aftermarket für elektronische Produkte

Lorei, Isabelle

Weiterentwicklung eines Prozessplanungstools für die automatisierte Steuerung eines hybriden additiv-subtraktiven Fertigungsprozesses

Lübben, Felix

Entwicklung, Verifikation und Validierung eines Montagekonzepts für einen Tracking-Sensor zum Einsatz in rauen Umgebungen

Ma, Zhen

Entwicklung eines Trainingskonzepts für die digitale Produktionsplanung und -steuerung in Lernfabriken

Maier, Romina

Entwicklung und Konstruktion eines Endeffektors zum flexiblen Heißsiegeln von Lithium-Ionen-Pouch-Zellen

Maier, Tim

Entwicklung eines verketteten FEM-Simulationsmodells zur Vorhersage der Stapelgenauigkeit in der Batteriezellfertigung

du Maire, Johanna Friederike

Bedeutung von Menschzentrierung, Resilienz und Nachhaltigkeit für produzierende Unternehmen: Eine literaturbasierte Ableitung von Handlungsempfehlungen

Mast, Friedrich

Entwicklung ereignisbasierter Planungsstrategien für die Kapazitätsterminierung eines Matrix-Produktionssystems im Remanufacturing

Maul, Tristan Christoph

Modellierung von Unsicherheiten in einer ereignisdiskreten Ablaufsimulation unter Berücksichtigung variabler Produkteigenschaften

Menke, Veit

Konzeptualisierung und Entwicklung eines Schrauben Greifsystems für das Remanufacturing

Merforth, Martin

Ermittlung und Bewertung des Potenzials eines Einsatzes von Gamification im Produktionsumfeld mittels einer empirischen Studie in der Lernfabrik des wbk Instituts für Produktionstechnik

Mertins, Nina

Entwicklung und Bewertung eines Systems zur Objekterkennung und Klassifikation von Gewebeprobe

Meyer, Mick-Laurenz

Entwicklung eines Algorithmus zur Posenbestimmung einer Kamera relativ zu einem Werkstückkoordinatensystem unter Verwendung von CAD-Daten

Mittl, Franziska Katherina

Untersuchung von Interdependenzen im Tiefziehprozess verschiedener Aluminiumverbundfolien für die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien

Mohr, Johannes Reinhard

Konzipierung und Implementierung eines Prozessplanungsmodells zur Dokumentation anlaufrelevanter Prozesse in der Automobilindustrie

Moser, Moritz

Ausarbeitung eines Lehrkonzepts zur Vermittlung von Marketing und Supply Chain Management Grundlagen in der Produktion unter Betrachtung des Einflussfaktors Nachhaltigkeit

Müller, Timo

Heuristische Materialflusssteuerung für ein agiles Matrix-Produktionssystem im Remanufacturing

Muralitharan, Saruban

Analyse der Anforderungen eines Handhabungssystems hinsichtlich Leichtbaupotenzialen

Müschelborn, Holger

Analyse und Optimierung von Fertigungsprozessen mittelständischer Unternehmen am Beispiel der „Glas Trösch GmbH“ in Memmingen

Naber, Lukas Alexander

Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zum automatisierten Eindringen vorverformter und gespannter Formgedächtnislegierungsdrähte im Arburg freeformers

Natarajan, Siddesh

Modellierung der im Wälzschalen hergestellten Oberflächen im Umfeld der Fertigung für die Elektromobilität

Nelges, Christoph

Entwicklung eines Algorithmus zur Zerlegung von globalen Produktionsnetzwerken in Subnetzwerke mithilfe von Clustering

Niemczyk, David

Auswahl und Implementierung einer Methodik zur quantitativen Bewertung von Schnittkantenschäden an Separatoren mittels Bildverarbeitung

Nilles, Mika

Simulationsbasierte Optimierung des Produkt- und Informationsrückflusses in der Rückwärtslogistik zur Optimierung der Beschaffung im Remanufacturing

Ouroulis, Chrysovalantis Iordanis

Praktische Einflussanalyse bei der Herstellung von Kompaktspulen elektrischer Maschinen

Patel, Vatsal

Aufbau einer Wissensbasis zur automatisierten Reinigung von VPP-Bauteilen

Pawar, Shriram

Entwicklung eines automatisierten Rohmaterial-Zuführsystems für eine autonome CNC-Fertigung

Pérez Valette, Farah Jeannette

Einfluss der Anzahl der Projektionen auf die Bild- und Mesqualität in der industriellen Computertomographie

Person, Linus Georg

Entwicklung eines Analysetools zur Auswertung von Messdaten eines Fräsbearbeitungszentrums auf Basis von Python

Peters, Christian Georg

Analyse von Lerneffekten in einem hybriden Produktionssystem

Pietsch, Carissima Pauline

Entwicklung von keramischen Grünteilen mittels kunststoffgebundenem Gießen zur Untersuchung des Einflusses der Sintertemperatur auf die Eigenschaften keramischer Bauteile

Popp, Levin

Experimentelle Untersuchung eines neuen Zellstapelbildungsverfahrens

Quendt, Niklas Konstantin

Wandlungsstrategien für flexible Batteriefertigungsverfahren

Reith, Johannes

Prozessbegleitende Prüfmethode in der Laserkontaktierung von Kupferflächdrähten am Beispiel der Statorfertigung

Ritt, Francesca

Entwicklung von Funktionsdemonstratoren mit integrierten Schaltungen im VPP Prozess

Rosenhahn, Constantin William

Aufbau und Inbetriebnahme eines Stereokamerasystems zur Bilderkennung von Druckschichten beim Wire Arc Additive Manufacturing

Sandhanwalia, Karanbir Singh

Entwicklung und Konstruktion eines innovativen Stapelmoduls für die Batteriezellfertigung

Schadt, Paul

Experimentelle Optimierung eines hybriden additiv-subtraktiven Fertigungsprozesses mit Handhabungsroboter

Schemenz, Felix Sigurd

Methode zur Erstellung eines dreidimensionalen Modulbaukastens für die Planung von Produktionssystemen

Schmidt, Beke Marie

Entwicklung eines Vorgehens zur Steigerung des digitalen Reifegrades hinsichtlich der Datenverfügbarkeit und IT-Hardware im Shopfloor Management

Schmitt, Simon Alexander

Konzeptionierung und Entwicklung eines modularen Toolkits zur Wissensextraktion und Datenanalyse im Kontext eines Digital Quality Management Systems für Zero Defect Manufacturing

Schnell, Levin

Verschleißminderung durch simulative geometrische Optimierung der Austrageinheit des ARBURG freeformers

Schragmann, Clara Katharina

Entwicklung einer Anomalie-Detektion mit einem Inpainting-Ansatz für das Remanufacturing

Schrauth, Fionn Sebastian Johannes

Prozesstechnische Optimierung der Rauheit additiv gefertigter (PBF-LB) Bauteile

Schrötte, Vincent

Entwicklung eines iterationsbasierten Vorgehens zur Steigerung des digitalen Reifegrades im Shopfloor Management

Sener, Can

Experimentelle Entwicklung einer optimalen Reinigungskombination zur Abreinigung stereolithografisch gefertigter Leiterbahn-Kunststoff Multimaterialbauteile

Simon, Mara

Entwicklung eines Beschreibungsmodells für das Entscheidungsproblem der strategischen Netzwerkgestaltung

Sota Mielke, Carlos Lucas

Erstellung einer Methodensammlung zur produktbasierten CO₂-Bilanzierung und Möglichkeiten ihrer Anwendung

Spintzyk, Alexander

Simulative und experimentelle Untersuchung zum Entstehungsprozess einer Wärmeeinflusszone bei der Endlosfasereintegration im Laser-Sinterprozess

Stark, Moritz

Produktionsprinzipien und Optimierungsmethoden für Fertigungen in der Electronic Manufacturing Services (EMS)-Branche

Ströhle, Moritz

Entwicklung und Konstruktion der Faservorbereitung einer Faserblasanlage zur serienreifen Herstellung Pilzmyzel-basierter Produkte

Stumpe, Julius

Entwicklung einer Versuchsreihe für das Zerspanen von Fügeverbindungen bei Lithium-Ionen Traktionsbatterien

Teboul, Axel

Entwicklung einer digitalen Prozesskette für die non-planare additive Fertigung mit einem 5DOF-Roboterarm

Tenzler, Anton Wieland

Implementierung und Validierung einer KI-basierten Modellierungsmethodik zur Bestimmung von Materialparametern im Kontext der Statorproduktion

Topp, Nils

Analyse und Vergleich von Ansätzen zur Technologiekettenplanung

Tran, Nhung

Leichtbauoptimierte Auswahl von Greifsystemen

Vankadari, Eshwar

Untersuchung der Kalandrierung und mechanische Charakterisierung von Elektroden für Natrium-Ionen Batterien

von Velsen, Lauritz

Entwicklung eines Vorgehens zur monetären Bewertung von Industrie 4.0-Implementierungsstrategien

Vliegen, Matthias

Konstruktion und Validierung zweier mechanischer Reinigungsstationen für die stereolithografische Multimaterialfertigung

Vogt, Lukas Samuel

Bedarfsanalyse und Potenzialuntersuchung der badbasierten Photopolymerisation (VPP-LED) zur Herstellung poröser Strukturen

Voigtländer, Steffen

Simulation und Fabrikplanung für die hochflexible Batteriezellfertigung

Völger, Lukas

Design of Experiments (DoE) zur Optimierung einer SLS-Anlage zur additiven Herstellung von endlosfasereintegrierten Kunststoffbauteilen

Wang, Yijun

Ein Ansatz zur Entwicklung eines digitalen Geschäftsmodells durch die Anwendung von Blockchain

Weber, Timo Johannes

Auswahl und Integration von Hochgeschwindigkeitsmesstechnik in eine Versuchsanlage zur Elektrodenbeschichtung

Weick, Niklas

Risikomanagement für die Entwicklung einer digitalen Plattform zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft

Weimann, Christian

Entwicklung eines Verfahrens zur Anomalie-Detektion unter Nutzung eines Split-Brain Autoencoders

Wetzel, Sarah

Erklärbare KI - Identifikation von Anwendungsfällen und Bewertung von Potentialen auf der Grundlage des RAMI 4.0 Modells

Wiggert, Nicola

Assistenzsystem zur Identifikation von Anomalien beim Linearwickeln von E-Motoren

Wittenhagen, Johannes

Konzeption eines Schulungsmoduls „Digital Leadership auf dem Shopfloor in der variantenreichen Serienproduktion“ für die Lernfabrik Globale Produktion

Wu, Zhengting

Entwicklung eines Lösungskonzeptes für die Energieversorgung von drahtlosen Sensornetzwerken zur Zustandsüberwachung von Zahnrädern

Xanthakis, Vasileios

Entwicklung und Validierung einer Steuerung für einen kontinuierlichen Mischprozess in der Batteriezellproduktion

Xia, Zhishen

Entwicklung einer anwendungsorientierten Schulung zu Gebrauchtproduktmontage und Remanufacturing für KMU

Yao, Runqi

Konstruktion eines Logistikmoduls zur flexiblen Batteriezellfertigung

Yildirim, Samet

Modellierung des Abrasive Flow Machinings zur Nachbearbeitung innenliegender Kühlkanäle bei additiv gefertigten Bauteilen mittels Diskreter Elemente Methode

Zabal, Béla Raoul

Konzeption und Implementierung einer IIoT-Cloud-Anwendung für additive Fertigungsprozesse

Zhao, Yingchen

Design eines Brennstoffzellen-Bipolarplatten-Positionsmesssystems basierend auf Bildverarbeitungstechnologie

Zhou, Hanlin

Fehler in der PEM-Brennstoffzellenfertigung und deren Ursache sowie Auswirkung auf das Betriebsverhalten

Zimmermann, Tim

Methodik zur automatisierten Identifikation von Konstruktionselementen für die variantenflexible Formgebung von Hairpin-Steckspulen

Veröffentlichungen

(November 2021 bis Oktober 2022)

**Dissertationen
2022**

Bretz, L. (2022, Juli 7). Function-oriented in-line quality assurance of hybrid sheet molding compound. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000147740

Klee, B. (2022, Juli 21). Analyse von Phaseninformationen in Videodaten zur Identifikation von Schwingungen in Werkzeugmaschinen. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000147734

Kupzik, D. (2022, Juli 26). Robotic Swing Folding of three-dimensional UD-tape-based Reinforcement Structures. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000148881

Rothaupt, B. (2022, August 23). Dämpfung von Bauteilschwingungen durch einstellbare Werkstückdirektspannung mit Hydrodehnspanntechnik. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000149686

Ruhland, P. (2022, Februar 2). Prozesskette zur Herstellung von hybriden Faser-Metall-Preforms - Modellbildung und Optimierung des Binderauftrags und der Drapierung für stabförmige Bauteile. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000142541

Schild, L. (2022, Juli 21). Erzeugung und Verwendung von Anwendungswissen in der industriellen Computertomographie. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000144753

Vargas, B. (2022, August 5). Wälzschälern mit kleinen Achskreuzwinkeln : Prozessgrenzen und Umsetzbarkeit. Dissertation. Shaker Verlag.

Verhaelen, B. (2022, August 23). (De-)Zentralisierung von Entscheidungen in globalen Produktionsnetzwerken - Strategie- und komplexitätsorientierte Gestaltung der Entscheidungsautonomie. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000149635

2021

Hofmann, C. C. (2021, November 22). Vorausschauende und reaktive Mehrzieloptimierung für die Produktionssteuerung einer Matrixproduktion. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000140121

Moll, P. (2021, Oktober 20). Ressourceneffiziente Herstellung von Langfaser-Preforms im Faserblasverfahren. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000138959

Segebade, E. T. (2021, November 23). Erhöhung der Verschleißbeständigkeit von Bauteilen aus Ti-6Al-4V mittels simulationsgestützter Zerspaltung und mechanischer Mikrotexturierung. Dissertation. Shaker Verlag.

Yang, S. (2021, Dezember 6). Regionalized implementation strategy of smart automation within assembly systems in China. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000140407

**Buchaufsätze
2022**

Rieß, S.; Wiedemann, J.; Coutandin, S.; Fleischer, J. (2022). Secure Clamping of Parts for Disassembly for Remanufacturing. Annals of Scientific Society for Assembly, Handling and Industrial Robotics 2021. Ed.: T. Schüppstuhl, 79–87, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-74032-0_7

Ruhland, J.; Storz, T.; Köbler, F.; Ebel, A.; Sawodny, J.; Hillenbrand, J.; Gönzheimer, P.; Overbeck, L.; Lanza, G.; Hagen, M.; Tübke, J.; Gandert, J.; Paarmann, S.; Wetzel, T.; Mohacs, J.; Altvater, A.; Spiegel, S.; Klemens, J.; Scharfer, P.; Schabel, W.; Nowoseltschenko, K.; Müller-Welt, P.; Bause, K.; Albers, A.; Schall, D.; Grün, T.; Hiller, M.; Schmidt, A.; Weber, A.; Biasi, L. de; Ehrenberg, H.; Fleischer, J. (2022). Development of a Parallel Product-Production Co-design for an Agile Battery Cell Production System. Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems. Hrsg.: Ann-Louise Andersen, Rasmus Andersen, Thomas Ditlev Brunoe, Maria Stoetturup Schioenning Larsen, Kjeld Nielsen, Alessia Napoleone, Stefan Kjeldgaard, 96–104, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_10

Schäfer, L.; Krahe, C. (2022). KI-Assistenzsysteme in der Produktentwicklung. Potentiale digitaler Führung und Technologien für die Teaminteraktion von morgen : Zwischenbericht des vom BMBF geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojektes im Rahmen des Programms. Hrsg.: G. Lanza, 68 – 74, TEWISS Verl.

Schäfer, E.; Gönzheimer, P.; Kupzik, D.; Brossog, M.; Coutandin, S.; Franke, J.; Fleischer, J. (2022). Web-based platform for planning and configuration of robot-based automation solutions: A retrospective view on the research project ROBOTOP. Annals of Scientific Society for Assembly, Handling and Industrial Robotics 2021. Ed.: T. Schüppstuhl, 387–397, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-74032-0_32



Schubert, J.; Rosen, M.; Zanger, F. (2022). **Concept Development and Validation of Manufacturing Processes for Integrating Current-Carrying Conductors in Ceramic Substrates.** B.-A. Behrens, A. Brosius, W.-G. Drossel, W. Hintze, S. Ihlenfeldt & P. Nyhuis (Hrsg.), Production at the Leading Edge of Technology : Proceedings of the 11th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Dresden, September 2021. Ed. by Bernd-Arno Behrens, Alexander Brosius, Welf-Guntram Drossel, Wolfgang Hintze, Steffen Ihlenfeldt, Peter Nyhuis, 339–348, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-78424-9_38

Zeitschriftenaufsätze 2022

Albers, A.; Rapp, S.; Klippert, M.; Lanza, G.; Schäfer, L. (2022). **Produkt-Produktions-CoDesign: Ein Ansatz zur integrierten Produkt- und Produktionssystementwicklung über Generationen und Lebenszyklen hinweg.** News / Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung, WiGeP, Berliner Kreis & WGMK, (1), 3.

Andreu, A.; Kim, S.; Dittus, J.; Friedmann, M.; Fleischer, J.; Yoon, Y.-J. (2022). **Hybrid material extrusion 3D printing to strengthen interlayer adhesion through hot rolling.** Additive Manufacturing, 55, Art.-Nr.: 102773. doi:10.1016/j.addma.2022.102773

Arndt, T.; Bertram, T.; Bryg, M.; Kipfmüller, M.; Kotschenreuther, J.; Schulze, V. (2022). **Konzept zur Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit durch Kraftkompensation : Drehen mit dem Roboter und mehreren Werkzeugen [Turning with a robot and several tools].** wt Werkstattstechnik online, 112 (10), 722–726. doi:10.37544/1436-4980-2022-10-92

Ayerbe, E.; Berecibar, M.; Clark, S.; Franco, A. A.; Ruhland, J. (2022). **Digitalization of Battery Manufacturing: Current Status, Challenges, and Opportunities.** Advanced Energy Materials, 12 (17), Art. Nr.: 2102696. doi:10.1002/aenm.202102696

Baranowski, M.; Scholz, J.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Flexible Anbindung von Maschinen in der Produktion.** VDI-Z, 164 (7-8), 76–78. doi:10.37544/0042-1766-2022-07-08

Baranowski, M.; Schlotthauer, T.; Netzer, M.; Gönnheimer, P.; Coutandin, S.; Fleischer, J.; Middendorf, P. (2022). **Functional Integration of Subcomponents for Hybridization of Fused Filament Fabrication.** International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 11 (5), 319–325. doi:10.18178/ijmerr.11.5.319-325

Baumgärtner, J.; Miller, T. (2022). **TriP: A Python package for the kinematic modeling of serial-parallel hybrid robots.** Journal of Open Source Software, 7 (71), 3967. doi:10.21105/joss.03967

Beyerer, J.; Bretthauer, G.; Hofmann, C.; Lanza, G. (2022). **Wandlungsfähige Produktion für die Kreislaufwirtschaft.** at - Automatisierungstechnik, 70 (6), 501–503. doi:10.1515/auto-2022-0063

Brand, J.; Heider, I.; Schmid, D.; Friedmann, M.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2022). **Effiziente Implementierung von KI-Anwendungen : Ansätze zur Erhöhung der Verwertbarkeit von KI-Anwendungen bei produzierenden KMUs = Practical implementation of AI applications.** WT Werkstattstechnik, 112 (7-8), 506–510. doi:10.37544/1436-4980-2022-07-08-60

Brützel, O.; Thiery, D.; May, M.; Lanza, G. (2022). **Optimierung einer Materialflusssteuerung zur Energieeffizienzerhöhung in der Produktion.** ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (9), 591–596. doi:10.1515/zwf-2022-1106

Böttger, D.; Strass, B.; Wolter, B.; Güray, A.; Gauder, D.; Schulze, V.; Lanza, G. (2022). **In-situ material analysis with micro-magnetics and ML methods – Detection of quality-critical features on AISI4140 with micromagnetic NDT [Detektion qualitätskritischer Merkmale an AISI4140 mit mikromagnetischer ZfP-Prüftechnik In-situ Materialanalyse mit Mikro-magnetik und ML-Verfahren].** wt Werkstattstechnik online, 112 (11-12), 797–801. doi:10.37544/1436-4980-2022-11-12-71

Czink, S.; Dietrich, S.; Schulze, V. (2022). **Ultrasonic evaluation of elastic properties in laser powder bed fusion manufactured AISi10Mg components.** NDT & E International, 132, Article no: 102729. doi:10.1016/j.ndteint.2022.102729

Damon, J.; Czink, S.; Schübler, P.; Antusch, S.; Klein, A.; Send, S.; Dapprich, D.; Dietrich, S.; Schulze, V. (2022). **Mechanical surface treatment of EBM Ti6Al4V components: Effects of the resulting surface layer state on fatigue mechanisms and service life.** Materials Science and Engineering: A, 849, Art.-Nr. 143422. doi:10.1016/j.msea.2022.143422

Demetgül, M.; Gu, M.; Jonas, H.; Zhao, Y.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2022). **Misalignment Detection on Linear Feed Axis with FFT and Statistical Analysis using Motor Current.** Journal of Machine Engineering, 22 (2), 31–42. doi:10.36897/jme/147699

Diaz Ocampo, D.; Heizmann, M.; Pachnek, F.; Kübler-Tesch, C.; Zanger, F. (2022). **Wear detection during longitudinal turning with AE [Erkennung von Werkzeugverschleiß beim Außenlängsdrehen mittels akustischer Emissionen Verschleißerkennung beim Außen-**

längsdrehen mit AE]. wt Werkstattstechnik online, 112 (11-12), 779–782. doi:10.37544/1436-4980-2022-11-12-53

Dvorak, J.; Kandler, M.; Clever, F.; Mahanty, W.; Beiner, S.; Lanza, G.; Kinkel, S. (2022). **Der Mensch im Fokus : Integration von Assistenzsystemen entlang einer Montagelinie für Elektromotoren = Focus on People : Integration of Assistance Systems along an Assembly Line for Electric Motors.** ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (6), 415–418. doi:10.1515/zwf-2022-1071

Ellersiek, L.; Menze, C.; Sauer, F.; Denkena, B.; Möhring, H.-C.; Schulze, V. (2022). **Evaluation of methods for measuring tool-chip contact length in wet machining using different approaches (microtextured tool, in-situ visualization and restricted contact tool).** Production Engineering, 16 (5), 635–646. doi:10.1007/s11740-022-01127-w

Englert, L.; Heuer, A.; Engelskirchen, M. K.; Frölich, F.; Dietrich, S.; Liebig, W. V.; Kärger, L.; Schulze, V. (2022). **Hybrid material additive manufacturing: interlocking interfaces for fused filament fabrication on laser powder bed fusion substrates.** Virtual and Physical Prototyping, 17 (3), 508–527. doi:10.1080/17452759.2022.2048228

Netzer, M.; Palenga, Y.; Fleischer, J. (2022). **Machine tool process monitoring by segmented timeseries anomaly detection using subprocess-specific thresholds.** Production engineering, 16, 597–606. doi:10.1007/s11740-022-01120-3

Fessenmayr, F.; Benfer, M.; Gartner, P.; Lanza, G. (2022). **Selection of traceability-based, automated decision-making methods in global production networks.** Procedia CIRP, 107, 1349–1354. doi:10.1016/j.procir.2022.05.156

Fichtner, M.; Edström, K.; Ayerbe, E.; Berecibar, M.; Bhowmik, A.; Castelli, I. E.; Clark, S.; Dominiko, R.; Erakca, M.; Franco, A. A.; Grimaud, A.; Horstmann, B.; Latz, A.; Lorrmann, H.; Meeus, M.; Narayan, R.; Pammer, F.; Ruhland, J.; Stein, H.; Vegge, T.; Weil, M. (2022). **Rechargeable Batteries of the Future—The State of the Art from a BATTERY 2030+ Perspective.** Advanced Energy Materials, 12 (17), 2102904. doi:10.1002/aenm.202102904

Fleischer, J.; Fraider, F.; Köbler, F.; Mayer, D.; Wirth, F. (2022). **Agile Production Systems for Electric Mobility.** Procedia CIRP Volume 107, 107, 1251–1256. doi:10.1016/j.procir.2022.05.140

Frey, A. M.; Pampus, O.; Stadler, F.; Erdler, G.-A.; Lanza, G. (2022). **Anwendung von Datenanalyse im Qualitätsmanagement : Ein integriertes Vorgehensmodell = Application of Data Analysis in Quality Management : An Integra-**

ted Process Model. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (4), 182–186. doi:10.1515/zwf-2022-1043

Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Automated Configuration of Modular Gripper Fingers.** Procedia CIRP, 106, 70–75. doi:10.1016/j.procir.2022.02.157

Friedmann, M.; Schabel, S.; Gerber, J.; Döhring, A.; Meschter, L.; Fleischer, J.; May, M. (2022). **Modularer Baukasten für die Erstellung anwendungsspezifischer Greiffinger: Greiffinger für eine schnelle Rekonfiguration.** wt Werkstattstechnik online, 112 (09), 629–634. doi:10.37544/1436-4980-2022-09-101

Friedmann, M.; Schabel, S.; Gerber, J.; Döhring, A.; Meschter, L.; Fleischer, J.; May, M. (2022). **Greiffinger für eine schnelle Rekonfiguration.** wt Werkstattstechnik online, 2022, 629–634.

Gauder, D.; Gözl, J.; Bott, A.; Jung, N.; Lanza, G. (2022). **Inline qualification of focus variation metrology for a series production of micro gears = Inline-Qualifizierung der Fokusvariations-Messtechnik für die Serienproduktion von Mikrozahnradern.** tm - Technisches Messen, 89 (9), 594–611. doi:10.1515/teme-2022-0047

Gauder, D.; Gözl, J.; Bott, A.; Lanza, G. (2022). **Comparative analysis between single flank rolling test for micro gears and analytical simulation of optical measurements = Vergleichende Analyse zwischen der Einflankenwälzprüfung für Mikrozahnradern und der analytischen Simulation von optischen Messdaten.** tm - Technisches Messen, 89 (9), 580–593. doi:10.1515/teme-2022-0041

Gauder, D.; Biehler, M.; Gözl, J.; Schulze, V.; Lanza, G. (2022). **In-process acoustic pore detection in milling using deep learning.** CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 37, 125–133. doi:10.1016/j.cirpj.2022.01.008

Gauder, D.; Gözl, J.; Hornung, N.; Lanza, G. (2022). **Uncertainty determination of a novel single flank rolling test facility for micro spur gears.** CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 39, 332–344. doi:10.1016/j.cirpj.2022.08.014

Gerlitz, E.; Greifenstein, M.; Kaiser, J.-P.; Mayer, D.; Lanza, G.; Fleischer, J. (2022). **Systematic Identification of Hazardous States and Approach for Condition Monitoring in the Context of Li-ion Battery Disassembly.** Procedia CIRP, 107, 308–313. doi:10.1016/j.procir.2022.04.050

Guérand, B.; Scheer, F.; Demetgül, M.; Fleischer, J. (2022). **Deep Learning for the Detection of Car Flap States.** Journal of WSCG, 2022, 142–151. doi:10.24132/CSRN.3201.18

Gönnheimer, P.; Netzer, M.; Lange, C.; Dörflinger, R.; Armbruster, J.; Fleischer, J. (2022). **Datenaufnahme und -verarbeitung in der Brownfield-Produktion : Studie zum Stand der Digitalisierung und bestehenden Herausforderung im Produktionsumfeld = Data Acquisition and Processing in Brownfield Production : Study on the Status of Digitalization and Existing Challenges in the Production Environment.** ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (5), 317–320. doi:10.1515/zwf-2022-1062

Gönnheimer, P.; Ströbel, R.; Netzer, M.; Fleischer, J. (2022). **Generation of identifiable CNC reference runs with high information content for machine learning and analytic approaches to parameter identification.** Procedia CIRP, 107, 734–739. doi:10.1016/j.procir.2022.05.054

González, G.; Sauer, F.; Plogmeyer, M.; Gerstenmeyer, M.; Bräuer, G.; Schulze, V. (2022). **Effect of thermomechanical loads and nano-crystalline formation on induced surface hardening during orthogonal cutting of AISI 4140.** Procedia CIRP, 108, 228–233. doi:10.1016/j.procir.2022.03.040

Halwas, M.; Wirth, F.; Fleischer, J. (2022). **Investigation of the Forming Behavior of Copper Wires for the Compaction of Windings for Electric Machines.** Key Engineering Materials, 926, 1809–1818. doi:10.4028/p-hhpr62

Heinz, D.; Benz, C.; Silbernagel, R.; Molins, B.; Satzger, G.; Lanza, G. (2022). **A Maturity Model for Smart Product-Service Systems.** Procedia CIRP, 107, 113–118. doi:10.1016/j.procir.2022.04.019

Herbst, H.; Rüdiger, T.; Hofmann, C. (2022). **Automatisierung und Einsatz von Robotern im Pathologielabor = Automation and application of robotics in the pathology laboratory.** Der Pathologe, 43 (3), 210–217. doi:10.1007/s00292-022-01073-5

Hilligardt, A.; Schulze, V. (2022). **A holistic approach for gear skiving design enabling tool load homogenization.** CIRP Annals, 71 (1), 85–88. doi:10.1016/j.cirp.2022.03.029

Hofmann, C.; Liu, X.; May, M.; Lanza, G. (2022). **Hybrid Monte Carlo tree search based multi-objective scheduling.** Production Engineering, 17, 133–144. doi:10.1007/s11740-022-01152-9

Höger, K.; Schild, L.; Lanza, G. (2022). **Influence of workpiece orientation for multimaterial measurements in dimensional computed tomography.** The e-journal of nondestructive testing & ultrasonics, 27 (03), Art.-Nr. 26582.

Hilligardt, A.; Klose, J.; Gerstenmeyer, M.; Schulze, V. (2022). **Modelling and prevention of meshing interference in gear skiving of internal**

gears : Conference Proceedings = Modellierung und Vermeidung von Freiflächeninterferenz beim Wälzschälen von Innenverzahnungen. Forschung im Ingenieurwesen/Engineering Research, 86, 673–681. doi:10.1007/s10010-021-00520-8

Hochdörffer, J.; Klenk, F.; Fusen, T.; Häfner, B.; Lanza, G. (2022). **Approach for integrated product variant allocation and configuration adaption of global production networks featuring post-optimality analysis.** International journal of production research, 60 (7), 2168–2192. doi:10.1080/00207543.2021.1884765

Husseini, K.; Schmidgruber, N.; Weinmann, H.; Maibaum, K.; Ruhland, J.; Fleischer, J. (2022). **Development of a Digital Twin for Improved Ramp-Up Processes in the Context of Li-Ion-Battery-Cell-Stack-Formation.** Procedia CIRP, 106, 27–32. doi:10.1016/j.procir.2022.02.150

Husseini, K.; Schmidgruber, N.; Henschel, S.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2022). **Model-Based Optimization of Web Tension Control for the Flexible Cell Stack Assembly of Lithium-Ion Battery Cells.** Energy Technology, 11 (5), Art.-Nr.: 2200679. doi:10.1002/ente.202200679

Jasper, F. B.; Späthe, J.; Baumann, M.; Peters, J. F.; Ruhland, J.; Weil, M. (2022). **Life cycle assessment (LCA) of a battery home storage system based on primary data.** Journal of Cleaner Production, 366, Article: 132899. doi:10.1016/j.jclepro.2022.132899

Jarwitz, M.; Traunekera, D.; Arnim, C. von; Müller, N.; Kramer, S. (2022). **Towards a universal manufacturing node: Requirements for a versatile, laser-based machine tool for highly adaptable manufacturing.** 12th CIRP Conference on Photonic Technologies [LANE 2022], 4-8 September 2022, Fürth, Germany, 111, 816–821. doi:10.1016/j.procir.2022.08.090

Kandler, M.; Dierolf, L.; Bender, M.; Schäfer, L.; May, M. C.; Lanza, G. (2022). **Shopfloor Management Acceptance in Global Manufacturing.** Procedia CIRP, 10th CIRP Global Web Conference – Material Aspects of Manufacturing Processes, 115, 190–195. doi:10.1016/j.procir.2022.10.072

Khan, Z.; Kaiser, J.; Steier, G.; Seeger, T.; Friedli, T.; Lanza, G. (2022). **Entscheidungsfindung in der Gestaltung und Koordination von globalen Produktionsnetzwerken : Eine empirische Studie zur Analyse von Entscheidungsunterstützungsmodellen = Decision-Making in the Design and Management of Global Production Networks : An Empirical Approach Evaluating Decision Support Tools.** ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (9), 522–527. doi:10.1515/zwf-2022-1117

Khezri, A.; Homri, L.; Etienne, A.; Etienne, A.; Dantan, J.-Y.; Lanza, G. (2022). **A Framework for Integration of Resource Allocation and Reworking Concept into Design Optimisation Problem.** IFAC-PapersOnLine, 55 (10), 1037–1042. doi:10.1016/j.ifacol.2022.09.524

Klenk, F.; Gallei, M.; Wurster, M.; Wagner, M.; Peukert, S. (2022). **Potential assessment of an increased exchange of core information for remanufacturing in automotive reverse supply chains.** Procedia CIRP, 105, 446–451. doi:10.1016/j.procir.2022.02.074

Klenk, F.; Kerndl, F.; Heidinger, F.; Benfer, M.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Product allocation and network configuration in global production networks – An integrated optimization approach.** Production Engineering, 17 (1), 117–132. doi:10.1007/s11740-022-01149-4

Kuhn, A. M.; May, M. C.; Liu, Y.; Kuhnle, A.; Tekouo, W.; Lanza, G. (2022). **Towards narrowing the reality gap in electromechanical systems: error modeling in virtual commissioning.** Production Engineering, 17 (3-4), 739–752. doi:10.1007/s11740-022-01160-9

Köbler, F.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2022). **Agile Produktionssysteme in der Batteriezellfertigung.** wt Werkstattstechnik online, 112 (44780), 492–495. doi:10.37544/1436-4980-2022-7-8-46

Lanza, G.; Asfour, T.; Beyerer, J.; Deml, B.; Fleischer, J.; Heizmann, M.; Furmans, K.; Hofmann, C.; Cebulla, A.; Dreher, C.; Kaiser, J.-P.; Klein, J.-F.; Leven, F.; Mangold, S.; Mitschke, N.; Stricker, N.; Pfrommer, J.; Wu, C.; Wurster, M.; Zaremski, M. (2022). **Agiles Produktionssystem mittels lernender Roboter bei ungewissen Produktzuständen am Beispiel der Anlasser-De-montage = Concept of an agile production system based on learning robots applied to disassembly.** at - Automatisierungstechnik, 70 (6), 504–516. doi:10.1515/auto-2021-0158

Lubkowitz, V.; Fischmann, P.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Influence of initial powder layer thickness and focus deviation on the properties of hybrid manufactured parts by Laser Powder Bed Fusion.** 12TH CIRP CONFERENCE ON PHOTONIC TECHNOLOGIES (LANE 2022), 111, 87–91. doi:10.1016/j.procir.2022.08.136

Matkovic, N.; Kupzik, D.; Steidle-Sailer, C.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Novel Robot-Based Process Chain for the Flexible Production of Thermoplastic Components with CFRP Tape Reinforcement Structures.** Procedia CIRP, 106, 21–26. doi:10.1016/j.procir.2022.02.149

Mark, P. (2022). **Genauigkeitsgrenzen modularer Betontragwerke – Teil 2: Probabilistische Bewertung der Montage mit Schraubenverbindung.** Beton- und Stahlbetonbau, 117 (5), 310–323. doi:10.1002/best.202200011

Mangold, S.; Steiner, C.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Vision-Based Screw Head Detection for Automated Disassembly for Remanufacturing.** Procedia CIRP, 105. doi:10.1016/j.procir.2022.02.001

May, M. C.; Neidhöfer, J.; Körner, T.; Schäfer, L.; Lanza, G. (2022). **Applying Natural Language Processing in Manufacturing.** Procedia CIRP, 10th CIRP Global Web Conference – Material Aspects of Manufacturing Processes, 115, 184–189. doi:10.1016/j.procir.2022.10.071

May, M. C.; Kiefer, L.; Kuhnle, A.; Lanza, G. (2022). **Ontology-Based Production Simulation with OntologySim.** Applied Sciences (Switzerland), 12 (3), Art.-Nr.: 1608. doi:10.3390/app12031608

Mayer, D.; Schwab, B.; Fleischer, J. (2022). **Influence of electrode corrugation after calendaring on the geometry of single electrode sheets in battery cell production.** Energy Technology, 11 (5), Art.-Nr.: 2200870. doi:10.1002/ente.202200870

Moll, P.; Xu, J.; Coutandin, S.; Fleischer, J. (2022). **Image based control system for improving fiber injection molding process.** Procedia CIRP, 15th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 14-16 July 2021, Ed.: R. Teti, 112, 430–435. doi:10.1016/j.procir.2022.09.032

Mühlbeier, E.; Oexle, F.; Gerlitz, E.; Matkovic, N.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2022). **Conceptual control architecture for future highly flexible production systems.** Procedia CIRP, 106, 39–44. doi:10.1016/j.procir.2022.02.152

Netzer, M.; Alexander, P.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2022). **Industrielles Transferlernen : Der Schlüssel zur Übertragung von Künstlicher Intelligenz = Industrial Transfer Learning : The Key to Transfer Artificial Intelligence.** ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (9), 597–599. doi:10.1515/zwf-2022-1109

Netzer, M.; Bach, J.; Puchta, A.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2022). **Process Segmented based Intelligent Anomaly Detection in Highly Flexible Production Machines under Low Machine Data Availability.** Procedia CIRP, 107, 647–652. doi:10.1016/j.procir.2022.05.040

Neuenfeldt, P.; Brennenstuhl, F.; Schulze, V. (2022). **Bearbeitungsintensitäten im Tauchgleit-schleifen : Lokale Betrachtungen der Intensität an einem Stirnzahnrad im Tauchgleit-schleifen = Process intensities during stream finishing.** WT Werkstattstechnik, 112 (6), 408–413. doi:10.37544/1436-4980-2022-6-58

Overbeck, L.; Baralija, D.; Silbernagel, R.; Rauen, H.; Fleischer, J.; Lanza, G. (2022). **Digitalisierung in der Supply Chain: Trends und Anwendungsfelder in der Branche der Antriebstechnik des Maschinen- und Anlagenbaus.** *Industrie 4.0 Management*, 2022 (4), 23–27.

Overbeck, L.; Rose, A.; May, M.; Lanza, G. (2022). **Nutzungskonzept für Digitale Zwillinge von Produktionssystemen : Integration in die Organisation und Prozesse der Produktionsplanung = Utilization Concept for Digital Twins of Production Systems : Integration into the Organization and Production Planning Processes.** *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 117 (4), 244–248. doi:10.1515/zwf-2022-1035

Overbeck, L.; Louarn, A. Le; Brützel, O.; Stricker, N.; Lanza, G. (2022). **Comprehensive Validation Metrics and Precise Updating of Digital Twins of Production Systems.** *Simulation Notes Europe*, 32 (3), 135–142. doi:10.11128/sne.32.tn.10613

Pachnek, F.; González, G.; Ocampo, D. D.; Heizmann, M.; Zanger, F. (2022). **Analysis of chip segmentation frequencies in turning Ti-6Al-4V for the prediction of residual stresses.** *Procedia CIRP*, 108, 188–193. doi:10.1016/j.procir.2022.03.033

Pfrommer, J.; Klein, J.-F.; Wurster, M.; Rapp, S.; Grauberger, P.; Lanza, G.; Albers, A.; Matthiesen, S.; Beyerer, J. (2022). **An ontology for remanufacturing systems = Eine Ontologie für Remanufacturing-Systeme.** *at - Automatisierungstechnik*, 70 (6), 534–541. doi:10.1515/auto-2021-0156

Puchta, A.; Schmied, J.; Scharmann, T.; Töpfer, H.; Fleischer, J.; Kampker, A.; Dröder, K.; Daub, R. (2022). **Industrie 4.0 in der Batteriezellproduktion : Systematische Integration von Industrie 4.0 in der Batteriezellproduktion = Systemic integration of Industry 4.0 in battery cell production – Industry 4.0 in battery cell production.** *WT Werkstattstechnik*, 112 (7-8), 496–500. doi:10.37544/1436-4980-2022-07-08-50

Rosen, M.; Klaiber, M.; Schubert, J.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Additive Fertigung von keramischen Mikrostrukturen – Anforderungen, Prozess- und CAD-Designrichtlinien für Rillenkeramiken mit Mikrostrukturen im Einsatzgebiet der Grundlagenforschung in der Atomphysik.** *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 2022 (7-8), 461–466. doi:10.1515/zwf-2022-1095

Schabel, S.; Fleischer, J. (2022). **Scherschneiden von Elektroden für Li-Ionen-Zellen.** *wt Werkstattstechnik online*, 112 (7-8), 487–491. doi:10.37544/1436-4980-2022-7-8-41

Schabel, S.; Fleischer, J. (2022). **Scherschneiden von Elektroden für Li-Ionen-Zellen : Untersuchung der anlagenseitigen Prozessparameter**

und Bewertung der Schnittkantenqualität = Investigation of the plant-side process parameters and evaluation of the cutting edge quality – Shear-cutting of Electrodes for Li-Ion-Cells. *WT Werkstattstechnik*, 112 (7-8), 487–491. doi:10.37544/1436-4980-2022-07-08-41

Schade, F.; Karle, C.; Mühlbeier, E.; Gönninger, P.; Fleischer, J.; Becker, J. (2022). **Dynamic Partial Reconfiguration for Adaptive Sensor Integration in Highly Flexible Manufacturing Systems.** *Procedia CIRP*, 107, 1311–1316. doi:10.1016/j.procir.2022.05.150

Schäfer, L.; Ströhlein, K.; Kandler, M.; Hulla, M.; Ast, J.; Lanza, G.; Nieken, P.; Ramsauer, C.; Nyhuis, P. (2022). **New Competences in a Digitalized Shopfloor – A Modular Training Concept for Learning Factories.** *SSRN eLibrary*, Art.-Nr. 4071822. doi:10.2139/ssrn.4071822

Schäfer, L.; Frank, A.; May, M. C.; Lanza, G. (2022). **Automated Derivation of Optimal Production Sequences from Product Data.** *Procedia CIRP*, 107, 469–474. doi:10.1016/j.procir.2022.05.010

Schäfer, L.; Reichardt, A.-K.; Lanza, G. (2022). **Lösungsmuster zur Produktionssystemplanung : Entwicklung eines integrierten Rahmenmodells und exemplarische Anwendung = Solution Patterns for Production System Planning – Development of an Integrated Framework Model and Exemplary Application.** *wt Werkstattstechnik online*, 112 (04), 243–247. doi:10.37544/1436-4980-2022-04-43

Schäfer, J.; Allmendinger, S.; Fleischer, J. (2022). **Gripper integrated vision guided assembly of PEM fuel cells.** *Procedia CIRP*, 106, 180–184. doi:10.1016/j.procir.2022.02.175

Schild, L.; Sasse, F.; Kaiser, J.-P.; Lanza, G. (2022). **Assessing the optical configuration of a structured light scanner in metrological use.** *Measurement Science and Technology*, 33 (8), Art.-Nr.: 085018. doi:10.1088/1361-6501/ac6e2f

Schiller, V.; Gauder, D.; Götz, J.; Bott, A.; Wannenwetsch, M.; Lanza, G. (2022). **Generatation of Artificial Learning Data to Train Functional Meta-Models of Micro Gears.** *Procedia CIRP*, 114, 67–72. doi:10.1016/j.procir.2022.10.010

Schmidgruber, N.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2022). **Hochproduktive, hydraulische Batteriezellfertigung : Konzept zur hochproduktiven Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien durch hydraulische Pressen = Highly productive, hydraulic battery cell manufacturing - Plan for the highly productive manufacturing of lithium ion batteries using a hydraulic press.** *wt Werkstattstechnik online*, 112 (09), 586–590. doi:10.37544/1436-4980-2022-09-58

Schubert, J.; End, Y.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Exploring the Applicability of Sinterjoining to Combine Additively Manufactured Ceramic Components.** *Procedia CIRP*, 10th CIRP Global Web Conference – Material Aspects of Manufacturing Processes, 115, 18–23. doi:10.1016/j.procir.2022.10.043

Schubert, J.; Weisser, P.; Rosen, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2022). **Process Combination of VPP-LED and Vacuum Die Casting for Producing Complex Ceramic 3D-MID.** *Chemie-Ingenieur-Technik*, 94 (7), 967–974. doi:10.1002/cite.202100208

Schulze, V.; Bleicher, F.; Courbon, C.; Gerstenmeyer, M.; Meier, L.; Philipp, J.; Rech, J.; Schneider, J.; Segebade, E.; Steininger, A.; Wegener, K. (2022). **Determination of constitutive friction laws appropriate for simulation of cutting processes.** *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 38, 139–158. doi:10.1016/j.cirpj.2022.04.008

Schwalm, J.; Gerstenmeyer, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2022). **Hämmerndes Drehen: Hauptzeitparallele Zerspanung und mechanische Oberflächentexturierung.** *wt Werkstattstechnik online*, 2022 (1), 22–27. doi:10.37544/1436-4980-2022-01-02-26

Schwalm, J.; Mann, F.; Gerstenmeyer, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2022). **Main time-parallel mechanical surface treatment and surface texturing during machining.** *Procedia CIRP*, 108, 240–245. doi:10.1016/j.procir.2022.03.042

Schwalm, J.; Gerstenmeyer, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2022). **Hämmerndes Drehen : Hauptzeitparallele Zerspanung und mechanische Oberflächentexturierung = Hammering turning – main time parallel cutting and mechanical surface texturing.** *WT Werkstattstechnik*, 112 (1-2), 22–27. doi:10.37544/1436-4980-2021-1-2-26

Springmann, M.; Matkovic, N.; Schäfer, A.; Waldhof, M.; Schlotthauer, T.; Friedmann, M.; Middendorf, P.; Fleischer, J.; Parspour, N. (2022). **Flexible and High-Precision Integration of Inserts by Combining Subtractive and Non-Planar Additive Manufacturing of Polymers.** *Key Engineering Materials* Vol. 926, 926, 268–279. doi:10.4028/p-ed900k

Stamer, F.; Maier, S.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Adaptive and Dynamic Feedback Loops between Production System and Production Network based on the Asset Administration Shell.** *Procedia CIRP*, 15th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 14-16 July 2021, Ed.: R. Teti, 112, 79–84. doi:10.1016/j.procir.2022.09.048

Stampfer, B.; Bachmann, J.; Gauder, D.; Böttger, D.; Gerstenmeyer, M.; Lanza, G.; Wolter, B.; Schulze, V. (2022). **Modeling of surface hardening and roughness induced by turning AISI 4140 QT under different machining conditions.** *Procedia CIRP*, 108, 293–298. doi:10.1016/j.procir.2022.03.050

Steier, G.; Schäfer, L.; Moser, S.; Kandler, M.; Lanza, G. (2022). **Digitale Transformation in global produzierenden Unternehmen = Digital Transformation in global manufacturing companies.** *WT Werkstattstechnik*, 112 (5), 314–319. doi:10.37544/1436-4980-2022-5-44

Steier, G. L.; Benfer, M.; Werz, P.; Ziora, M.; Lanza, G. (2022). **Decision support models for strategic production network configuration – A systematic literature analysis.** (D. C. Amir Malakizadi Peter Krajnik, Hrsg.) *55th CIRP Conference on Manufacturing Systems Hrsg.: Amir Malakizadi, Danfang Chen, Peter Krajnik*, 107, 1433–1438. doi:10.1016/j.procir.2022.05.170

Stindt, J.; Frey, A. M.; Forman, P.; Lanza, G.; Mark, P. (2022). **Genauigkeitsgrenzen modularer Betontragwerke – Teil 1: Beschreibung von geometrischen Abweichungen infolge Schwinden.** *Beton- und Stahlbetonbau*, 117 (5), 296–309. doi:10.1002/best.202200010

Stindt, J.; Frey, A. M.; Forman, P.; Lanza, G.; Kirchberger, M.; Heeger, M.; Altay, A.; Liebrecht, C.; Overbeck, L.; Kandler, M.; Lanza, G.; Voigt, C.; Franke, J. (2022). **Simulationsgestütztes Vorgehensmodell zur Realisierung einer Matrixfertigung : Planung, Bewertung und Digitaler Zwilling in der Elektronikindustrie bei der Siemens AG Karlsruhe = A Simulation-based Process Model for the Realization of a Matrix Manufacturing System : Planning, Evaluation and Digital Twin in the Electronics Industry at Siemens AG Karlsruhe.** *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 117 (4), 224–228. doi:10.1515/zwf-2022-1037

Song, K.; Wang, Y.; Ding, Y.; Xu, H.; Mueller-Welt, P.; Stuermlinger, T.; Bause, K.; Ehrmann, C.; Weinmann, H. W.; Schaefer, J.; Fleischer, J.; Zhu, K.; Weihard, F.; Trostmann, M.; Schwartz, M.; Albers, A. (2022). **Assembly techniques for proton exchange membrane fuel cell stack: A literature review.** *Renewable & sustainable energy reviews*, 153, Art.-Nr.: 111777. doi:10.1016/j.rser.2021.111777

Valet, A.; Altenmüller, T.; Waschneck, B.; May, M. C.; Kuhnle, A.; Lanza, G. (2022). **Opportunistic maintenance scheduling with deep reinforcement learning.** *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 518–534. doi:10.1016/j.jmsy.2022.07.016

Ventura Silva, G.; Thomitzek, M.; Lippke, M.; Heckmann, T.; Karaki, H.; Lischka, C.; Möhlen, F.; Mayer, D.; Hagemeyer, J.; Daub, R.; Fleischer, J.; Nirschl, H.; Schröder, D.; Scharfer, P.; Schabel,

W.; Kwade, A.; Herrmann, C. (2022). **Digitalization Platform for Sustainable Battery Cell Production: Coupling of Process, Production, and Product Models.** Energy Technology, 11 (5), Art.-Nr.: 2200801. doi:10.1002/ente.202200801

Verhaelen, B.; Martin, M.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Practice-oriented methodology for increasing production ramp-up efficiency in global production networks of SME.** Production Engineering, 17, 145–177. doi:10.1007/s11740-022-01154-7

Wang, J.; Wang, Y.; Zhang, J.; Schulze, V.; Guo, P. (2022). **Blazed grating enables highly decoupled optically variable devices fabricated by vibration-assisted diamond texturing.** Optics Express, 30 (6), 8829–8846. doi:10.1364/OE.450628

Wu, C.; Zhou, K.; Kaiser, J.-P.; Mitschke, N.; Klein, J.-F.; Pfommer, J.; Beyerer, J.; Lanza, G.; Heizmann, M.; Furmans, K. (2022). **MotorFactory: A Blender Add-on for Large Dataset Generation of Small Electric Motors.** Procedia CIRP, 106, 138–143. doi:10.1016/j.procir.2022.02.168

Wurster, M.; Michel, M.; May, M. C.; Kuhnle, A.; Stricker, N.; Lanza, G. (2022). **Modelling and condition-based control of a flexible and hybrid disassembly system with manual and autonomous workstations using reinforcement learning.** Journal of Intelligent Manufacturing, 33 (2), 575–591. doi:10.1007/s10845-021-01863-3

Wurster, M.; Klein, J.-F.; Kaiser, J.-P.; Mangold, S.; Furmans, K.; Heizmann, M.; Fleischer, J.; Lanza, G. (2022). **Integrierte Steuerungsarchitektur für ein agiles Demontagesystem mit autonomer Produktbefundung = ntegrated control architecture for an agile disassembly system with autonomous product inspection.** at - Automatisierungstechnik, 70 (6), 542–556. doi:10.1515/auto-2021-0157

Xie, S.; Zhang, W.; Xue, F.; Li, D.; Liu, Y.; Fleischer, J.; Ehrmann, C. (2022). **Industry 4.0-Oriented Turnkey Project: Rapid Configuration and Intelligent Operation of Manufacturing Systems.** Machines, 10 (11), Art.-Nr.: 983. doi:10.3390/machines10110983

2021

Gauder, D.; Gölz, J.; Biehler, M.; Diener, M.; Lanza, G. (2021). **Balancing the trade-off between measurement uncertainty and measurement time in optical metrology using design of experiments, meta-modelling and convex programming.** CIRP journal of manufacturing science and technology, 35, 209–216. doi:10.1016/j.cirpj.2021.06.016

Mayer, D.; Wurba, A.-K.; Bold, B.; Bernecker, J.; Smith, A.; Fleischer, J. (2021). **Investigation of the mechanical behavior of electrodes after calendaring and its influence on singulation and cell performance.** Processes, 9 (11), Art.Nr. 2009. doi:10.3390/pr9112009

Neuenfeldt, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2021). **Influence of lpb process parameters on milling of a maraging tool steel.** MM Science Journal, 2021 (November), 5030–5037. doi:10.17973/MMSJ.2021_11_2021148

Schlagenhauf, T.; Landwehr, M. (2021). **Industrial machine tool component surface defect dataset.** Data in Brief, 39, Art.-Nr. 107643. doi:10.1016/j.dib.2021.107643

Verhaelen, B.; Mayer, F.; Peukert, S.; Lanza, G. (2021). **A comprehensive KPI network for the performance measurement and management in global production networks.** Production engineering, 15 (5), 635 – 650. doi:10.1007/s11740-021-01041-7

Proceedingsbeiträge 2022

Albers, A.; Lanza, G.; Klippert, M.; Schäfer, L.; Frey, A.; Hellweg, F.; Müller-Welt, P.; Schöck, M.; Krahe, C.; Nowosewtschenko, K.; Rapp, S. (2022). **Product-Production-CoDesign: An Approach on Integrated Product and Production Engineering Across Generations and Life Cycles.** 32nd CIRP Design Conference (CIRP Design 2022) - Design in a changing world. Ed.: N. Anwer, 167–172, Elsevier. doi:10.1016/j.procir.2022.05.231

Baumgaertner, J.; Bach, J.; Masia, L.; Badreddin, E.; Pott, P. P. (2022). **Highly dynamic robotic leg for non-biomimetic walking robots.** ACTUATOR 2022; International Conference and Exhibition on New Actuator Systems and Applications, Mannheim, Deutschland, 29-30 June 2022, 1–4, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Baranowski, M.; Schubert, J.; Werkle, K. T.; Schoner, S.; Friedmann, M.; Stehle, T.; Fleischer, J.; Schulze, V.; Mohring, H.-C. (2022). **Additive-subtractive manufacturing of multi-material sensor-integrated electric machines using the example of the transversal flux machine.** IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 1–4, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/ETFA52439.2022.9921711

Benfer, M.; Gartner, P.; Klenk, F.; Wallner, C.; Jaspers, M.-C.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **A Circular Economy Strategy Selection Approach: Component-based Strategy Assignment using the Example of Electric Motors.** Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics : CPSL 2022, 17th May 2022 – 20th May 2022 University of British Columbia Vancouver, Canada. Ed.: D. Herberger, 22–31, publish-Ing. doi:10.15488/12133

Bruetzel, O.; Voelkle, D.; Overbeck, L.; Stricker, N.; Lanza, G. (2022). **Automated Production Network Planning Under Uncertainty by Developing Representative Demand Scenarios.** Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems: Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/ November 2021. Ed.: A.-L. Andersen, 459–466, Springer. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_52

Drechsel, K.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Einfluss der Oberflächenbearbeitung, Prozessstellgrößen und Wärmebehandlung auf das mechanische Verhalten von hybriden Aluminiumbauteilen.** Additive Fertigung : Werkstoffe - Prozesse - Wärmebehandlung = Additive Manufacturing : Materials - Processes - Heat Treatment (AWT 2022), Bremen, 29.-30. Juni 2022, 151–160, Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V.

Dvorak, J.; Kopp, T.; Kinkel, S.; Lanza, G. (2022). **Explainable AI: A key driver for AI adoption, a mistaken concept or a practically irrelevant feature?.** 4. UR-AI Symposium an der HFU, Schweningen, 19.10.2022, 88–97, Hochschule Furtwangen.

Dürr, S.; Silbernagel, R.; Bartsch, H.; Steier, G. L.; Huber, M. F.; Lanza, G. (2022). **A Data-Driven Approach for Option-Specific Order Freeze Points in Mass-Customized Production.** Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems: Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/November 2021. Ed.: A.-L. Andersen, 620–627, Springer. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_70

Fleischer, J.; Doppelbauer, M.; Albers, A.; Fraider, F.; Halwas, M.; Schmitt, M.; Breining, P.; Braumandl, A.; Kübler, M.; Bause, K.; Ott, S. (2022). **Product-Production-Co-Design for Agile Production of Electric Traction Motors.** T. E. A. for Electromobility (Hrsg.), 35th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition.

Frey, A. M.; Lanza, G. (2022). **Adaptive Manufacturing Based on Active Sampling for Multi-component Individual Assembly.** B. T. D. L. M. S. S. N. K. N. A. K. S. Andersen A.-L. Andersen R. (Hrsg.), Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems: Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/ November 2021. Ed.: A.-L. Andersen, 372–380, Springer. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_42

Gartner, P.; Jacob, A.; Akay, H.; Löffler, J.; Gammack, J.; Lanza, G.; Kim, S.-G. (2022). **Manufacturing Genome: A Foundation for Symbiotic, Highly Iterative Product and Production Adaptations.** Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems: Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/ November 2021. Ed.: A.-L. Andersen, 35–46, Springer. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_3

Gong, Y.; Heim, M.; Waldhof, M.; Wöbner, W.; Fischer, J.; Parspour, N.; Fleischer, J. (2022). **Improvement of the Mechanical Strength of High Speed Synchronous Reluctance Machines by Fiber Reinforced Support Structures.** Conference Proceedings: 2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM), 49–55, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/ICEM51905.2022.9910716

Hilligardt, A.; Schulze, V. (2022). **Simulation-based tool and process design for gear skiving with small axis crossing angles.** Aachen Conference on Gear Production, 9th-10th November 2022, Aachen, Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA).

Hilligardt, A.; Klose, J.; Schulze, V. (2022). **A new method for avoiding meshing interference in gear skiving.** International Conference on Gears 2022, 4th International Conference on High Performance Plastic Gears 2022, 4th International Conference on GearProduction 2022: Garching/Munich, Germany, September 12-14, 2022, 1305–1317, VDI Verlag.

Hoffmann, F.; Halwas, M.; Fleischer, J.; Doppelbauer, M. (2022). **Thermal Analysis of Novel Winding Structures for the Usage in Electrical Machines.** Conference Proceedings: 2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM), 490–495, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/ICEM51905.2022.9910869

Kandler, M.; Ströhlein, K.; Gorny, P. M.; Riedinger, S.; Lanza, G.; Nieken, P. (2022). **Human-Oriented Design of Andon-Boards 4.0 – Promoting Decentralized Decisions on the Shopfloor and Acceptance by Employees : Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022).** SSRN. doi:10.2139/ssrn.4071933

Kandler, M.; Gabriel, P.; Schröttle, V.; May, M. C.; Lanza, G. (2022). **Modular, Digital Shopfloor Management Model – A Maturity Assessment For A Human-Oriented Transformation Process.** Proceedings CPSL 2022 : Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022. Ed.: D. Herberger, 642–651, publish-Ing. doi:10.15488/12153

Kandler, M.; May, M. C.; Kurtz, J.; Kuhnle, A.; Lanza, G. (2022). **Development of a Human-Centered Implementation Strategy for Industry 4.0 Exemplified by Digital Shopfloor Management.** Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems: Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/November 2021. Ed.: A.-L. Andersen, 738–745, Springer. doi:10.1007/978-3-030-90700-6_84

Kaspar, J.; König, K.; Scholz, J.; Quirin, S.; Kleiner, S.; Fleischer, J.; Herrmann, H.-G.; Vielhaber, M. (2022). **SyProLei - A systematic product development process to exploit lightweight potentials while considering costs and CO2 emissions.** 32nd CIRP Design Conference (CIRP Design 2022) - Design in a changing world. Ed.: N. Anwer, 520–525, Elsevier. doi:10.1016/j.procir.2022.05.288

Krahe, C.; Marinov, M.; Schmutz, T.; Hermann, Y.; Bonny, M.; May, M.; Lanza, G. (2022). **AI based geometric similarity search supporting component reuse in engineering design.** 32nd CIRP Design Conference (CIRP Design 2022) - Design in a changing world. Ed.: N. Anwer, 275–280, Elsevier. doi:10.1016/j.procir.2022.05.249

Krischke, N.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Investigations for the Optimization of Metal Freeforming using the ARBURG freeformer.** D. Bourell (Hrsg.), Solid Freeform Fabrication 2022: Proceedings of the 33rd Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference. Austin, Texas, USA, July 25-27, 2022, Hrsg.: Bourell, Dave, 1001–1009.

Ma, L.; Zimmerer, N.; Schäfer, J.; Quarz, P.; Heckmann, T.; Scharfer, P.; Schabel, W.; Fleischer, J. (2022). **Investigation on a micro-environment concept for MEA production process supported by numerical simulations.** FC³ - 2nd Fuel Cell Conference Chemnitz 2022 - Saubere Antriebe. Effizient Produziert. : Wissenschaftliche Beiträge und Präsentationen der zweiten Brennstoffzellenkonferenz am 31. Mai und 01. Juni 2022 in Chemnitz. Hrsg.: Thomas von Unwerth, Welf-Guntram Drossel, Universitätsverlag Chemnitz.

Maximilian, F. A.; Gisela, L. (2022). **Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems – Proceedings of the 8th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2021) and the 10th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2021), Aalborg, Denmark, October/November 2021.** (A.-L. Andersen, R. Andersen, T. D. Brunoe, M. S. S. Larsen, K. Nielsen, A. Napoleone & S. Kjeldgaard, Hrsg.), Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-90700-6

Overbeck, S.; Lanza, G.; Voigtländer, L. (2022). **Optimal line configurations for agile production systems for battery cell manufacturing.** 16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, CIRP ICME, 13th - 15th July 2022.

Sauer, F.; Schulze, V.; Arndt, T. (2022). **Tool wear development in gear skiving of different quenched and tempered steels.** International Conference on Gears 2022, 4th International Conference on High Performance Plastic Gears 2022, 4th International Conference on GearProduction 2022: Garching/Munich, Germany, September 12-14, 2022, 1331–1343, VDI Verlag.

Schäfer, J.; Fleischer, J. (2022). **Gripper integrated vision system for on-the-fly position measurement of individual components in fuel cell stacking.** FC³ - Fuel Cell Conference Chemnitz 2022, 31.5.-1-6-2022 Chemnitz, 9 S., HZwo.

Schmidgruber, N.; Fleischer, J. (2022). **Limitationen in der formatflexiblen Herstellung von Pouchfolie-Halbschalen.** KLIB Batterieforum 2022, 19.01.-08.02.2022, Online, Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien (KLiB).

Schmied, J.; Puchta, A.; Scharmann, T.; Töpfer, H.-C.; Kampker, A.; Jürgen, F.; Dröder, K.; Daub, R. (2022). **Framework for the Application of Industry 4.0 in Lithium-Ion Battery Cell Production.** Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics, CPSL 17th - 20th May, Vancouver 2022, 151–160, Leibniz Universität Hannover. doi:10.15488/12168

Steier, G. L.; Silbernagel, R.; Maier, T.; Peukert, S. K.; Lanza, G. (2022). **The Role of Intangible Influencing Factors in Strategic Network Decision-Making [in press].** 29th EurOMA Conference, July 1 - 6, 2022. Book of Proceedings.

Ströhlein, K.; Gorny, P. M.; Kandler, M.; Schäfer, L.; Nieken, P.; Lanza, G. (2022). **Decision Experiments in the Learning Factory: A Proof of Concept.** Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022), Art.-Nr. 4072356, SSRN. doi:10.2139/ssrn.4072356

Yesilyurt, O.; Brandt, D.; Grimm, J.; Hussein, K.; Naumann, A.; Meiners, J.; Becker-Koch, D. (2022). **Development of a Semantic Database Model to Facilitate Data Analytics in Battery Cell Manufacturing.** Proceedings of the 11th International Conference on Data Science, Technology and Applications (DATA 2022). Ed.: A. Cuzzocrea, 13–20, SciTePress. doi:10.5220/0011139500003269

2021

Baranowski, M.; Beichter, S.; Griener, M.; Coutandin, S.; Fleischer, J. (2021). **Additive manufacturing of continuous fibre-reinforced plastic components by a novel laser-sintering process.** Innovating towards perfection : SAMPE Europe Conference 2021 Baden/Zurich : Baden/Zurich, Switzerland and online, 29-30 September 2021, 21–26, Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE).

Baranowski, M.; Schlotthauer, T.; Netzer, M.; Gönninger, P.; Coutandin, S.; Fleischer, J.; Middendorf, P. (2021). **Hybridization of Fused Filament Fabrication Components by Stereolithographic Manufactured Thermoset Inserts.** Recent Advances in Manufacturing Engineering and Processes : Proceedings of ICMEP 2021. Ed. by R. K. Agarwal, 3–14, Springer Singapur. doi:10.1007/978-981-16-3934-0_1

Künzel, A.; Puchta, A.; Gönninger, P.; Fleischer, J. (2021). **Modular and flexible Automation Middleware based on LabVIEW and OPC UA.** 9th Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC 2021) 23rd-25th June 2021, Gijón, Spain, Art.Nr.: 012109, Institute of Physics Publishing Ltd (IOP Publishing Ltd).

Lubkowitz, V.; Reothia, N.; Zanger, F. (2021). **Enhancement of Groove Turning Performance by Additively Manufactured Tool Holders with Internal Cooling Channels and Combined Cooling Strategies.** New production technologies in aerospace industry : proceedings 2021 : MIC2021, 21st Machining Innovations Conference for Aerospace Industry :Hanover, December 1st and 2nd 2021. Ed.: Berend Denkena, 50–55, TEWISS Verlag. doi:10.2139/ssrn.3922719

Audio & Video**2022**

Fuchs, S.; Fleischer, J. (2022). „Schneller Mobilfunk ist die Basistechnologie der Digitalisierung“ – Eine KIT-Studie ermuntert mittelständische Unternehmen, das Potential des 5G Standards zu nutzen. - Campus-Report am 22.02.2022. doi:10.5445/IR/1000143224

Forschungsdaten**2022**

Schlagenhauf, T. (2022, Juni 29). **Domain-Shift-Dataset of Defects on Metallic Surfaces (MSD-Shift)**. doi:10.5445/IR/1000147763

Stamer, F. (2022, Januar 5). **Application of a Dynamic Pricing for Variant Manufacturing in Production Networks using Reinforcement Learning - Result Data**. doi:10.5445/IR/1000141615

2021

Mangold, S.; Gerlitz, E.; Zimprich, S. (2021, Dezember 27). **Torque-Time series**. doi:10.5445/IR/1000141534

Reichert, F.; Stamer, F.; Klenk, F. (2021, Oktober 18). **Identifying Digitalization Trends in Global Production Networks - A Python Data Mining Tool**. doi:10.5445/IR/1000136718

Forschungsberichte/Preprints**2022**

Albers, A.; Ovtcharova, J.; Becker, J.; Lanza, G.; Zhang, W.; Zhang, T.; Qiao, F.; Ma, Y.; Wang, J.; Wu, Z.; Ehrmann, C.; Gönnheimer, P.; Behrendt, M.; Mandel, C.; Stürmlinger, T.; Klippert, M.; Kimmig, A.; Schade, F.; Yang, S.; Heider, I.; Xie, S.; Song, K.; Peng, J.; Goncalves, P.; Kampfmann, R.; Schlechtendahl, J.; Kattner, J.; Straub, C.; May, M.; Zhu, Z.; Bai, O.; Lin, Y.; Yang, Z.; Ding, L.; Rossol, A.-S. (2022). **Final Report Sino-German Industry 4.0 Factory Automation Platform. (J. Fleischer, Hrsg.)**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000143693

Choudhary, N.; Clever, H.; Ludwigs, R.; Rath, M.; Gannouni, A.; Schmetz, A.; Hülsmann, T.; Sawodny, J.; Fischer, L.; Kampker, A.; Fleischer, J.; Stein, H. S. (2022). **Autonomous visual detection of defects from battery electrode manufacturing. American Chemical Society (ACS)**. doi:10.26434/chemrxiv-2022-pvwj3

Schlagenhauf, T.; Scheurenbrand, T. (2022). **Cross-domain Transfer of Defect Features in Technical Domains Based on Partial Target Data**. doi:10.48550/arXiv.2211.13662

Schlagenhauf, T.; Scheurenbrand, T.; Hofmann, D.; Krasnikow, O. (2022). **Analysis of the visually detectable wear progress on ball screws**. doi:10.48550/arXiv.2205.01149

Stamer, F.; Buschle, J.; Lanza, G. (2022). **Identification and Root Cause Mapping of Supply Chain Collaboration Resistors**. doi:10.5445/IR/1000143394

2021

Albers, A.; Fleischer, J.; Gönnheimer, P.; Mühlbeier, E.; Schlaghauf, T.; Wäschle, M.; Anderl, R.; Giese, T.; Wang, Y.; Aurich, J.; Glatt, M.; Litsche, S.; Steglich, S. (2021). **5G in der Industrie. Wege in die Technologieführerschaft in Produktentwicklung und Produktion. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften**. doi:10.48669/aca_2021-2

Poster**2022**

Schubert, J.; End, Y.; Rosen, M.; Zanger, F.; Schulze, V. (2022). **Manufacturing Hybrid Ceramic Components by Combining CIM and VPP. 5th International Conference on Hybrid Materials and Structures (2022)**, Leoben, Österreich, 20.–22. Juli 2022.

Wissenschaftskommunikation im Internet**2022**

Armbruster, J.; Gönnheimer, P.; Netzer, M. (2022, April). **Keine Angst vor Künstlicher Intelligenz in der Produktion**.

Fleischer, J.; Heim, M.; Schabel, S.; Wirth, F. (2022). **Stanz- und Biegetechnik - Chancenanalyse im Kontext der Automobilwirtschaft**.

Sonstiges**2022**

Silbernagel, R.; Stamer, F.; Sautter, B. (2022, April 1). **Successful Collaboration in Global Production Networks - fair, secured, connected.** (G. Lanza, Hrsg.), wbk Institut für Produktionstechnik.

Silbernagel, R.; Stamer, F. (2022, März 15). **Erfolgreiche Kollaboration in Produktionsnetzwerken - fair, sicher, vernetzt.** (G. Lanza & C. Weinhardt, Hrsg.), wbk Institut für Produktionstechnik.

Impressum**Satz und Layout**

CrossMedia – Grafik, ASERV

Redaktion

Melanie Klagmann, wbk Institut für Produktionstechnik

Druck

Nino Druck GmbH

**Kontakt**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 wbk Institut für Produktionstechnik
 Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza und
 Prof. Dr.-Ing habil. Volker Schulze

Campus Süd
 Kaiserstraße 12
 76131 Karlsruhe
www.wbk.kit.edu

Herausgegeben von

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka
 Kaiserstraße 12
 76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2022



www.wbk.kit.edu