

Jahresbericht des wbk 2023

Prof. Dr.-Ing. J. Fleischer

Prof. Dr.-Ing. G. Lanza

Prof. Dr.-Ing. habil. V. Schulze

Prof. Dr.-Ing. F. Zanger

wbk Institut für Produktionstechnik



Foto: Sandra Götsche

Vorwort

Seit diesem Jahr begrüßt Sie die Institutsleitung des wbk Institut für Produktionstechnik zu viert: Wir freuen uns sehr, dass Prof. Frederik Zanger nun die Institutsleitung verstärkt. (Mehr dazu in unseren Highlights auf Seite 14). Für unsere drei Forschungsbereiche bedeutet dies:

Den **Bereich Fertigungs- und Werkstofftechnik** leiten Prof. Volker Schulze und Prof. Frederik Zanger, gemeinsam den **Bereich Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung** leitet Prof. Jürgen Fleischer und den **Bereich Produktionssysteme**

leitet Prof. Gisela Lanza. Mit etwa 120 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (FTE) widmet sich das Team des wbk der anwendungsnahen Forschung, der Lehre und der Innovation im Bereich Produktionstechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) als Teil der KIT-Fakultät für Maschinenbau.

Wir erschließen neue Felder mit einem hohen Innovations- und Nutzenpotenzial durch die Bildung von aktuellen Forschungsschwerpunkten, um Themen ganzheitlich zu betrachten und zielorientiert weiter zu entwickeln. Dies ermöglicht uns, Einzelthemen im Umfeld eines breiten Erfahrungshorizontes in die drei Forschungsbereiche einzubetten und macht eine schnelle und umfassende Erarbeitung von zukunftsorientierten Querschnittsgebieten möglich.

Zu unseren aktuellen vier Forschungsschwerpunkten Elektromobilität, Additive Fertigung, Industrie 4.0 und Nachhaltige Produktion informieren wir Sie ab Seite 28. Hier erfahren Sie mehr zu aktuellen Themen wie: neue Batteriematerialien und Technologiekonzepte, additive Aufarbeitung von bereits eingesetzten Komponenten, Künstliche Intelligenz zur Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette, praxisorientiertes Konzept zur Implementierung des Remanufacturings in kleinen und mittleren Unternehmen.

Das wbk bietet wissenschaftlichen Mitarbeitenden 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. Das Team des wbk setzt gezielt auf weltweite Partnerschaften – dies schlägt sich sowohl in der Forschung als auch in der Lehre nieder. Partner sind dabei neben anderen wissenschaftlichen Einrichtungen immer auch Vertreterinnen und Vertreter der Industrie. Somit stellen wir stets eine praxisnahe Umsetzung sicher.

Wir entwickeln Lösungen für vielfältige Themenstellungen der Produktionstechnik sowie neue Metho-



den und Prozesse für die Produktion der Zukunft. Wir sind sehr stolz auf die herausragende Leistung unseres Teams in diesem Jahr. Ihnen gilt unser Dank! Mit diesem Jahresbericht möchten wir Ihnen einen Überblick über unsere Institutsarbeit im Jahr 2023 geben.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

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

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)

Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger
Raum 119, Gebäude 50.36
Telefon: +49 721 608-42450
Fax: +49 721 608-45005
frederik.zanger@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 2023



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 Elektromobilität	28
Additive Fertigung	30
Industrie 4.0	32
Nachhaltige Produktion	34



KOOPERATIONEN

SFB 1574 – Kreislauffabrik für das ewige Produkt	36
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. Tobias Schlagenhauf	46
Dr.-Ing. Carmen Krahe	47
Dr.-Ing. Benedict Stampfer	48
Dr.-Ing. Markus Netzer	49
Dr.-Ing. Rainer Silbernagel	50
Dr.-Ing. Jonas Nieschlag.....	51
Dr.-Ing. Lukas Weiser.....	52
Dr.-Ing. Leonard Overbeck.....	53
Dr.-Ing. Felix Klenk	54
Dr.-Ing. Benjamin Bold.....	55



STUDIUM UND LEHRE

Leitbild und Zahlen.....	56
Vorlesungsangebot	58
Auszeichnungen	60
Neue Vorlesung.....	62
Assistentenexkursion.....	63
Abschlussarbeiten	
Masterarbeiten.....	64
Bachelorarbeiten	69



VERÖFFENTLICHUNGEN

Dissertationen	74
Buchaufsätze	74
Zeitschriftenaufsätze	75
Proceedingsbeiträge	79
Forschungsdaten	81
Forschungsberichte/Preprints	82
Wissenschaftskommunikation im Internet	82



wbk Institut für Produktionstechnik
Standorte des Instituts



**Fasanengarten
 Karlsruhe
 Deutschland**

*Produktionssysteme
 Fertigungs- und
 Werkstofftechnik*



**Materialwissenschaft-
 liches 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**

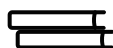
*AMTC – Advanced Manu-
 facturing Technology Center*

Zahlen 2023



MITARBEITER / MITARBEITERINNEN

▪ Wissenschaftler / Wissenschaftlerinnen	92
▪ Technik und Verwaltung	29
▪ Auszubildende	4
▪ Studentische Hilfskräfte	313



LEHRE

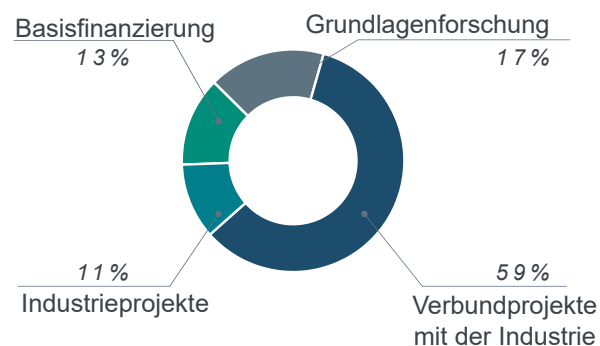
▪ Vorlesungen	20
▪ Prüfungen	2.100
▪ Studien- und Abschlussarbeiten	450



AUSSTATTUNG

- 3.500 m² Laborfläche
- ca. 120 Versuchsstände
- 3 mechanische Werkstätten mit Lehrlingsausbildung
- Umfassendes Sensorik- und Digitalisierungsequipment

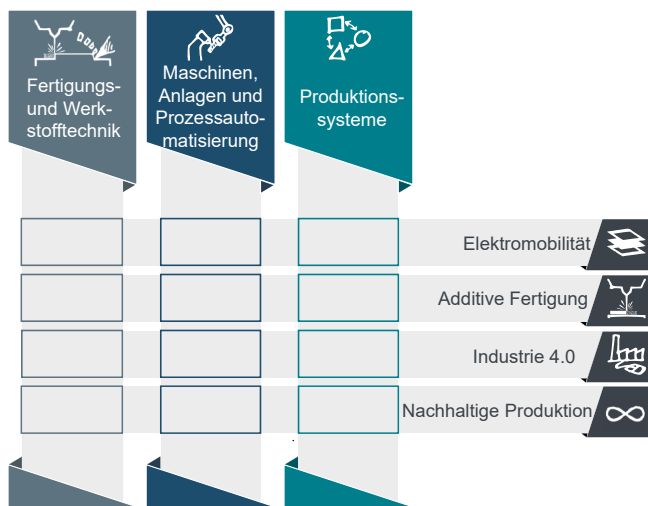
FINANZIERUNG



PROJEKTE

▪ Grundlagen-Forschungsprojekte	54
▪ Verbundprojekte	60
▪ Industrieprojekte	65

Forschungsstruktur



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza

Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze

Veranstaltungen

Zweite Karlsruher Tagung für Produkt-Produktions-CoDesign



Ansprechpartner am wbk:
Louis Schäfer, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2570
louis.schaefer@kit.edu

Am 26. April 2023 fand die zweite Karlsruher Tagung für Produkt-Produktions-CoDesign am KIT statt. Gemeinsam mit dem IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT lud das wbk Institut für Produktionstechnik zu einer spannenden Veranstaltung mit insgesamt 13 hochkarätigen Referentinnen und Referenten ein. Diese boten im Rahmen von zwei Opening-Keynotes und neun Fachvorträgen interessante Einblicke in den aktuellen Stand der Forschung und Technik in den Bereichen Advanced Systems Engineering (ASE), Systemgenerationsentwicklung (SGE) sowie dem datengetriebenen Produkt-Produktions-CoDesign:

Prof. Gisela Lanza, Institutsleiterin wbk, und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers, Sprecher der Institutsleitung des IPEK, eröffneten die Veranstaltung und hießen die Teilnehmenden aus Forschung

und Industrie im Allgemeinen Verfügungsgebäude (AVG) des KIT willkommen. Prof. Dr. Christian Mohrdieck, CCO der cellcentric GmbH & Co. KG, folgte mit einer zweiten Keynote zur Frage "Brennstoffzelle: Produkt-Prozess oder Prozess-Produkt?"

Nach einem Fachvortrag von Dr.-Ing. Volker Franke, Managing Director der HARTING Applied Technologies, zum Thema „Mittelstand – zu klein für Systems Engineering“ gab Dr.-Ing. Thomas Luft, J.M. Voith SE & Co. KG, Einblicke zum Thema „Agil und standortverteilt erfolgreich ans Ziel“ und teilte Erfahrungen aus der Modularisierung und Konfigurationsentwicklung. Der Fachvortrag von Prof. Jürgen Fleischer, Institutsleiter des wbk, aus der Forschung zu agilen Produktionsanlagen als Antwort auf sich dynamisch ändernde Produktanforderungen wurde gefolgt von einem Vortrag von Claas Kürten, Entwicklungsingenieur für Validierung in der Vorausentwicklung für mechatronische Systeme der MAHLE International GmbH, und Rolf Müller, Leiter der Produktvalidierung in der Abteilung Corporate Advanced Engineering für mechatronische Systeme der MAHLE International GmbH, zum Thema „Gemischt virtuell-physische Validierungsumgebung in der Vorausentwicklung“. Es folgte Manuel Schuster, Leiter der Neuentwicklung Baugruppen der Gerhard Schubert GmbH, mit einem Vortrag über Modularität im Spannungsfeld zwischen Flexibilität und Kosteneffizienz in der Entwicklung von Verpackungsmaschinen. Den letzten Themenblock des datengetriebenen Produkt-Produktions-CoDesign leitete Andreas Müller, Senior Vice President Manufacturing at Powertrain Solutions der Robert Bosch GmbH, mit seinem Fachvortrag zum Thema „The value stream of the future – leveraging the power of digital twins“ ein. Einblicke in das datengetriebene und durchgängige Engineering von HOMAG Maschinen gewährte Ernst Esslinger, Director des Center of Excellence bei HOMAG.

Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein gemeinsamer Vortrag aus Forschung und Industrie zum Thema „modellbasiertes Änderungsmanagement im Anlagen- und Sondermaschinenbau“ von Dr. Uwe Hoffmann, Program Manager Industry 4.0 der Philips Engineering Solutions und Alex Martin, Akademischer Mitarbeiter am IPEK, die über einen ganzheitlichen Ansatz zum Umgang mit technischen Änderungen referieren.



Opening-Keynote der Professoren Gisela Lanza und Albert Albers



Networking-Session im Allgemeinen Verfügungsgebäude des KIT



Mittagessen in der Karlsruher Forschungsfabrik

Durch eine Vielzahl von Networking-Sessions und Diskussionsrunden hatten insgesamt 70 Teilnehmende aus Forschung und Industrie die Möglichkeit, sich rege über die Integration von Produktentwicklung und Produktionssystemplanung auszutauschen. Ein weiteres Highlight der Veranstaltung stellten die Führungen durch die neue Karlsruher Forschungsfabrik des wbk und den Akustikrollenprüfstand des IPEK am KIT Campus Ost dar. Das gemeinsame Mittagessen und Get-Together auf dem Shopfloor der Forschungsfabrik rundeten die Veranstaltung ab und trugen zur besonderen „Family & Friends“-Atmosphäre am wbk bei. Die Resonanzen der Teilnehmenden waren durchweg sehr positiv.

Die Professoren Lanza und Albers bedanken sich bei allen Teilnehmenden für eine unvergessliche Veranstaltung und freuen sich bereits darauf, bald wieder nach Karlsruhe einladen zu dürfen. Weitere Impressionen und alle Informationen zu zukünftigen Tagungen sind immer aktuell auf der Homepage des wbk zu finden.



Führung durch die Karlsruher Forschungsfabrik des wbk



Führung an den Akustikrollenprüfstand des IPEK (Fotos: wbk)

Veranstaltungen

Karlsruher Herbsttagung 2023: „Additive Manufacturing – Erfolg durch Kooperation“



Ansprechpartner am wbk:
Maximilian Frey, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2594
maximilian.frey@kit.edu

Unter dem Motto „Additive Manufacturing – Erfolg durch Kooperation“ fand am 12.10.2023 die Karlsruher Herbsttagung im Senatssaal des KIT-Präsidiiums statt. Der Fokus lag auf der kooperativen Bewältigung von aktuellen Herausforderungen der Additiven Fertigung (Additive Manufacturing, AM), sodass dieses Jahr zum ersten Mal jeweils zwei Referentinnen oder Referenten von kooperierenden Unternehmen ihre Erfolgsgeschichte in einem gemeinsamen Vortrag vorstellten. Prof. Frederik Zanger führte nach einer Begrüßung und einem Übersichtsvortrag zur Additiven Fertigung am wbk durch das ganztägige Programm.

Der erste Themenblock #Materials4AM startete mit einem Vortrag von Dr.-Ing. Jörg Fischer-Bühner (Indutherm GmbH) zusammen mit Dr.-Ing. Daniel Beckers (Rosswag Engineering) zur Materialentwicklung für die Additive Fertigung. Im Zentrum stand die flexible Herstellung von Pulvermaterialien unterschiedlicher Legierungen mittels Gasverdrösung, um die Materialvielfalt in der Additiven Fertigung zu steigern. Im zweiten Vortrag referierten Martin Neff (ARBURG GmbH & Co. KG) und Nikolai Krischke (wbk) über die Vorteile und Herausforderungen offener Materialsysteme und deren Anwendung am Beispiel des ARBURG Freeformers.

Im zweiten Themenblock #Innovations4AM wurden neue Entwicklungen der Additiven Fertigung vorgestellt. Der erste Vortrag wurde von Dr.-Ing. Tina Schlingmann (EOS GmbH) zusammen mit Andreas Hopfengärtner und Marco Linhardt (beide KSB SE) gehalten. Darin wurde die

Relevanz von simulations-optimierten AM-Prozessen zur drastischen Reduktion von Stützstrukturen und Bauteilverzügen am Beispiel des pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzens betont. Im zweiten Vortrag stellten Dr.-Ing. Tobias Stittgen (Ponticon GmbH) und Dr.-Ing. Marcel Schäfer (Precitec GmbH) eine Prozessregelung auf Basis der Optischen Kohärenz Tomographie (OCT) für das Extreme Hochgeschwindigkeits-Laserauftragsschweißen (3D-EHLA) vor. Der Themenblock wurde von den im Rahmen des „Innovationscampus Mobilität der Zukunft“ (ICM) berufenen Professoren Andreas Michalowski (Institut für Strahlwerkzeuge, Universität Stuttgart) und Frederik Zanger (wbk) abgeschlossen. In ihrem Vortrag haben sie die gemeinsamen Erfolge in der Erforschung der laserbasierten additiv-subtraktiven Prozesskette sowie das Potential für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz vorgestellt.

Im Themenblock #Digitalization4AM wurde von Lisa Pfäffl (DatenBerg GmbH) und Dr.-Ing. Thomas Grünberger (nLight Inc.) ein datengetriebener Ansatz für das In-Situ-Monitoring in der Additiven Fertigung vorgestellt. Im zweiten Vortrag widmeten sich Dr. rer. nat. Karsten Heuser (Siemens AG) und Felix Ewald (DyeMansion GmbH) der Weiterentwicklung der industriellen Anwendung der Additiven Fertigung von einer Manufaktur hin zu einer autonomen AM-Fabrik.

Der letzte Themenblock #FutureParts4AM wurde von Gregor Graf (Rosswag GmbH) und Andreas Borowski (Carl Zeiss Jena GmbH) eröffnet. In ihrer Kooperation wurde der Einsatz innovativer Mate-



Gruppenbild der Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor dem Präsidium des KIT

rialien für dynamische Komponenten in der optischen Industrie erforscht. Erfolgreich abgeschlossen wurde die Tagung mit dem Vortrag von Dr.-Ing. Lucas Adler (Hermle Maschinenbau GmbH) und Thomas Powollik (Plansee Composite Materials GmbH) zur additiven Herstellung von Multi-Material-Bauteilen mittels Metall-Pulver-Auftrag (MPA).

Neben den Vorträgen bot die Tagung den 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Industrie und Forschung zudem vielfältige Möglichkeiten zum Austausch und zur Vernetzung. Während der Mittagspause erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer exklusive Einblicke in die AM-Forschungsinfrastruktur und aktuelle Forschungsprojekte des wbk. Ein Highlight hierbei war die neue Inspektions- und Remanufacturingzelle, bestehend aus einer 3D-EHLA-Anlage von Ponticon, einem 5-Achs-Fräsdrehzentrum von DMG Mori sowie zwei Comau-Robotern zum automatisierten Werkstückhandling.

Das Team des wbk bedankt sich herzlich bei allen Referentinnen und Referenten sowie allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern für die interessanten Einblicke, inspirierenden Gespräche und gehaltvollen Diskussionen.

Weitere Informationen zur Herbsttagung:
herbsttagung@wbk.kit.edu oder
www.herbsttagung.de



Vortrag von Felix Ewald (DyeMansion, links) und Dr. Karsten Heuser (Siemens, rechts)



Pausendiskussion und Networking



Führung an den Versuchsständen des wbk (Fotos: wbk)

Veranstaltungen

Kompetenzcluster *Intelligente Batteriezellproduktion (InZePro)* – 6. Forschungskolloquium in Karlsruhe



Ansprechpartnerin am wbk:
Anne-Sophie Rossol
Telefon: +49 721 608 44005
anne-sophie.rossol@kit.edu

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

In sieben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kompetenzclustern untersuchen Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen Fragestellungen rund um das Thema Batterie. Die Forschung beschäftigt sich hierbei beispielsweise mit innovativen Materialien für Hochenergiebatteriesysteme, dem Einfluss des Produktionsprozesses auf die Zelleigenschaften bis hin zur ressourcen- und umweltschonenden Verwertung von Batterien. Das von Prof. Jürgen Fleischer als Clusterkoordinator geleitete Kompetenzcluster *Intelligente Batteriezellproduktion (InZePro)* fokussiert sich auf eine ganzheitliche Optimierung des Produktionssystems der Batteriezellfertigung mithilfe von Industrie-4.0-Lösungen. In achtzehn Projekten arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus insgesamt 29 deutschen Forschungseinrichtungen daran, die Lithium-Ionen-Batteriezellproduktion entlang der gesamten Prozesskette zu optimieren. Rund hundert von ihnen nahmen am sechsten Forschungskolloquium des Kompetenzclusters *InZePro*, das am 13. und 14. September 2023 in Karlsruhe stattfand, teil. In fünfzehn-minütigen Vorträgen stellten die Projektteams ihre Ergebnisse und Fortschritte der letzten Monate vor. Im Fokus der Präsentationen lagen die innovative Anlagentechnik, Digitalisierungsansätze zur Optimierung der Batteriezellfertigung hinsichtlich der Steigerung von Produktivität und Produktqualität sowie die Flexibilisierung von Produktionssystemen. Gemeinsam mit dem hochkarätig besetzten Managementkreis aus Forschung, Industrie, dem Projektträger

Jülich (PtJ) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wurden die Projektergebnisse begutachtet und insbesondere im Hinblick auf einen industriellen Transfer diskutiert und bewertet. Nachdem die letzten Forschungskolloquien und die weiteren Clusterveranstaltungen pandemiebedingt digital stattfinden mussten, stand neben den inhaltlichen Schwerpunkten die Vernetzung des Clusters im Vordergrund. In Workshops erarbeiteten die einzelnen Projektteams auf Basis ihrer Ergebnisse konkrete Transferangebote für die Industrie, die ab 2024 in Form eines Demonstrators auf der InZePro-Homepage zu finden sein werden. Auch die Karlsruher Forschungsfabrik und die dazugehörigen Forschungsschwerpunkte des wbk Institut für Produktionstechnik wurden den Projektarbeitenden und dem Managementkreis in Führungen vorgestellt. Insbesondere die Vorstellung der flexiblen, skalierbaren und vollautomatisierten Produktionsanlage für die Batteriezellfertigung, welche im Rahmen des Projekts *AgiloBat2* aufgebaut wird, stieß hierbei auf großes Interesse. Eine gemeinsame Abendveranstaltung für einen vertiefenden Austausch und die weitere Vernetzung rundete das Programm ab.

Das Kompetenzcluster *InZePro* wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Mehr erfahren Sie auf der InZePro-Homepage: <https://inzepro-cluster.de>



InZePro-Forschungskolloquium in Karlsruhe (Foto: wbk)

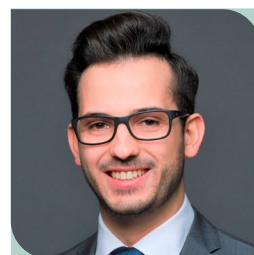
Veranstaltungen

Messeauftritte Coil2Stack und EXINOS

Gemeinsam mit der Siemens AG präsentierte das wbk Institut für Produktionstechnik die innovativen Produktionsanlagen "Coil2Stack" und "EXINOS" im Rahmen von vier Messeauftritten. Die am wbk entwickelten Anlagen ermöglichen es, Elektrodenstapel flexibel und kontinuierlich für den Einsatz in Li-Ion-Batterien herzustellen. So wird die Möglichkeit geschaffen, adaptiv auf veränderliche Marktsituationen zu reagieren und die Durchsatzfähigkeit in der Batterieproduktion zu erhöhen. Die Prototypen wurden auf der International Converting Exhibition Europe (ICE-Europe), der Hannover Messe, der Smart Production Systems Italy (SPS-Italy) und der SPS-Nürnberg vorgestellt. Die Kolleginnen und Kollegen vom wbk führten in diesem Rahmen spannende Gespräche mit Industrievertreterinnen und -vertretern und setzten wichtige Impulse für eine optimierte Batterieproduktion durch neugedachte Anlagenkonzepte und Digitalisierungsansätze. ■



EXINOS auf der Hannover Messe 2023 (Foto: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Kamal Husseini, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2664
kamal.husseini@kit.edu

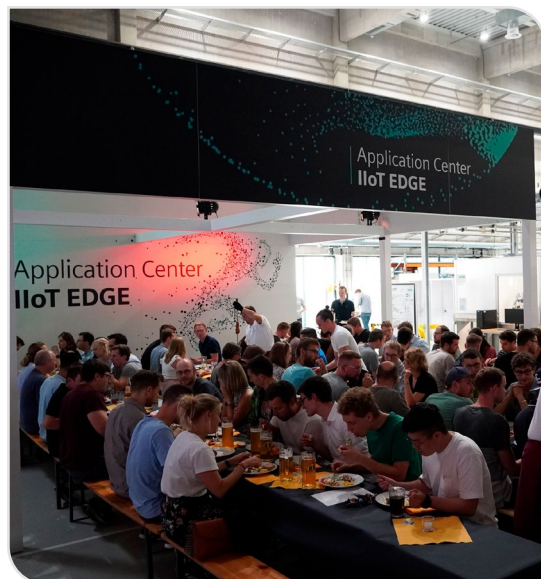


Ansprechpartner am wbk:
Nils Schmidgruber, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2604
nils.schmidgruber@kit.edu

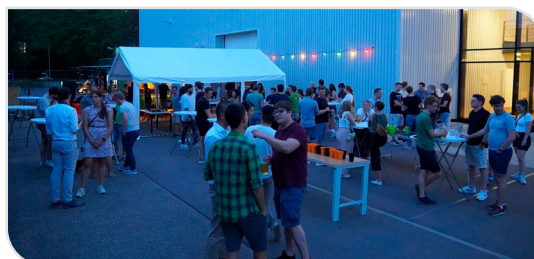
Sommerfest 2023

Bei sehr gutem Wetter, mit hervorragendem Essen und bester Stimmung konnten insgesamt fast 120 (FTE) Beschäftigte des wbk Institut für Produktionstechnik, deren Partner und Partnerinnen und Familien das jährliche Sommerfest in der Forschungsfabrik feiern. Besondere Highlights waren wie in jedem Jahr der Eiswagen und die durch unser Werkstatt-

team eigens für das Fest gefertigten Spiele wie zum Beispiel Vier Gewinnt in 3D. Vielen Dank an unsere Institutsleitung dafür, dass Sie das Sommerfest möglich gemacht haben und ein großes Dankeschön vor allem auch an alle Helferinnen und Helfer, insbesondere an unsere Mitarbeitenden aus dem Bereich Technik für die tolle Organisation. ■



Gefeiert wurde beim Essen in der Halle, ...



... bei vielfältigen Spielen im Freien, ...



... bis spät in die Nacht. (Fotos: wbk)



Ansprechpartner am wbk:
Björn Gebhard
Telefon: +49 721 608 46020
bjoern.gebhard@kit.edu

Bemerkenswertes im Jahr 2023

Kurz gefasst – Highlights am wbk Institut für Produktionstechnik

Neue Professur „Digitalisierung der Prozessentwicklung für die Additive Fertigung“ am wbk

Zum 13.07.2023 wurde Prof. Frederik Zanger auf den neuen Lehrstuhl „Digitalisierung der Prozessentwicklung für die Additive Fertigung“ am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) berufen.

Gemeinsam mit Prof. Jürgen Fleischer, Prof. Gisela Lanza und Prof. Volker Schulze leitet er nun das wbk Institut für Produktionstechnik. Diese Professur wurde im Rahmen des Innovations-Campus Mobilität der Zukunft (ICM) neu eingerichtet.

Prof. Zanger hat sein Studium der Ingenieurpädagogik mit den Fachrichtungen Maschinenbau und Mathematik mit dem Diplom an der Universität Karlsruhe (TH) abgeschlossen. Für seine im Jahr 2012 absolvierte Promotion im Bereich der Spannungsformsimulation von Titan-Werkstoffen erhielt er den Dr.-Ing. Willy-Höfler-Doktorandenpreis. Als Oberingenieur des Forschungsbereichs Fertigungs- und Werkstofftechnik zeichnete er verantwortlich für die Koordination der Forschungsschwerpunkte Virtuelle Produktion (sechs Jahre), Mikroproduktion (zwei Jahre) und Additive Fertigung (sechs Jahre). Seine hervorragenden Leistungen auf dem Gebiet der Fertigungstechnik würdigte die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (wgp) im Jahr 2018 mit der Verleihung der Otto-Kienzle-Gedenkmünze. Seit Oktober 2019



Neues Mitglied der wbk-Institutsleitung: Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

war Prof. Zanger Inhaber der KIT-Industry-Fellowship „OptiPro²Addi“. In dieser Funktion war er sowohl Forschungsgruppenleiter der gemeinsamen Forschungsgruppe „Additive Fertigung“ als auch in leitender Funktion verantwortlich für den Aufbau des neuen Bereichs der Mechanischen Fertigbearbeitung bei der Firma Rosswag GmbH.

Prof. Zanger wird sich am wbk insbesondere der Optimierung additiv-basierter Prozessketten für anwendungsspezifische Bauteileigenschaften mit



Die gesamte Institutsleitung (von li. nach re.): Prof. em. Hartmut Weule, Prof. Volker Schulze, Prof. Gisela Lanza, Prof. Frederik Zanger und Prof. Jürgen Fleischer (Fotos: wbk)

unterstützendem Einsatz von Digitalisierungsmethoden widmen. Neben der Digitalisierung verdient die Nachhaltigkeit der Fertigungsprozesse ein besonderes Augenmerk. Im Fokus der Forschungsarbeiten stehen gleichermaßen laserbasierte wie binderbasierte Additive Fertigungsprozesse, wobei sämtliche Prozessschritte relevanter Prozessketten sowie deren Wechselwirkungen betrachtet werden. Ausgehend von der Charakterisierung und Optimierung der Werkstoffe werden die Additiven Fertigungsprozesse sensorunterstützt analysiert und die Integration in Prozessketten durchgeführt. Diese integrative Forschung auf dem Gebiet der Additiven Fertigung unter Berücksichtigung der kombinierten Werkstoff- und Prozessentwicklung sowie der damit einhergehenden Digitalisierungsaspekte soll es erlauben, hocheffiziente, flexible sowie hybride Fertigungsanlagen und -prozesse bereitzustellen.

Sämtliche Grundlagenforschungsprojekte sowie anwendungsorientierte Entwicklungsprojekte werden mit den industriellen und wissenschaftlichen Partnern fortgeführt.

Das ganze Team des wbk freut sich sehr über diese Berufung und gratuliert Prof. Zanger von Herzen.

Neue Nachwuchsgruppe „Dynamische Qualitätsregelung für die nachhaltige Produktion von Mobilitätslösungen“

Insbesondere in der Fahrzeugindustrie ist ein Wandel weg vom linearen Wirtschaftsmodell hin zu einer Kreislaufwirtschaft notwendig. In diesem Kontext betrachtet die Nachwuchsgruppe die Kreislaufproduktion vom Materialeingang bis hin zum fertigen Produkt beziehungsweise bis hin zum Recycling. Im Fokus steht dabei, die Qualität des rückläufigen Produkts wiederherzustellen, welche besonders kritisch für den wirtschaftlichen Erfolg ist. Hierfür werden intelligente Qualitätsregelkreise benötigt, die die Remanufacturingprozesse auf Basis der geforderten Qualitätsmerkmale regeln.

Diese Herausforderung hat der InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) adressiert und zum Juli eine Nachwuchsgruppe „Dynamische Qualitätsregelung für die nachhaltige Produktion von Mobilitätslösungen“ gestartet.



Leiter der ICM-Nachwuchsgruppe: Dr.-Ing. Florian Stamer

Im Auswahlverfahren um diese Nachwuchsgruppe konnte sich Dr.-Ing. Florian Stamer durchsetzen. Unter seiner Leitung arbeitet die Nachwuchsgruppe nun an intelligenten Qualitätsregelkreisen für die nachhaltige Produktion von qualitativ hochwertigen Mobilitätslösungen.

Im Zentrum des Ansatzes steht die Unikalität des rückläufigen Produkts. Entsprechend muss jedes rückläufige Produkt anders gehandhabt werden. Passend hierzu betrachtet die Nachwuchsgruppe die adaptive Fertigung beziehungsweise die Produktion maßgeschneiderter Ersatzteile. Die Durchführung einer weiterführenden Demontage und das Übergeben von Teilsystemen an das Recycling sind inkludierte Entscheidungsmöglichkeiten. Bei allen Entscheidungen muss stets die Remontage der Komponenten bei der Regelung berücksichtigt werden. Als Basis des Qualitätsreglers entwickelt die Nachwuchsgruppe einen digitalen Produkt-Produktionszwilling, welcher die Daten aus Inspektionen und Prozessen nutzt, um die notwendige Informationslage für eine iterative und dynamische Entscheidung über die weiteren Schritte jeder einzelnen Komponente zu schaffen.

Aufgrund der hohen Interdisziplinarität des Aufgabenfeldes ist für Florian Stamer der Austausch innerhalb des ICM mit anderen Nachwuchsgruppen sowie mit Instituten am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und an der Universität Stuttgart essenziell. Auch die Anschlussfähigkeit ist von hoher Bedeutung: Hier kann auf wertvolle Vorarbeiten zurückgeschaut werden, aber auch die Beantragung ergänzender oder aufbauender Projekte spielen für Florian Stamer eine wichtige Rolle. Hier sind weitere Projekte des ICM, sowie der EU und auch nationale Forschungsprojekte angestrebt. Parallel tauscht er sich mit Vertreterinnen und Vertretern von Industrieunternehmen aus. ■



Forschungsbereich

Fertigungs- und Werkstofftechnik (FWT)



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



**Ansprechpartner am wbk:
Institutsleiter (FWT)**
Prof. Dr.-Ing.
Frederik Zanger
frederik.zanger@kit.edu

Die Fertigungs- und Werkstofftechnik spielt für die Produktion der Zukunft eine entscheidende Rolle, um die Potenziale der Fertigungsverfahren zu erschließen, die Prozessgrenzen zu verschieben und deren Nachhaltigkeit zu steigern. Durch eine angepasste Prozessführung und eine Betrachtung der Wechselwirkungen entlang der Prozesskette ist es möglich, die Bauteileigenschaften signifikant zu beeinflussen. Bedingt durch die gegenseitige Beeinflussung von Produktentwicklung, Werkstofftechnik und Produktion ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der einzelnen Disziplinen notwendig. Im Forschungsbereich Fertigungs- und Werkstofftechnik werden verschiedene Prozessketten, bei denen die Zerspanung oder die Additive Fertigung eine zentrale Rolle spielen, betrachtet. Diese werden in enger Zusammenarbeit mit der Industrie stetig weiterentwickelt und optimiert. Seit Juli 2023 wird die FWT kollegial durch Prof. Volker Schulze und Prof. Frederik Zanger geleitet. Prof. Zanger hat den Lehrstuhl „Digitalisierung der Prozessentwicklung für die Additive Fertigung“ inne und verantwortet primär die Aktivitäten in der Additiven Fertigung. Prof. Schulze verantwortet neben seinen Aktivitäten am Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde vorrangig die Tätigkeiten in der Zerspanung.

Der thematische Fokus der Gruppe Additive Fertigung liegt in der ganzheitlichen Betrachtung von Werkstoff und Prozess sowie der Wechselwirkungen entlang der Prozesskette. Basis dafür sind die

Entwicklung und Optimierung von Pulvern und Schlickern als Ausgangsmaterialien für additive Fertigungsverfahren. Bereits durch das Ausgangsmaterial werden die Eigenschaften des finalen Bauteils entscheidend beeinflusst. Als additive Fertigungsverfahren werden das pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen (PBF-LB), das pulverbasierte „Extreme Hochgeschwindigkeits-Laser-Auftragsschweißen“ (3D-EHLA / DED-LB), das BinderJetting (BJT) und die badbasierte Photopolymerisation (VPP-LED) betrachtet. Die Forschungsaktivitäten umfassen dabei auch die thermische Nachbehandlung in Form des Entbinderns und Sinterns. Betrachtet werden zudem vollständige Prozessketten, die beispielsweise durch klassische Wärmebehandlungen sowie Verfahren zur Oberflächenbehandlung oder Fertigbearbeitung additiv hergestellter Bauteile mittels Zerspanung vervollständigt werden. Basis dafür ist eine Analyse der einzelnen Prozessschritte sowie eine fortwährende Charakterisierung der Bauteile entlang der Prozessketten. Unterstützt werden die Forschungsarbeiten durch digitale Methoden, wie FEM-, CFD- und DEM-Simulationen sowie die gezielte Anwendung der Künstlichen Intelligenz (KI). Beispielsweise wurde im Rahmen einer Forschungs Kooperation die Versuchsplanung zur Entwicklung von Schlicker für die badbasierte Photopolymerisation zur Keramikherstellung mittels KI optimiert. Dabei ist es mit einem Bruchteil der bei klassischen Versuchsplanungsmethoden notwendigen Versuchen gelungen, den Füllstoffgehalt über alle aus der Literatur bekannten Werte hinaus zu steigern. Ein weiteres Forschungsfeld ist die Erhöhung der Nachhaltigkeit durch Optimierung und gezielte Anwendung von additiv-basierten Prozessketten. Im Fokus stehen dabei die Steigerung der Ressourceneffizienz durch angepasste Prozessketten sowie das Remanufacturing. Die vielfältigen Projekte fokussieren dabei sowohl auf Grundlagenuntersuchungen als auch auf industrienähe Weiterentwicklungen verschiedener Prozessketten mit additiven Fertigungsverfahren.

Der thematische Fokus der Gruppe Cutting erstreckt sich primär über die Zerspanungstechniken mit einem intensiven Bestreben, vertiefte Kenntnisse in den Bereichen Surface Conditioning, Prozessmodellierung und -entwicklung zu erwerben. Trotz der anhaltenden Relevanz konventioneller Dreh- und Fräsverfahren hat sich die Forschung verstärkt auf zukunftsweisende Technologien, wie Wälzschälen, Polygondrehen und Wirbeln, ausgedehnt. Eine be-



Charakterisierung von LED-Schlickern am Rheometer

merkwürdige Neuerung in diesem Segment ist das Rotationsunrunddrehen, bei dem ein rotierendes, un rundes Werkzeug im Eingriff mit einem ebenfalls rotierenden Werkstück bewegt wird. Dieses Verfahren zeichnet sich insbesondere durch seine Anwendbarkeit in der Elektromobilität und der Medizintechnik aus, beispielsweise zur Produktion von Titan-Prothesen. Spezialität des Verfahrens ist die Fertigung von polygonförmigen Bauteilen. Im Hinblick auf Elektromobilität konzentriert sich die Forschung verstärkt auf effiziente Fertigungsverfahren, wie das Wälzschälen, das insbesondere bei der Herstellung von hochgenauen Getriebekomponenten eingesetzt wird. Hierbei ist die Gewichtsreduktion bei gleichzeitiger Maximierung der Drehmomentübertragung von essentieller Bedeutung. Das wbk hat mit einer Software zur Auslegung des Wälzschälverfahrens Maßstäbe in der industriellen Anwendung gesetzt.

Des Weiteren legt aktuelle Forschung im Bereich der Finite-Elemente-Simulation Wert auf fortschrittliche Methoden zur Spanbildungssimulation, wobei die Fluidmechanik und ortsabhängige tribologische Eigenschaften Berücksichtigung finden. Ein zusätzlicher, innovativer Fokus liegt auf der Integration von Künstlicher Intelligenz in Zerspanungstechniken.

Die Forschungsarbeiten beider Gruppen adressieren eine gezielte Einstellung der Bauteil- und Oberflächeneigenschaften durch angepasste Fertigungs-

prozesse (Volume beziehungsweise Surface Engineering) sowie eine Steigerung der Nachhaltigkeit durch optimierte Prozessketten und die Verwendung ressourcenschonender Materialien. Digitalisierungsmethoden und -ansätze, beispielsweise zur Generierung und automatisierten Auswertung von Prozessdaten, werden dabei zielführend eingesetzt. Das Surface Engineering steht beispielsweise in Projekten zur Komplementärzerspanung, dem „Hämmern des Drehen“ und dem Tauchgleitschleifen im Fokus. Die Nachhaltigkeit von Additiven Fertigungsverfahren soll unter anderem durch Verarbeitung von breiteren Pulverfraktionen gesteigert werden. Darüber hinaus nehmen der Energieverbrauch, die CO₂-Bilanzierung und die Verwendung alternativer Schmier- und Schneidstoffe eine zentrale Rolle in den Forschungsarbeiten ein. Neben der Anwendung verschiedener Simulationstechniken liegt ein Schwerpunkt der Aktivitäten im Themenfeld der Digitalisierung auf der automatisierten Versuchsplanung und Datenauswertung, beispielsweise zum Condition Monitoring und der prädiktiven Instandhaltung. Langfristige Vision ist eine autonome Fertigung, die eine automatische Prozesssteuerung und Parameteranpassung ermöglicht.

Die Projekte erfolgen mit einem engen Netzwerk aus nationalen wie internationalen Forschungs- und Industriepartnern und adressieren in aller Regel einen konkreten Anwendungsfall. Typische Beispiele sind Implantate für die Medizintechnik, Brennstoffzellen sowie Zerspanungswerkzeuge. ■



Additive Fertigung mittels PBF-LB (Fotos: Amadeus Bramsiepe, KIT)

Forschungsprojekt FWT

Multidomäne Grey Box basierter Assistent für die Werkzeugbeschichtungsauswahl beim Hochleistungsfräsen



Ansprechpartner am wbk:
Amirmohammad Jamali, M.Sc.
Telefon: +49 1732 672698
amirmohammad.jamali@kit.edu

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Ziel des Vorhabens

In den letzten Jahrzehnten wurden in allen Teildisziplinen der spanenden Fertigung erhebliche Fortschritte erzielt, zum Beispiel bei der Simulation von Zerspanungsprozessen, bei der Auslegung von Werkzeugen und Werkzeugmaschinen oder bei der Beschichtung von Werkzeugen mit verschleißfesten Hartstoffschichten. Eine sehr enge Verzahnung der fertigungstechnischen Forschung und Entwicklung mit dem Fachgebiet Tribologie besteht insbesondere bei Untersuchungen zum Verschleißverhalten von Werkzeugen. Die Wechselwirkungen zwischen Werkzeug und Werkstück bei der Zerspanung sind so komplex, dass zu ihrer Aufklärung die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen erforderlich ist.

Vorgehensweise

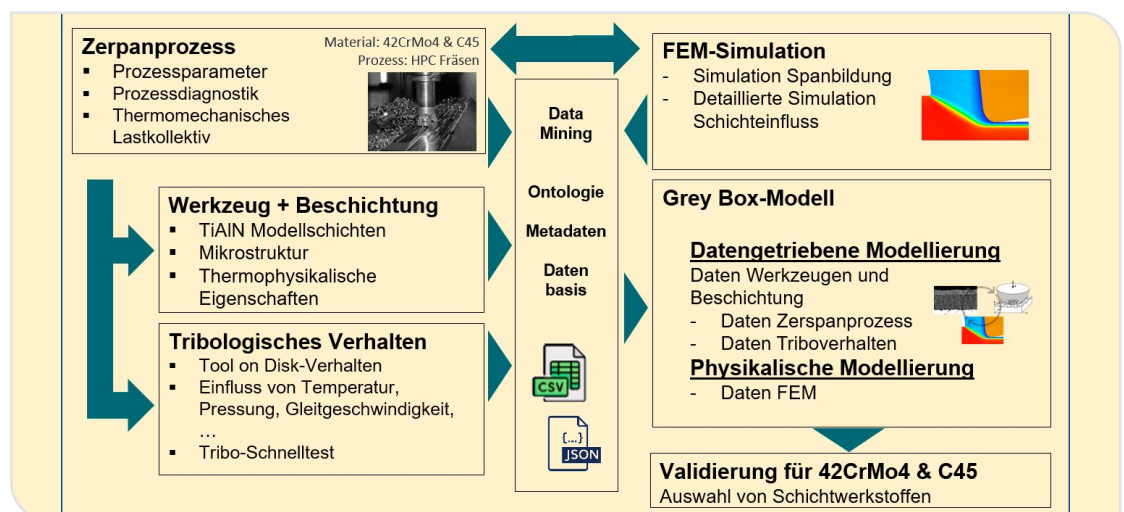
Im Rahmen dieses Forschungsprojekts soll Expertise aus den Bereichen Tribologie, Beschichtungstechnik, Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik genutzt werden. Im Fokus steht dabei insbesondere das Verständnis des Verschleißverhaltens beschichteter Werkzeuge in Abhängigkeit vom Beanspruchungskollektiv, um zukünftig eine wissensbasierte Werkzeug- bzw. Beschichtungsauswahl treffen zu können, die zu höheren Bauteiloberflächenqualitäten und Werkzeugstandzeiten führt. Industrieller Standard bei der spanenden Bearbeitung von Metallen mit geometrisch bestimmter Schneide sind Werk-

zeuge mit Hartstoffbeschichtung, die die Standzeit deutlich erhöhen. Da diese hochverschleißfeste Beschichtung bei der Zerspanung hohen Temperaturen und Gleitgeschwindigkeiten ausgesetzt ist, führt der Verschleiß zu einer chemischen und mechanischen Veränderung der Hartstoffschicht und zu einem komplexen tribologischen Verhalten. Dieses Verhalten kann heute simulativ nur unzureichend skalenübergreifend beschrieben werden. Denn die Wirkung aller möglichen Einflussgrößen ist nicht vollständig verstanden und somit ist eine genaue Bewertung und Vorhersage des Verschleißzustandes der beschichteten Werkzeuge im Zerspanungskontext meist nicht möglich.

Ergebnisse

Mit den Ergebnissen dieser Forschungsarbeiten wird es möglich sein, für jede gegebene Kombination von Prozessparametern und Werkstück-Werkstoff-Werkzeug-Kombinationen im Hochleistungszerspanungsprozess eine Prognose über die Eignung einer Werkzeugbeschichtung zu erstellen. Dadurch kann der Werkzeugeinsatz optimiert, der Werkzeugverschleiß reduziert und gleichzeitig die Produktivität gesteigert werden.

Dieses Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms: *Greybox-Modelle zur Qualifizierung beschichteter Werkzeuge für die Hochleistungszer-spanung (SPP 2402)* gefördert.



Zerspanprozess (Abbildung: wbk)

Forschungsprojekt FWT

Additive Fertigung von Sonotroden für die Ultraschall-technik und Funktionsintegration von Kühlkanälen

Ziel des Vorhabens

Die Gestaltung dauerfester Werkzeuge mit aktiver oder passiver Kühlung für das Ultraschallschweißen, sogenannte Sonotroden, ist durch konventionelle Fertigungsverfahren stark eingeschränkt. Die Additive Fertigung von metallischen Bauteilen mittels pulverbettbasiertem Laserstrahlschmelzen (PBF-LB) bietet die benötigte Designfreiheit und ist für die häufige Einzelteilerzeugung der Sonotroden grundsätzlich gut geeignet. Aufgrund von stochastisch auftretenden Defekten und Poren im PBF-LB sind die additiv hergestellten Bauteile noch nicht für die Ultraschallschweißtechnik geeignet. Ziel des Vorhabens ist daher die Optimierung und Qualifizierung des pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzens zur Herstellung von Sonotroden.

Vorgehensweise

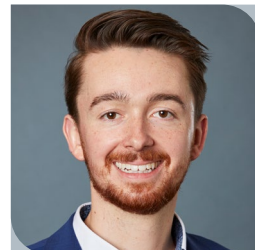
Zur Reduktion von prozessbedingten Poren wird ein feineres Pulver verarbeitet, welches das Schmelzbild im Prozess stabilisieren soll, um Defekte zu reduzieren. Die Herausforderung beim Einsatz solcher Pulver besteht in der mangelnden Beschichtbarkeit. Daher wird im Projekt ein ultraschallangeregtes Beschichtungssystem entwickelt, welches Anhaftungen von Pulverpartikeln vermeidet, wodurch eine Beschichtung ermöglicht werden soll. Um diesen neuartigen Prozess zu untersuchen, wurde ein Beschichtungsprüfstand entwickelt. Die

so erhaltenen Ergebnisse werden anschließend in die PBF-Anlage übertragen. Zur Charakterisierung der additiv hergestellten Bauteile werden die Dichte, das Gefüge sowie mechanische Kennwerte analysiert. Durch eine Wärmebehandlung sollen zudem die Anisotropie sowie prozessbedingte Eigenspannungen reduziert werden. Abschließend werden Schwingproben zur Untersuchung der Eignung als Sonotrode untersucht.

Ergebnisse

Mit Hilfe des entwickelten Beschichtungsprüfstandes und einer KI-basierten Auswertungsmethode konnte der ultraschallangeregte Beschichtungsprozess erfolgreich qualifiziert werden. Zusätzlich konnte eine Optimierung der Geometrie der Beschichterspitze, der Schwingungsamplitude und der Vorschubgeschwindigkeit für eine möglichst gleichmäßige Pulverschicht vorgenommen werden. Die Übertragung auf die Anlage wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Ermittlung eines Prozessfensters mit minimalen Defekten sowie die Qualifizierung für die Anwendung als Sonotrode stehen noch an.

Wir danken dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg (MWK) für die finanzielle Unterstützung des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM).



Ansprechpartner am wbk:
Kai Drechsel, M.Sc.
Telefon: +49 1525 437 5680
kai.drechsel@kit.edu



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST



INNOVATIONSCAMPUS
MOBILITÄT DER ZUKUNFT

PP-TECH



Eigenentwickelter Versuchsstand zur Untersuchung des Pulverauftrages im Pulverbett-basierten Laserstrahlschmelzen (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)



Forschungsbereich

Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung (MAP)



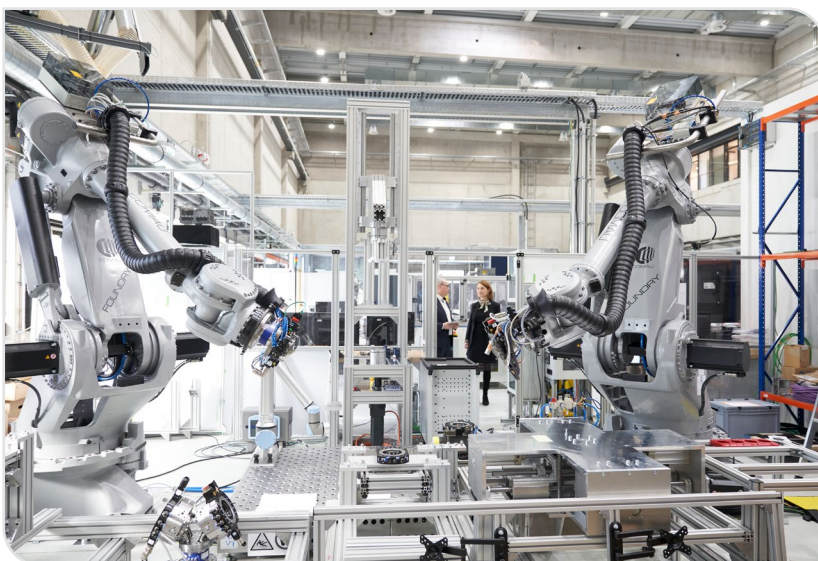
**Ansprechpartner am wbk:
Institutsleiter (MAP)**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
juergen.fleischer@kit.edu

Um dem stetig steigenden internationalen Wettbewerbsdruck gerecht zu werden, müssen Maschinen und Anlagen eine hohe Robustheit gegenüber volatilen wirtschaftlichen, politischen und technologischen Rahmenbedingungen aufweisen. Hierbei spielen einerseits ökonomische Kriterien, wie die Minimierung von Investitions- und Instandhaltungskosten, eine große Rolle, gleichzeitig gewinnen aber auch der Umgang mit neuen und teilweise noch unausgereiften Produktionsprozessen und eine ressourcenschonende Produktion beziehungsweise die Befähigung zur Kreislaufwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Insbesondere in Anwendungsfeldern, in denen Produkteigenschaften und Prozessparameter noch weitgehend unbekannt sind und Maschinen, Anlagen sowie Prozessketten bedarfsgerecht konfiguriert werden müssen, sind interdisziplinäre Fachkompetenzen erforderlich, um effiziente produktionstechnische Lösungen zu entwickeln. Um den aus dem globalen Wettbewerb resultierenden Marktanforderungen gerecht zu werden und damit die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige 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 damit verbundene Produktionstechnik werden neben der klassischen Mechanik zunehmend intelligente informationstechnische Komponenten sowie Leistungs- und Regelungselektronik integrieren, 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 wirtschaftlichem Potential, dem durch die interdisziplinären Forschungsarbeiten in der Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion Rechnung getragen wird. Die Kernkompetenzen des Forschungsbereichs 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 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.

Um die genannten Kompetenz- und Forschungsfelder und die kontinuierliche Weiterentwicklung der Kompetenzen besser abbilden zu können, wurde die Organisationsstruktur des Bereichs Maschinen, Anlagen- und Prozessautomatisierung zum Jahresbeginn 2023 restrukturiert. Die bis dato anwendungsorientierte Gruppenstruktur wurde in die drei kompetenzbasierten Gruppen „Intelligente Maschinen und Komponenten“, „Agile Produktionsanlagen“ und „Automatisierung unreifer Prozesse“ untergliedert.

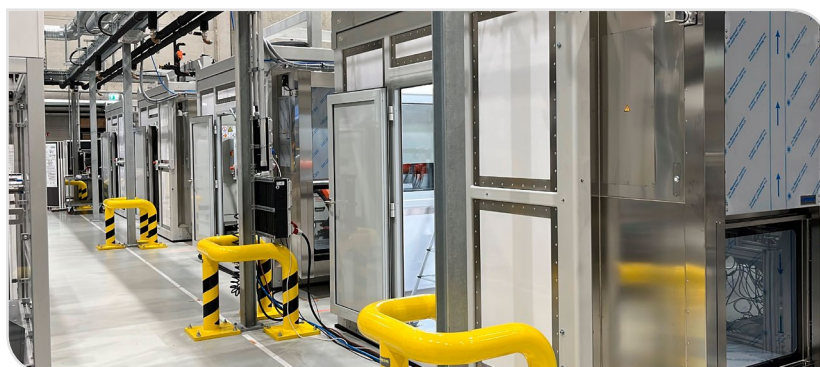


Wandlungsfähige Roboterzelle u.a. zur Batteriemoduldemontage, bei der durch Kopplung von Kinematiken im Sinne der Wertstromkinematik höhere Genauigkeiten und größere Kräfte erreicht werden können. (Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

Ein aktuelles Forschungsthema der Gruppe „Intelligente Maschinen und Komponenten“ ist die Erstellung Digitaler Zwillinge von Maschinen. Hierfür werden Ansätze erforscht, die Maschinen in die Lage versetzen, sich selbst zu sensorisieren und somit ihren eigenen Zustand und den ihrer Komponenten zu erfassen. Dazu werden dynamische Maschinenmodelle auf Basis von Referenzfahrten aufgebaut und initial parametrisiert. Darüber hinaus sorgen Optimierungsalgorithmen dafür, dass die Modelle über die Lebensdauer aktuell gehalten werden. Weitere Themen sind die Befähigung kollaborierender Roboter zur Durchführung hochpräziser Prozesse durch die Kopplung von zwei oder mehreren Robotern. Dazu muss ein optimales Zelldesign autonom erstellt werden, um die hochpräzisen Aufgaben optimal im Bearbeitungsraum abbilden zu können.

Die Forschungsgruppe „Agile Produktionsanlagen“ beschäftigt sich sowohl mit der agilen, modular aufgebauten und stückzahlflexiblen Produktion variantenreicher Produkte als auch mit deren Demontage. Im Kontext der Batteriezellfertigung zielt das Forschungsprojekt *AgiloBat* auf die format-, material- und stückzahlflexible Produktion von Lithium-Ionen-Pouchzellen ab. Realisiert wird diese agile Batteriezellfertigung durch den Einsatz modular aufgebauter Roboterzellen, die aufgrund der zu verarbeitenden feuchteempfindlichen Batteriematerialien als Microenvironments ausgeführt sind. Die Prozessmodule innerhalb der Microenvironments weisen einen großen Flexibilitätskorridor zur Abdeckung einer hohen Variantenvielfalt auf und können bei größeren Prozessänderungen, wie zum Beispiel dem Austausch einer Nassbeschichtung durch eine Trockenbeschichtung, mittels Hallenkran gewechselt werden. Mit der anschließenden Demontage von Batteriezellen nach Lebensende beschäftigt sich das Forschungsprojekt *DiRecReg*, in dem ein Prozessmodul zur Zellöffnung und zum Entstapeln entsteht. Die agile Fertigung, Demontage und additiv-subtraktive Reparatur von Elektromotoren, die Demontage von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren sowie die energieeffiziente und variantenreiche Handhabung runden das Forschungsprofil der Gruppe ab.

Die Befähigung von Produktionsprozessen zur industriellen Skalierung steht im Fokus der Forschungsgruppe „Automatisierung unreifer Prozesse“. Durch den Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz sowie auf Basis der Modellierung und Simulation von Produktionsprozessen mittels physikalischer und da-



Agile Batteriezellfertigung mittels Microenvironments zur format-, material- und stückzahlflexiblen Produktion von Lithium-Ionen-Batteriezellen in der Karlsruher Forschungsfabrik (Foto: wbk)

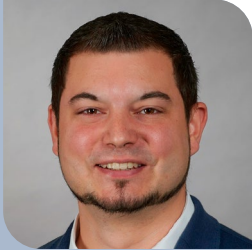
tengetriebener Ansätze werden dabei Digitale Zwillinge von Produktionsanlagen erstellt, die eine Beschleunigung der Anlageninbetriebnahme sowie eine Reduzierung des Materialausschusses ermöglichen. Darüber hinaus wird der Machbarkeitsnachweis für innovative Anlagenkonzepte, zum Beispiel einer neuartigen Produktionsanlage zur kontinuierlichen und flexiblen Vereinzelung und Stapelbildung von Batterieelektroden (EXINOS) in Form von Demonstratoren mit mittlerem TRL erbracht und anschließend in enger Kooperation mit Maschinen und Anlagenbauern zur Industrialisierung befähigt. Der Forderung nach immer individuelleren Produkten in immer kleineren Losgrößen kann durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren Rechnung getragen werden. Hierzu werden experimentelle Methoden sowie Simulationen zur Untersuchung und Charakterisierung der Prozesseigenschaften, sowohl für pulverbett- als auch für extrusionsbasierte Verfahren untersucht. ■



Neuartiges Maschinenkonzept EXINOS zur kontinuierlichen und flexiblen Batteriezellassemblierung als Anlagendemonstrator sowie der zugrundeliegende Digitale Anlagenzwillig (Foto: wbk)

Forschungsprojekt MAP

Grundlagen einer Remanufacturing-Prozesskette für funktionelle, hybridisierte Polymerbauteile



Ansprechpartner am wbk:
Michael Baranowski, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2642
michael.baranowski@kit.edu



Ziel des Vorhabens

Ausgehend von der Vision einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Gesellschaft, welche die lange Nutzbarkeit von Produkten über ein Recht auf Reparatur festlegen möchte, hat das Projekt RESTORE zum Ziel, eine additiv-subtraktive FFF-Anlage (Fused Filament Fabrication) zu erweitern, um eine bauteilflexible Reparatur von hochintegrierten Kunststoffbauteile zu ermöglichen. Am Beispiel der Axialflussmaschine soll durch die erweiterte Prozesskette diese minimalinvasiv geöffnet, zerlegt, repariert, oder für den beabsichtigten Zweck modifiziert und für eine weitere Verwendung wieder zusammengesetzt werden.

Vorgehensweise

Neben den Forschungsaktivitäten der beteiligten Partnerinstitute der Universität Stuttgart (IFB, IEW, IFSW) und dem Karlsruher Institut für Technologie (FAST) wird zur Befähigung des Reparaturprozesses durch das wbk Institut für Produktionstechnik der bestehende FFF-Prozess durch zusätzliche Betriebsmittel, weitere Anlagenmodule zur Nachbearbeitung sowie ein Softwaretool zur Prozessplanung erweitert. Um diese erweiterte Prozesskette zu charakterisieren, entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des wbk Bearbeitungsstrategien, die es ermöglichen, die zu ersetzenden Komponenten (Polschuh, Lager) der Axialflussmaschine automatisiert zu entfernen und einzusetzen.

Dabei werden die verschiedenen Prozesseinflussgrößen hinsichtlich minimalinvasiver Demontage analysiert, quantifiziert und bezüglich absehbarer Wechselwirkungen untersucht.

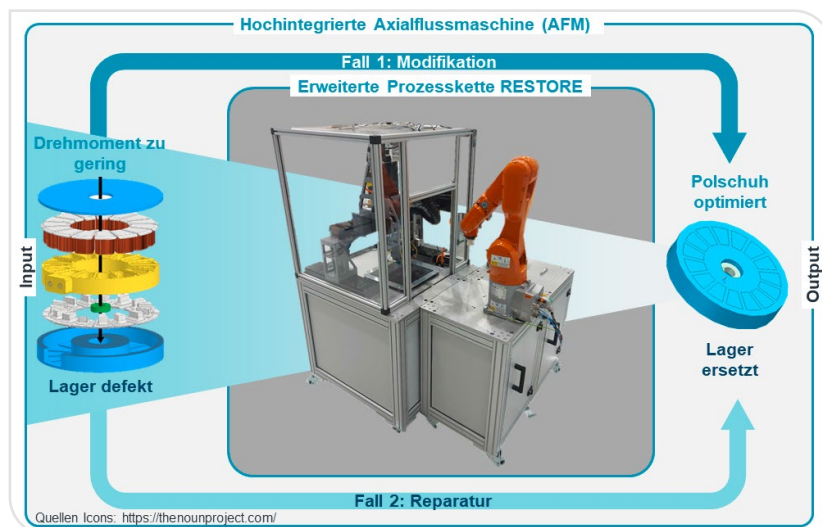


Axialflussmaschine mit Polschuh und Lagersitz (Abbildung: wbk)

Ergebnisse

Bisherige Ergebnisse im Projekt RESTORE umfassen eine modulare Bauplattform, die ein Aufspannen sowie Bearbeiten der zu reparierenden Axialflussmaschine ermöglicht. Darüber hinaus wurden intelligente Endeffektoren für den Handhabungsroboter entwickelt, mit Hilfe derer eine gezielte Entnahme sowie Positionierung der zu ersetzenden Polschuhe oder Lager ermöglicht wird. Auf Basis einer am Roboterarm fixierte 3D-Kamera konnte die Machbarkeit zur gezielten Lokalisierung der zu ersetzenden Komponenten nachgewiesen werden. Durch eine softwareseitige Bestimmung der Bewegungstrajektorie des Roboters auf Grundlage der Bilddaten der 3D-Kamera kann eine robotergestützte Entnahme und Ablage dieser Komponenten realisiert werden. Zudem wurden Prozessstrategien entwickelt, um mit Hilfe eines additiv-subtraktiven Bearbeitungsansatzes den Sitz von Polschuhen, beziehungsweise von Lagern, für ein Einsetzen der neuen Komponenten vorzubereiten. Zukünftige Forschungsaktivitäten adressieren die Integration eines Laserprozesses zur subtraktiven Fertigung in die Anlagenarchitektur sowie die softwareseitige Orchestrierung der erweiterten Prozesskette.

RESTORE ist ein Projekt im Rahmen des Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM). Es wird gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.



Zielbild der erweiterten Prozesskette zur Reparatur und Modifikation einer Axialflussmaschine (Abbildung: wbk)

Forschungsprojekt MAP

Prozessmodellierung zur Optimierung der Batterie-zellfertigung

Ziel des Vorhabens

Um den wachsenden Bedarf an Batteriezellen für die Elektromobilität in Zukunft zu decken, sind robuste Produktionsprozesse sowie leistungsstarke Maschinen und Anlagen erforderlich. Innerhalb der Batteriezellproduktionskette nimmt der Prozessschritt der Stapelbildung eine entscheidende Rolle ein. Aktuell ist dieser Prozess von einer Vielzahl komplexer Wechselwirkungen geprägt, die noch nicht ausreichend verstanden sind. Dies führt oft zu falsch dimensionierten Produktionsanlagen und hohen Ausschussraten, was sich in hohen Produktkosten widerspiegelt.

Das Hauptziel des Projektes *ProMoBatt* besteht darin, den Prozessschritt der Stapelbildung mit Hilfe digitaler Modelle abzubilden. Dadurch sollen Optimierungsmöglichkeiten für die Entwicklung, Inbetriebnahme und den Betrieb der Anlagen erschlossen werden. Die digitalen Modelle sollen dazu beitragen, sowohl die Effizienz als auch die Qualität der Batteriezellproduktion entscheidend zu verbessern und somit einen wichtigen Beitrag zur Bewältigung der steigenden Nachfrage nach Elektromobilität zu leisten.

Vorgehensweise

In enger Zusammenarbeit mit den Forschungspartnern an der Hochschule Aalen und der TU Berlin sowie den Industriepartnern BST, J. Schmalz, Carl Zeiss Industrielle Messtechnik, Jonas & Redmann Automatisierungstechnik und Siemens werden innovative Modelle entwickelt, validiert

und optimierte Technologien erschlossen, um den Stapelprozess zu verbessern. Im Rahmen dieses Projektes sollen dabei spezifische Teilmodelle für die Greif- und Bahnführungssysteme entwickelt und über klar definierte Schnittstellen miteinander verknüpft werden.

Das Team des wbk Institut für Produktionstechnik widmet sich insbesondere der Modellierung der maschinenseitigen Einflüsse auf Prozesse zur Verarbeitung von Elektroden- und Separatorbahnen. Dies ermöglicht es, bereits in der frühen Entwicklungsphase neuer Maschinen potenzielle Schwachstellen zu identifizieren und den Inbetriebnahmeprozess der Anlagen zu beschleunigen. So können abhängig der zu verarbeitenden Materialien die zugeschnittenen Einstellparameter an den Maschinen ermittelt werden. Als Anwendungsfall dient hierbei eine neue, am wbk entwickelte, Anlage zur flexiblen und kontinuierlichen Stapelbildung (genannt EXINOS).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der verschiedenen Arbeitspakete werden die entwickelten, validierten und verknüpften Modelle der Teilprozesse sein. Auf Grundlage dieser Modelle erfolgt die Optimierung von Einzelkomponenten und der Aufbau performanter und robuster Anlagentechnik.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz der Bundesrepublik Deutschland (BMWK) gefördert.



Ansprechpartner am wbk:
Kamal Husseini, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2664
kamal.husseini@kit.edu

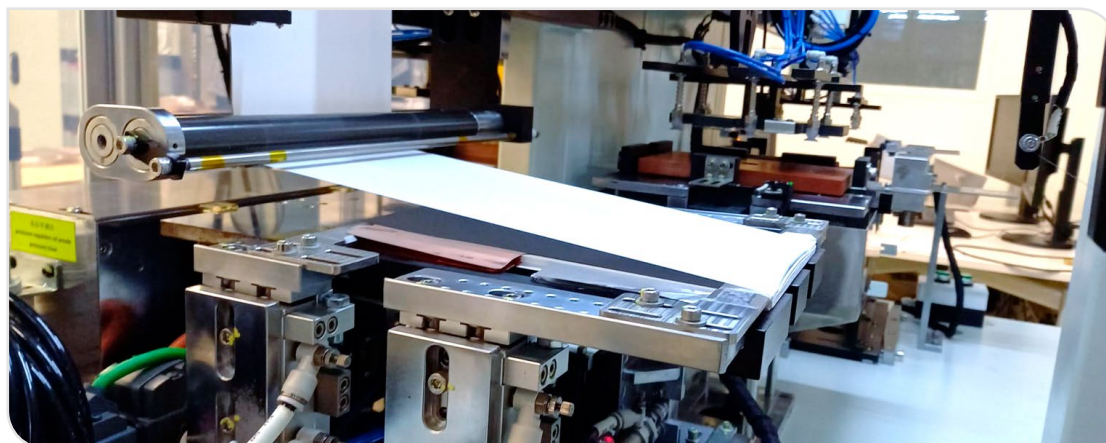


Ansprechpartner am wbk:
Nils Schmidgruber, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2604
nils.schmidgruber@kit.edu

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Stapelbildung am Beispiel des Z-Faltens (Foto: wbk)



Forschungsbereich

Produktionssysteme (PRO)



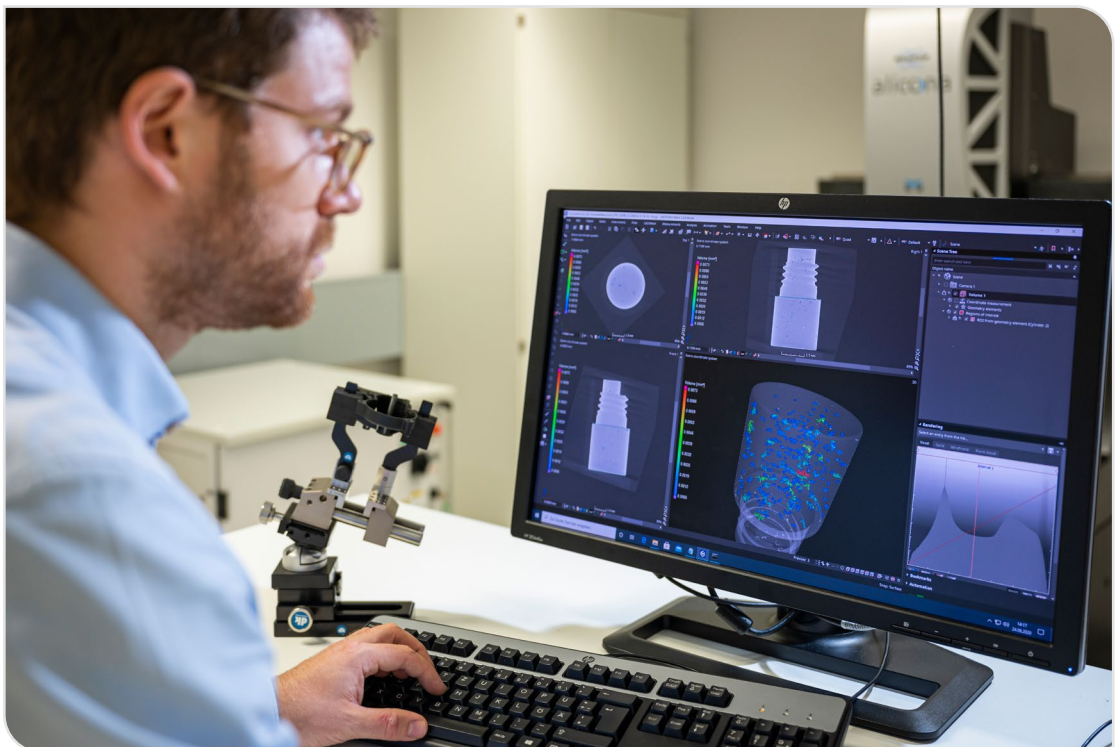
**Ansprechpartnerin am wbk:
Institutsleiterin (PRO)**
Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
gisela.lanza@kit.edu

Die moderne industrielle Produktion zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Individualisierung und Varianz in Bezug auf die herzustellenden Produkte aus. Dies erfordert von Produktionssystemen, einschließlich der Zuführungs- und Intralogistik, ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit und Flexibilität. Im Forschungsbereich Produktionssysteme (PRO) am wbk Institut für Produktionstechnik stehen die Konzeption, Beurteilung und Lenkung der Produktion von heute und morgen im Fokus. Dazu entwickelt und erforscht die PRO in den drei Gruppen Globale Produktionsstrategien, Produktionssystemplanung und Qualitätssicherung Methoden zur Verbesserung der Produktion. Die Gruppe Globale Produktionsstrategien befasst sich mit der strategischen Ausrichtung, Gestaltung und dem Management von Produktionsnetzwerken, die sich aus mehreren international verteilten Standorten zusammensetzen. Dabei liegt der Fokus unter anderem auf nachhaltigen und kreisläufigen Produktionsnetzwerken sowie auf Methoden zur Steigerung der Resilienz gegenüber äußeren Einflüssen. Die Gruppe Produktionssystemplanung befasst sich mit der Planung und Steuerung einzelner Fertigungs- und Montagelinien und Produktionssegmenten und verwendet dabei Methoden aus den Bereichen Lean, Industrie 4.0 und Machine Learning. In den letzten Jahren stehen insbesondere

re Aktivitäten zum Produkt-Produktions-CoDesign und der softwaregetriebenen Produktion im Vordergrund. Die Gruppe Qualitätssicherung dagegen fokussiert die funktionsorientierte Qualitätsregelung von Produktionssystemen. Dazu erforscht sie neue Messmethoden, entwickelt autonome Messsysteme und definiert Verfahren zur Informationsfusion unter Unsicherheit.

Zur Verbesserung der Produktion arbeitet die PRO daran, agile Produktionssysteme mit widerstandsfähigen Prozessen in einer globalen, digitalisierten Produktionslandschaft zu erschaffen. Besonders herausfordernd ist es, in sich rasch wandelnden Märkten und unter turbulenten Bedingungen erfolgreich zu agieren, was sich beispielsweise in der industriellen Produktion während der Pandemie, Kriegen, der Umstellung auf neue Mobilitätskonzepte und den Engpässen bei der Energieversorgung zeigt.

Industrie 4.0 strebt hochgradig anpassungsfähige Produktionssysteme an, die sich an verschiedene Stückzahlen und Produktvarianten anpassen können. Dies ermöglicht es, neue Produkte zügig einzuführen, selbst bei kleineren Produktionslosgrößen, und erfordert sowohl modular aufgebaute Produktionssysteme auf der Hardwareseite als



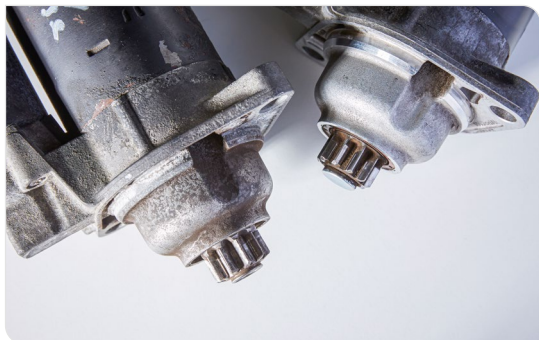
Messdatenfusion und Integration von Vorwissen für die industrielle Computertomographie

auch flexible, angepasste und verbundene Softwarelösungen. Die Entwicklung von Software für die Software definierte Produktion erweist sich oft als Hauptkosten- und -risikofaktor für Unternehmen und wird daher intensiv erforscht, um einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu schaffen.

Darüber hinaus beschäftigt sich die PRO mit der Kreislauffabrik und dem Remanufacturing, also der nachhaltigen Wiederaufarbeitung von Altteilen, und anderen Aspekten einer umweltfreundlichen Produktion, wie der Verringerung von Ausschuss und Ressourcenverbrauch. Es werden Methoden zur gezielten Anpassung globaler Produktionsnetzwerke entwickelt und alternative, widerstandsfähige

Pfade zur Anpassung unter zur Hilfenahme von Digitalen Zwillingen erforscht. Im Bereich der Qualitätssicherung wird auf die Untersuchung von Rückläufern gesetzt, wobei insbesondere KI-Methoden in Verbindung mit optischen Messsystemen zur Anwendung kommen. Die Demontage stellt spezielle Herausforderungen an die Produktionsplanung und -steuerung dar, da sie sich von herkömmlichen Montageprozessen unterscheidet. Zudem liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der Vorausschau unreifer Fertigungstechnologien wie additive Verfahren und Entscheidungsunterstützungssysteme für ein gezieltes Produkt-Produktions-CoDesign. In diesem Zusammenhang fand in diesem Jahr die zweite Karlsruher Tagung für Produkt-Produktions-CoDesign statt.

Um höchste Prozessqualität, insbesondere bei unreifen Fertigungsprozessen, wie der Herstellung von Faserverbundbauteilen, Batterien, Brennstoffzellen und additiv gefertigten Bauteilen, sicherzustellen, widmet sich das Institut ebenfalls intensiv der Forschung in diesem Bereich. ■



Remanufacturing: Werterhalt am Beispiel der Elektromotorfertigung



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

Forschungsprojekt PRO

***DiKliMa* – Die Qualifizierungsoffensive für Digitalisierung, Klimamanagement und Mitarbeitergewinnung im Maschinen- und Anlagenbau**



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



Ansprechpartner am wbk:
Immanuel Heider, M.Sc.
Telefon: +49 172 141 1977
imanuel.heider@kit.edu

Der Fachkräftemangel, zunehmende Anforderungen an Klimaschutz und Nachhaltigkeit sowie die Digitalisierung stellen für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) des Maschinen- und Anlagenbaus enorme Herausforderungen dar. Gleichzeitig ergeben sich dabei Chancen zur Weiterentwicklung. An dieser Stelle setzt das Projekt Digitalisierung, Klimamanagement und Mitarbeitergewinnung im Maschinen- und Anlagenbau (*DiKliMa*) an. Es hat zum Ziel, KMU und deren Mitarbeitende für die vielfältigen aktuellen Herausforderungen zu rüsten. Das wbk Institut für Produktionstechnik entwickelt hierfür in Kooperation mit der Nachwuchsstiftung Maschinenbau ein Weiterbildungskonzept, welches einen Ausblick auf aktuelle und kommende Herausforderungen gibt und dafür Handlungsmöglichkeiten aufzeigt. Die Schulungen richten sich an Teilnehmende mit unterschiedlichem fachlichem Hintergrund und unterschiedlicher Berufserfahrung im Unternehmen. Auszubildende im kaufmännischen Bereich sind genauso angesprochen wie Elektrotechnikingenieurinnen und -ingenieure in der Geschäftsführung.

Ein Schwerpunkt des Projektes *DiKliMa* liegt darin, Nachhaltigkeitsinitiativen der KMU des Maschinen- und Anlagenbaus zu stärken. Für Unternehmen stellt dieses Thema aktuell eine komplexe Aufgabe dar, da sie mit Herausforderungen wie steigenden Umweltauflagen, sich verändernden Verbraucherpräferenzen und dem Druck, ihre CO₂-Bilanz zu verbessern, konfrontiert sind. Die KMU haben oft nur begrenzte

Ressourcen und wenig Erfahrung, wenn es darum geht, nachhaltige Praktiken in ihre bestehenden Betriebsabläufe zu integrieren. *DiKliMa* zielt darauf ab, diese Lücke zu schließen, indem praxisnahe Beratung und Schulungen angeboten werden. Ein zentraler Aspekt von *DiKliMa* ist es, Kreislaufwirtschaftskonzepten im Maschinen- und Anlagenbau zu fördern. Hierbei werden beispielsweise Methoden aufgezeigt, um die Produktionsprozesse zu optimieren. Ziel ist es, den Lebenszyklus von Maschinen zu verlängern, Abfälle zu minimieren und Ressourcen effizienter zu nutzen.

Die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie ist ein Schlüsselaspekt von *DiKliMa*. In dem Know-how ausgetauscht und Netzwerke geschaffen werden, lassen sich nachhaltige Innovationen vorantreiben. Letztendlich strebt das Projektteam an, Unternehmen hinsichtlich Umweltschutz und Nachhaltigkeit als Vorreiter zu positionieren.

Das drei Jahre andauernde Projekt startete zum 01. Januar 2023 und befindet sich derzeit in der Entwicklungsphase. Das Qualifizierungsangebot, bestehend aus Schulungen sowie Materialien zum Selbststudium, wird in den Jahren 2024 und 2025 zur Verfügung stehen.

Gefördert wird das Projekt *DiKliMa* durch den Europäischen Sozialfonds Plus (ESF Plus) und das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg.

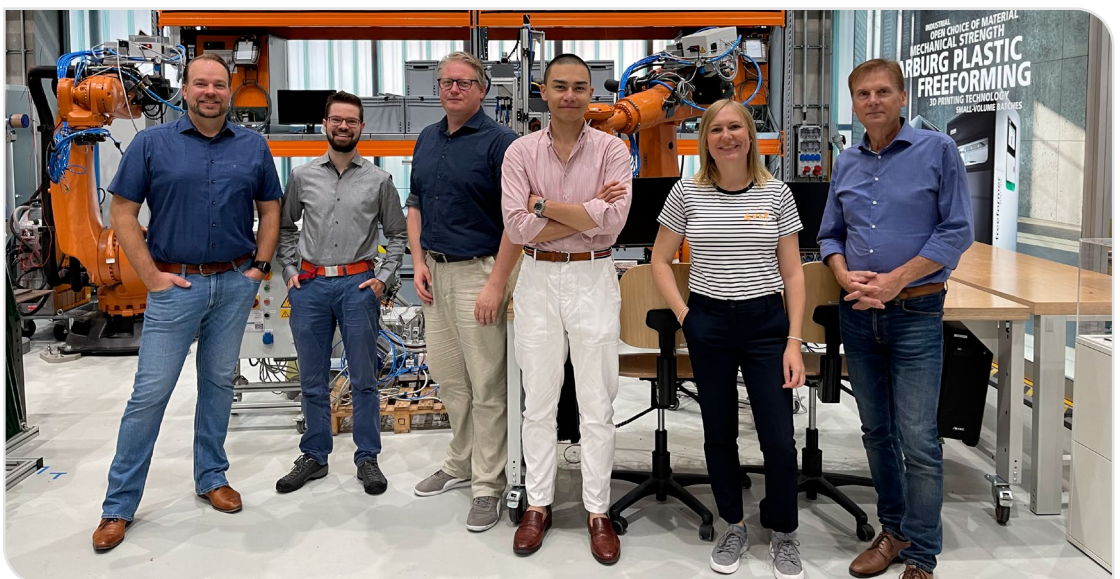


Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS



Kofinanziert von der Europäischen Union



Das Projektteam *DiKliMa* stärkt u.a. Nachhaltigkeitsinitiativen der KMU. (Foto: wbk)

Forschungsprojekt PRO

***CliCE-DiPP* – Climate-neutral Circular Economy enabled by Digital Product Carbon Pass (GreenTech)**

Ziel des Vorhabens

Die industrielle Produktion ist einer der größten CO₂-Emittenten und in vielen Bereichen noch weit von der Klimaneutralität entfernt. Um die im Bundes-Klimaschutzgesetz vereinbarte Senkung der Treibhausgasemissionen zu erreichen, ist es notwendig, die Produktion durch die Nutzung digitaler Technologien ökonomisch und ökologisch nachhaltiger zu gestalten. Ziel des Verbundprojekts *CliCE-DiPP* ist es, durch die Entwicklung eines digitalen CO₂-Produktpasses die Klimaneutralität über die gesamte zirkuläre Wertschöpfungskette hinweg zu ermöglichen. Zu diesem Zweck werden notwendige Analyse- und Optimierungswerkzeuge für die CO₂-Emissionen unter besonderer Berücksichtigung einer Kreislaufwirtschaft entwickelt.

Der Schwerpunkt am wbk Institut für Produktionstechnik ist hierbei einerseits ein wertschöpfungsketten- und sektorenübergreifender digitaler CO₂-Produktpass sowie eine darauf aufbauende Optimierung der Steuerung der Kreislaufwirtschaft in (globalen) Produktionsnetzwerken. Andererseits steht die Erweiterung der Gesamtanlageneffektivität (OEE) um das Zielsystem der Nachhaltigkeit und darauf aufbauend die Berücksichtigung dieser im Shopfloor Management zur wirtschaftlichen und ressourcen-effizienten Steuerung der Produktion sowie zur Sensibilisierung von Mitarbeitenden im Fokus.

Vorgehensweise

Gemeinsam mit den Projektpartnern, dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und

Werkzeugmaschinen der Universität Darmstadt, der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, der Software AG, der ABM-Mess Service GmbH, der Festo SE & Co.KG, der Lorenz GmbH & Co.KG und der Protektorwerk Florenz Maisch GmbH & Co. KG, wird während der dreijährigen Laufzeit zunächst ein Datenmodell für sektorübergreifende, digitale CO₂-Produktpässe entwickelt. Darüber hinaus werden Produktionsanlagen beispielsweise mit Hilfe von Sensorik befähigt, alle notwendigen Prozess- und Produktdaten zu ermitteln. Anhand dieser Daten wird der Ressourceneinsatz jedes Produktionsteilprozesses in einen individuellen Product Carbon Footprint umgerechnet, in einer Verwaltungsschale gespeichert und zusammen mit Rückverfolgbarkeitsdaten in einem digitalen CO₂-Produktpass zusammengefasst.

Ergebnisse

Im Projekt *CliCE-DiPP* entstehen digitale Assistenzsysteme für die Kreislaufwirtschaft, um eine energieeffiziente Gesamtanlageneffektivität zu erreichen. Zudem werden Assistenztools zur Sensibilisierung der Mitarbeitenden für das Thema Nachhaltigkeit mittels Shopfloor Management entwickelt. Die Assistenzsysteme und Demonstratoren werden in den Lernfabriken der wissenschaftlichen Institute zunächst pilotiert und validiert und anschließend bei den Anwendungsunternehmen in reale Anwendungsszenarien überführt. Durch die branchenübergreifende Auswahl von Anwendungspartnern im Konsortium, die entlang der Lieferkette verschiedene Rollen einnehmen, wird die Übertragbarkeit der Lösung auf weitere Industriezweige und Branchen sichergestellt. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner am wbk:
Moritz Hörger, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2656
moritz.hoerger@kit.edu



Ansprechpartner am wbk:
Yannik Hermann, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2593
yannik.hermann@kit.edu



CliCE - DiPP

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das Konsortium von *CliCE-DiPP* beim Kick-Off am 06. Juni bei der Software AG in Darmstadt
(Foto: Software AG)



Forschungsschwerpunkt Elektromobilität



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



Ansprechpartner am wbk:
Florian Köbler, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2657
florian.koessler@kit.edu

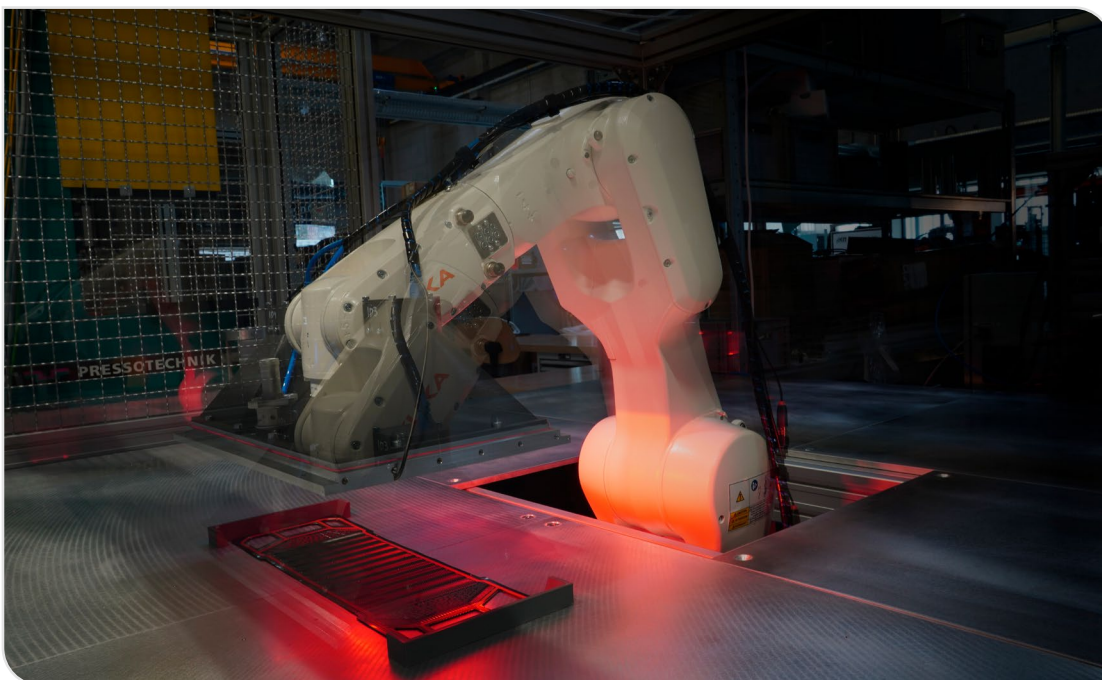
Im Forschungsschwerpunkt Elektromobilität forscht das wbk Institut für Produktionstechnik an Fertigungs-, Montage- und Handhabungsprozessen für die Produktion hybrider und vollelektrischer Antriebsstränge. Um die hohen Anforderungen der Automobilindustrie hinsichtlich Taktzeit, Stückkosten, Qualitätssicherung, Wirkungsgrad, Lebensdauer, Gewicht, Bauraum sowie Leistungs- und Energiedichte erfüllen zu können, gilt es, die Produktionstechnik für Batterien, Brennstoffzellen und Elektromotoren entsprechend zu befähigen. Gleichzeitig sind die Produkthanforderungen, das Marktumfeld, die globalen Lieferketten sowie die produkt- und produktionsspezifischen Technologien, insbesondere infolge der globalen Krisen und den daraus resultierenden geopolitischen Rahmenbedingungen, höchst volatil.

Die Forschenden des wbk im Schwerpunkt Elektromobilität haben sich daher zum Ziel gesetzt, Produktionstechnologien für die automatisierte Herstellung von Batterien, Brennstoffzellen und Elektromotoren für eine effiziente und zugleich wandlungsfähige Serienfertigung zu befähigen. Durch den Einsatz industrienaher Automatisierungslösungen wird ein schneller Transfer von im Laborumfeld neu entwickelten Produktionstechnologien und -prozessen in die wirtschaftliche Serienanwendung angestrebt. Zusätzlich ermöglichen analytische und numerische Modellierungsansätze eine frühzeitige Einbindung

produktionstechnischer Restriktionen in die Produktentwicklung, um den Produktionsanlauf auf Basis durchgängiger digitaler Prozessketten zu beschleunigen.

Im Bereich der Batterie werden gesamte Produktionsanlagen und -systeme für eine format-, material- und stückzahlflexible Produktion modularisiert sowie deren Gesamtanlageneffektivität durch die Integration innovativer Sensorsysteme und intelligenter Regelungsalgorithmen gesteigert. Darüber hinaus werden vor dem Hintergrund der zunehmenden Relevanz der Kreislaufwirtschaft flexible Demontageprozesse für Batteriemodule erforscht. Im Kontext der Brennstoffzelle untersuchen die Forschenden am wbk Prozesse zur kontinuierlichen Verarbeitung der Membrane Electrode Assembly (MEA) sowie flexibler, qualitäts- und durchsatzoptimierter Handhabungstechnologien bei der Stapelbildung. 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 mo-

dellgestützte Prozesse für das Wuchten und Schleudern von Rotoren permanenterregter Synchronmaschinen sowie nachhaltige Produkt- und Produktionstechnologien im Fokus der Forschungsarbeiten. Somit werden im Forschungsschwerpunkt Elektromobilität die produktionstechnischen Herausforderungen der Grundelemente des elektrifizierten Antriebsstrangs ganzheitlich adressiert – von der Lieferkette über die Produktion bis hin zur Demontage von End-of-Life Produkten. ■



Intelligenter Greifer zur hochpräzisen Stapelung von Bauteilen in der Brennstoffzellenfertigung (Foto: wbk)

Forschungsprojekt Elektromobilität

POLiS – Post Lithium Storage Cluster of Excellence

Ziel des Vorhabens

Die Europäische Kommission warnt vor möglichen Lieferengpässen bei den derzeitigen Lithium-Ionen-Batterien (LIB) aufgrund von Ressourcenknappheit sowie der unsicheren politischen Lage in einigen Rohstofflieferländern. Im Rahmen des Exzellenzclusters *Post Lithium Storage Cluster of Excellence (POLiS)* der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) werden neue Batteriematerialien und Technologiekonzepte entwickelt, um elektrische Energie nachhaltiger und effizienter speichern zu können. Sogenannte Post-Lithium-Batterien, die beispielsweise auf Natrium basieren, bieten das Potenzial für mehr Energieeffizienz, Sicherheit und langfristige Kostenersparnisse. Dabei stellt sich die Frage nach der Produzierbarkeit, die wissenschaftlich nicht belegt ist. Das Team des wbk Institut für Produktionstechnik hat es sich daher zum Ziel gesetzt, das Kalandrierverhalten von Elektroden für Natrium-Ionen-Batterien (NIB) mit dem von konventionellen Kathoden für LIB zu vergleichen und so die Übertragbarkeit der Produzierbarkeit von LIB zu NIB hinsichtlich des Kalandrierens zu untersuchen.

Vorgehensweise

Das Kalandrierverhalten wird anhand des Auftretens von Fehlerbildern am Beispiel der „Längsfaltenbildung“ untersucht. Es werden Kalandrierversuche an verschiedenen Elektroden durchgeführt, bei denen die Zieldichte der Elektroden, die Temperatur der Kalandrierwalzen sowie der Bahnzug variiert werden. Dabei wird die entstehende Längsfalte mit Hilfe eines Lasertriangulationssystems sowie eines 3D-Scanners aufgezeichnet und es werden charakteristische Geometriemerkmale der Falte ausgewertet. Weiter werden die Materialeigenschaften der kalandrierten Elektroden mit denen der unkalandrierten Elektroden bei verschiedenen Materialzusammensetzungen verglichen. Zuletzt soll eine anlagenseitige Erweiterung entworfen werden, um die Bildung der Längsfalten zukünftig im Prozess reduzieren zu können.

Ergebnisse

Längsfalten entstehen in Laufrichtung der Elektrode und meist im unbeschichteten Randbereich. Sie werden auch in Elektroden für NIB beobachtet und stellen sowohl aufgrund der hohen Bahnrissegefahr als auch der eingeschränkten Aufwickelqualität eine

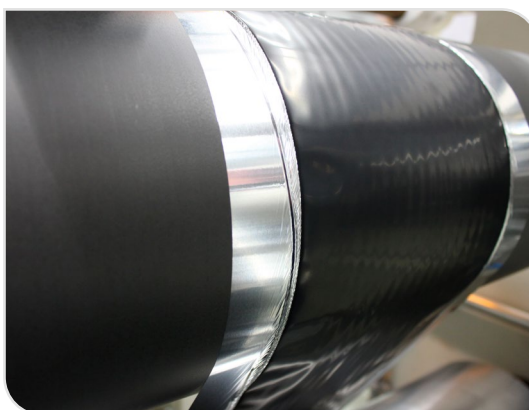
große Herausforderung für die Weiterverarbeitung dar. Die Elektroden verformen sich bei der Verdichtung durch das Kalandrieren und treffen somit nicht eben auf die Umlenkrollen. Ab einem kritischen Bahnzug kann die Elektrode die Unebenheit nicht ausgleichen und es entsteht eine Längsfalte zur Kompensation. Die Faktoren Dichte, Bahnzug und Temperatur beeinflussen dabei die Höhe, Breite und Position der Längsfalte. Vorversuche haben gezeigt, dass ein Strecken der Elektrode vor dem Auftreffen der Elektrode auf die Umlenkrolle die Bildung der Längsfalten verringern kann.

Diese Forschungsarbeit wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie – EXC 2154-Projektnummer 390874152 und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Projekt InteKal (Förderkennzeichen Nummer 03XP0348C) gefördert. Darüber hinaus wurde ein Teil dieser Arbeit am Batterietechnikum des KIT (KIT-BATEC) durchgeführt und trägt zur Forschung am CELEST (Center for Electrochemical Energy Storage Ulm-Karlsruhe) bei.

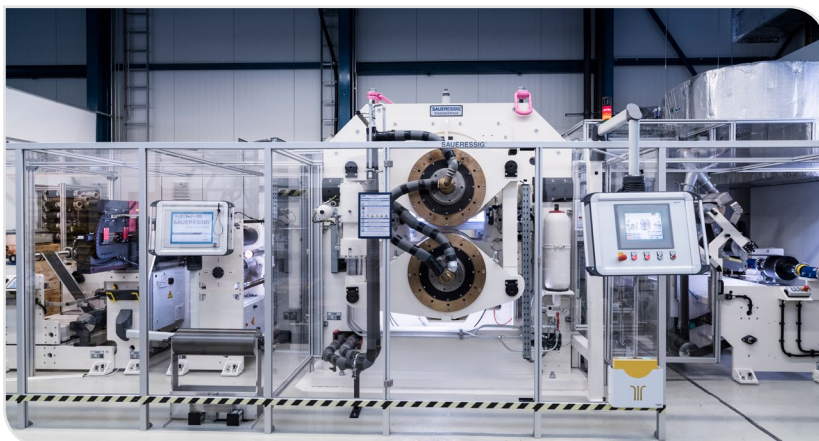


Ansprechpartnerin am wbk:
Ann-Kathrin Wurba, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2617
ann-kathrin.wurba@kit.edu

Gefördert durch
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft



Längsfalte in einer LIB-Kathode (Foto: wbk)



Kalander am Batterietechnikum des Campus Nord (Foto: Markus Breig, KIT)



Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung



Ansprechpartner am wbk:
Johannes Schubert, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2658
johannes.schubert@kit.edu

Die additive Fertigung (engl. Additive Manufacturing, AM) hat in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung erlebt und wird in der Zukunft eine noch größere Rolle in der Fertigungsindustrie spielen. Additive Fertigungsverfahren bieten aufgrund ihrer hohen Gestaltungsfreiheit ein großes Potenzial zur Herstellung optimierter und individualisierter Bauteile. Daher erlebt die additive Fertigungsbranche ein starkes Wachstum und ständig neue Anwendungsbereiche. Dies geht mit immer neuen Herausforderungen einher, die seitens der Produktionstechnik vor allem in der Integration bestehender und neuer Prozessketten, sowie der eingeschränkten Materialauswahl und in langen Prozesszeiten liegen. Im Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung werden die Kompetenzen der drei Forschungsbereiche am wbk Institut für Produktionstechnik zur ganzheitlichen Optimierung der additiven Fertigung gebündelt. In Zusammenarbeit mit einem starken Netzwerk aus Industrie- und Forschungspartnern werden verschiedene additive Prozessketten ganzheitlich betrachtet. Für Kunststoffe werden das Materialextrusionsverfahren (MEX) Arburg-Kunststoff-Freiformen und das pulverbettbasierte Schmelzverfahren (PBF) Selektives Lasersintern insbesondere hinsichtlich der Integration von Verstärkungsfasern weiterentwickelt. Zur additiven Fertigung von Metallen werden das Pulverbettbasierte Laserstrahlschmelzen (PBF-LB) und seit diesem Jahr auch das BinderJetting-Verfahren (BJT) und das pulverbasierte „Extreme

Hochgeschwindigkeits-Laser-Auftragsschweißen“ (3D-EHLA) optimiert. Hierzu konnten in der ersten Jahreshälfte die beiden neuen Anlagen von CONCR3DE (Rotterdam, NL) und Ponticon (Wiesbaden) erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die additive Fertigung von Keramiken erfolgt mittels badbasierter Photopolymerisation (VPP-LED) und perspektivisch ergänzend mittels BinderJetting. Beide Prozesse vereint ein nachfolgender Entbinder- und Sinterschritt, wodurch die Bauteile ihre charakteristischen Eigenschaften erhalten.

Für alle additiven Fertigungsverfahren ist die Charakterisierung und Optimierung der Ausgangsmaterialien, der sogenannten Feedstocks, unerlässlich, um die Prozessgrenzen zu verschieben und neue Werkstoffe zu qualifizieren. Aus diesem Grund wurde in den vergangenen Jahren schrittweise ein Feedstock-Labor zur Charakterisierung und Aufbereitung von Ausgangsstoffen für die Additive Fertigung aufgebaut. Dieses umfasst beispielsweise genormte Aufbauten zur Bestimmung der Schütt- und Stampfdichte von Pulvern, aber auch Eigenbauten zur spezifischen Charakterisierung von prozessrelevanten Eigenschaften. Beispielsweise kann in einem am wbk entwickelten Prüfstand der Beschichtungsprozess im Pulverbett gezielt untersucht und mittels künstlicher Intelligenz ausgewertet werden. Für suspensions- bzw. schlickerbasierte Materialien stehen unter anderem ein Planetenzentrifugalmischer zur homogenen Vermischung sowie ein Rheometer mit Belichtungseinheit zur Charakterisierung der Viskosität und des Aushärteverhaltens zur Verfügung. Im Rahmen eines sogenannten „Zukunftslabors“ im Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM) konnten weitere Messgeräte zur Charakterisierung der Partikelgröße, -form und -oberfläche sowie des Tropfenflugs im BinderJetting zur Erweiterung des Feedstock-Labors erfolgreich eingeworben werden. Die entsprechenden Messgeräte sind bereits in Beschaffung und stehen spätestens im Frühjahr 2024 für Messungen zur Verfügung.

Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt Additive Fertigung tragen maßgeblich dazu bei, das volle Potenzial der additiven Fertigungsverfahren zu erschließen, ihre wirtschaftliche Anwendbarkeit zu fördern und folglich die Anwendungsbereiche zu erweitern.



Blick in das Feedstocklabor zur Charakterisierung von Ausgangsmaterialien für die Additive Fertigung
(Foto: Amadeus Bramsiepe, KIT)

Forschungsprojekt Additive Fertigung

InRePro – Inspektions- und Remanufacturingzelle mit prozessintegrierter Multi-Sensorik für einen digital-autonomen Fertigungsprozess

Ziel des Vorhabens

Die Aufarbeitung von bereits eingesetzten Komponenten ermöglicht die ressourceneffiziente Überführung in einen neuen Lebenszyklus. Dies stellt die Fertigungstechnik vor große Herausforderungen und erfordert tiefgreifendes Prozesswissen aus der subtraktiven und additiven Fertigung sowie ein Verständnis ihrer Wechselwirkungen.

Im Projekt *InRePro* wird eine automatisierte Fertigungszelle zur Aufarbeitung von Gebrauchsgüterprodukten mittels additiver Fertigung und Zerspaltung aufgebaut. Durch multi-sensorielle In- und Off-Process-Betrachtung kann Prozess- und Materialwissen generiert und mit den Eigenschaften der gefertigten Komponenten korreliert werden.

Vorgehensweise

Zur Aufarbeitung ist ein wandelbares Produktionssystem erforderlich, welches durch die Kombination eines 5-Achs-Bearbeitungszentrums mit einer pulverbasierten Laserauftragsschweißanlage sowie einem Roboter zur Verkettung realisiert wird.

Um eine identifizierte Schädigung einer Gebrauchskomponente zu entfernen, wird das flexible 5-Achs-Fräs-Dreh-Bearbeitungszentrum DMU 60 eVo FD (DMG MORI) eingesetzt. Um die Komponenten aufzuarbeiten, wird der defekte Bereich der Komponente entfernt und eine definierte Schnittstelle für den nachfolgenden additiven Aufbau erzeugt.

Die additive Fertigung erfolgt durch pulverbasiertes Laserauftragsschweißen. Mittels Laserstrahl wird

ein Schmelzbad auf der Komponentenoberfläche erzeugt, in das Pulver durch eine Düse eingebracht wird. Dies ermöglicht es, ortsselektiv verschiedene Werkstoffe in Pulverform aufzubringen und erlaubt damit den dreidimensionalen Aufbau. Bei der Prozessvariante „Extremes Hochgeschwindigkeits-Laserauftragsschweißen“ (EHLA) auf der Anlage pE3D der Ponticon GmbH werden die Pulver vor dem Erreichen des Schmelzbads angeschmolzen, wodurch Geschwindigkeiten von bis zu 200 m/min und Aufbauraten von bis zu 600 cm³/h ermöglicht werden.

Lösungsansatz

Die Kombination aus additiver Fertigung und spanender Vor- sowie Nachbearbeitung stellt eine Herausforderung dar. Beide Prozesse haben direkten Einfluss auf die in der Komponente vorherrschenden Eigenspannungen. Deren Überlagerung führt zu Verzug in der additiven Fertigung und nach der spanenden Bearbeitung. Um diesen zu minimieren, ist ein grundlegendes Prozessverständnis sowohl der Einzelprozesse als auch der Wechselwirkungen zwischen Additiv- und Zerspanungsprozess angestrebt. Darüber hinaus muss eine hinreichend gute Anhaftung des additiv aufgebauten Teils sichergestellt werden. Die integrierte multisensorielle Prozessüberwachung ermöglicht Prozessanalysen, mit denen das erforderliche Material- und Prozessverständnis erarbeitet werden kann. Durch Körperschallanalyse soll eine rissfreie hybrid-additive Fertigung ermöglicht werden. Weiterhin werden Oberflächenrauheit und Bauteilverzug der Komponenten durch Laserlinienscanner quantifiziert und durch Daten zur thermischen Historie mittels Pyrometrie korreliert.



Ansprechpartnerin am wbk:
Helena Wexel, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2637
helena.wexel@kit.edu



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



Baden-Württemberg

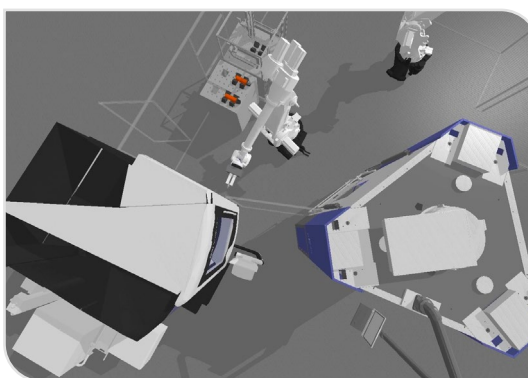
MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST



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



Exemplarische Prozesskette in der Bauteilaufarbeitung. Defekter Zahn entfernt (links oben), neu aufgebracht (rechts oben) und spanend nachbearbeitet (unten). (Foto: Beckhoff)



Inspektions- und Remanufacturingzelle (Foto: wbk)



Forschungsschwerpunkt Industrie 4.0

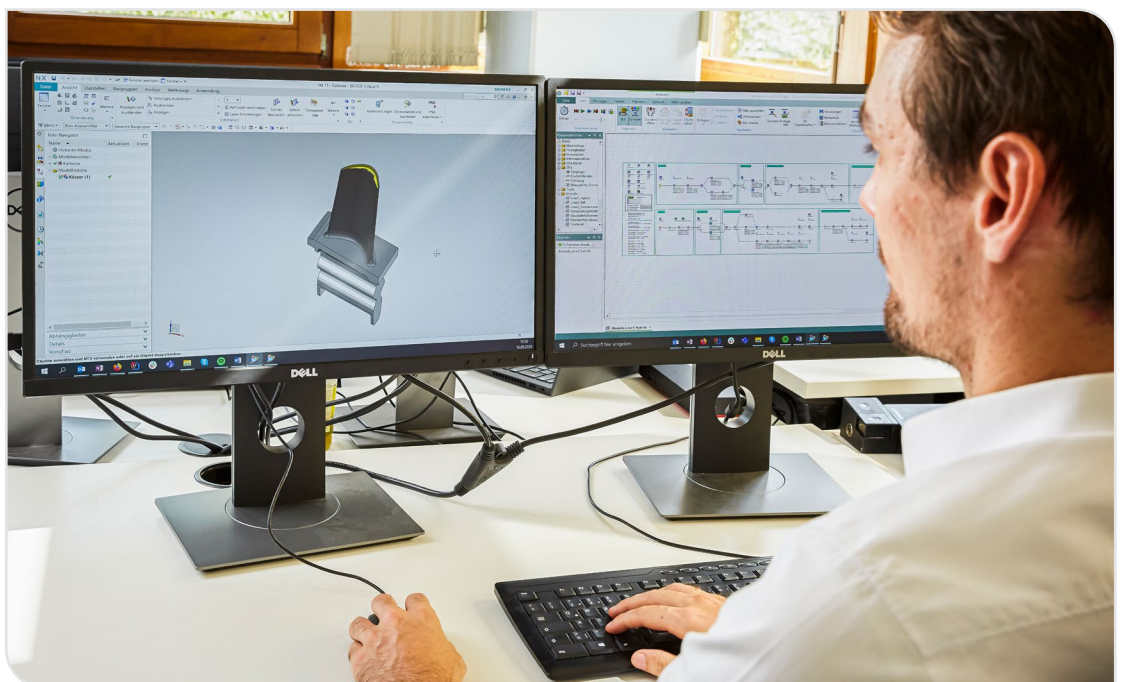


Ansprechpartner am wbk:
Marvin May, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2624
marvin.may@kit.edu

Der Forschungsbereich Industrie 4.0 konzentriert sich auf die Gestaltung, Implementierung und Nutzung digitaler Lösungen im Kontext der Produktion. Diese Aktivitäten sind auf vier Ebenen organisiert: Geschäftsmodelle und Plattformen, Produktionsnetzwerke und Fabriken, Konnektivität, sowie Geräte und Systeme. Das übergeordnete Ziel auf allen Ebenen ist es, hochanpassungsfähige und effiziente Produktionssysteme zu entwickeln. Ein entscheidendes Anliegen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des wbk Institut für Produktionstechnik ist die Anerkennung, dass die Softwareentwicklung mittlerweile der Hauptkosten- und Risikofaktor für viele Unternehmen in der Automobil- und Zulieferindustrie ist, und der Anteil der Software an der Wertschöpfung kontinuierlich steigt. Dieser wichtige Aspekt wurde bislang vernachlässigt. Ein zentrales Problem, das die Wandlungsfähigkeit der Produktion heute einschränkt, liegt darin, dass eine klare Trennung (Abstraktion) zwischen der physischen Hardware und der steuernden Software in Produktionssystemen fehlt. Selbst moderne mechatronische Module sehen oft eine enge Verknüpfung von Hardware und Software vor. Um Software effizient zu entwickeln, sind modellgetriebene Ansätze notwendig. In diesem Zusammenhang setzt das wbk auf die konsequente Umsetzung von Digitalen Zwillingen, um Produktionssysteme über das gesamte Zuliefernetzwerk hinweg zu entwickeln und zu betreiben.

Diese Herangehensweise ermöglicht die Planung und wirtschaftliche Optimierung wandlungsfähiger Produktionssysteme.

Des Weiteren untersucht das Team des wbk die Einführung einer integrierten Herangehensweise zwischen der Produkt- und Produktionssystementwicklung im Rahmen eines sogenannten Produkt-Produktions-CoDesigns. Der Trend geht in Richtung kundenindividueller Fertigung bei gleichzeitigen Massenfertigungsanforderungen, was sowohl die Produktentwicklung als auch die Entwicklung von Produktionssystemen vor Herausforderungen stellt. Um dennoch flexibel auf den Markt reagieren zu können, muss die enge Verbindung zwischen Produkt und Produktionssystem bereits in der frühen Phase der Produktentwicklung betrachtet werden. Dadurch können wechselseitige Auswirkungen von Änderungen frühzeitig bewertet und gemeinsame Anforderungen sowie Rahmenbedingungen identifiziert werden. Diese integrative Herangehensweise wird als Produkt-Produktions-CoDesign bezeichnet und war auch ein zentrales Thema der diesjährigen Frühjahrstagung des wbk.



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

Forschungsprojekt Industrie 4.0

ProKI-Karlsruhe – KI-Transferzentrum für die Industrie

Ziel des Vorhabens

Künstliche Intelligenz (KI) bietet große Potenziale, um Prozesse und Geschäftsmodelle entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu optimieren. Oftmals ist es Unternehmen allerdings aufgrund fehlender Kompetenzen der eigenen Mitarbeitenden nicht möglich, die in der Forschung aufgezeigten Potenziale auch in der Praxis umzusetzen. An diesem Bedarf setzt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte ProKI-Netz als Demonstrations- und Transfernetzwerk KI an. Es besteht aus acht Zentren an verschiedenen Universitäten Deutschlands, die ihren Fokus jeweils auf unterschiedliche Schwerpunkte wie beispielsweise Trennen, Umformen oder Beschichten legen.

Das ProKI-Zentrum Karlsruhe hat sich dabei zum Ziel gesetzt, die Anwendung von KI im Bereich der spanenden Fertigungstechnik von der Forschung in kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zu transferieren. Die Unternehmen werden unterstützt, Potenziale für den Einsatz von KI aufzudecken, problemorientierte Ansätze zu entwickeln und Mitarbeitende zu qualifizieren, die identifizierten Ansätze umzusetzen.

Vorgehensweise

Um den Unternehmen die Nutzung von KI-Lösungen zu ermöglichen, entwickelt das ProKI-Zentrum Karlsruhe verschiedene Bildungsmodule und Schulungskonzepte rund um das Thema KI in der Zerspanung. Zur Behandlung spezifischer Anwendungsfälle und zur Förderung des Managementverständnisses für den KI-Entwicklungsprozess werden beispielsweise Best-Practice-Workshops und Train-the-Trainer-Workshops erarbeitet und durchgeführt.

In durch das ProKI-Zentrum organisierten Hackathons können Studierende ihr erworbenes Wissen in praxisnahen Herausforderungen anwenden und dabei innovative Lösungen für die KMU entwickeln.

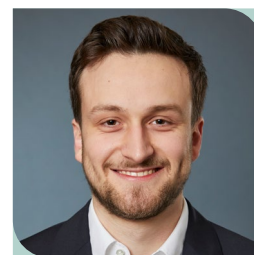
Zusätzlich zu diesen Maßnahmen wird ein umfassender Leitfaden erstellt, der als Handreichung für KMU dient und praktische Anleitungen und Empfehlungen für die erfolgreiche Implementierung von KI-Lösungen in der Produktionstechnik beinhaltet.

Ergebnisse

Mit den praxisorientierten Workshops, einem Beratungsangebot für Unternehmen zur Unterstützung bei konkreten betrieblichen Fragestellungen und Demonstratoren, die den Einsatz von KI in der Zerspanung greifbar veranschaulichen, unterstützt das ProKI-Zentrum Karlsruhe Unternehmen dabei, KI-basierte Lösungen zur Verbesserung der Produktionsprozesse im Bereich der Zerspanung einzusetzen.

Es wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förder-Projekt-Kennungen: 02P22A020)

Weitere Informationen und das ausführliche Beratungsangebot finden Sie unter <https://proki-netz.de/proki-karlsruhe/>.



Ansprechpartner am wbk:
Alexander Puchta M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2627
alexander.puchta@kit.edu

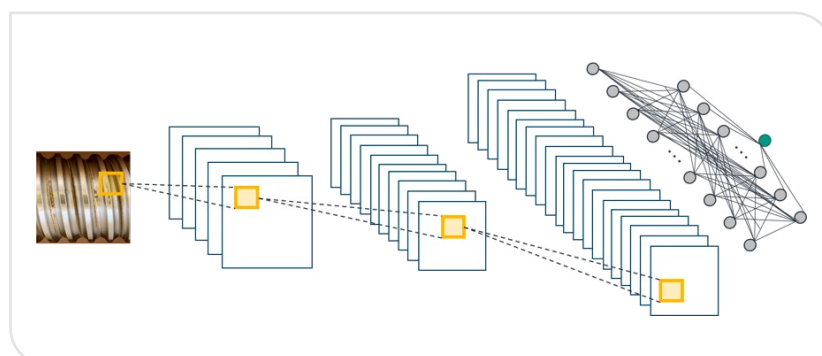
GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**



Angebote ProKI-Karlsruhe



Tiefes Neuronales Netzwerk zur Klassifikation von Verschleißschäden von Kugelgewindetrieben (Abbildungen: wbk)



Forschungsschwerpunkt

Nachhaltige Produktion



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

Inmitten der wachsenden globalen Bevölkerung, zunehmenden Ressourcenknappheit und einer sich zuspitzenden Energiekrise rücken Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft immer stärker in den Fokus von Unternehmen. Die Notwendigkeit, den Weg in eine nachhaltige und klimaneutrale Zukunft einzuschlagen, wird zusehends dringlicher. Um Unternehmen auf ihrem Transformationspfad in Richtung einer nachhaltigen und klimaneutralen Produktion zu unterstützen, widmet sich der Forschungsschwerpunkt Nachhaltige Produktion des wbk Institut für Produktionstechnik der Gestaltung ressourceneffizienter Fertigungsprozesse und Anlagen, der Gestaltung kreisläufiger Wertströme unter Einbeziehung von Produktdesign und der Beherrschung von Komplexität, Varianz und Unsicherheit in neuen kreisläufigen Wertschöpfungssystemen.

Additive Fertigungsverfahren bieten erhebliches Potential, um Umwelteinflüsse zu verringern. Dies wird beispielsweise durch die Erzeugung von Werkzeugen mit komplexen Kühlkanälen und verbesserten Standzeiten oder der gezielten Einbringung von Fasermaterialien zur Verstärkung von Bauteilen möglich. Jedoch sind additive Fertigungsverfahren weiterhin sehr energieintensiv und daher nur in begrenztem Maße einsetzbar. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen daher unterschiedliche Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz additiver Verfahren, zur Eliminierung zusätzlicher Verfahrensschritte und zur Verringerung von Ausschüssen. Im Hinblick auf Ressourceneffizienz werden am wbk zudem verbesserte Anlagenbetriebsstrategien, beispielsweise in der

Produktion von Holzwerkstoffplatten entwickelt. Auch in Zukunft werden zahlreiche Eigenschaften von Produktionsprozessen bereits während der Designphase festgelegt. Dies ist für kreisläufige Wertschöpfungsprozesse um so wichtiger, da Produkte mehrere Lebenszyklen und Produktionsphasen durchlaufen werden. Das Team des wbk arbeitet daher im sogenannten Produkt-Produktions-CoDesign eng mit Produktentwicklern zusammen, um Produkte und Prozesse der linearen und kreisläufigen Produktion im Einklang zu gestalten. Dabei entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Methoden, um die Produktentwicklung im Design zu unterstützen, Auswirkungen von Designänderungen auf Produktionsprozesse abzuschätzen und geeignete End-of-Life Strategien für Produkte und Komponenten abzuleiten.

Kreisläufige Wertströme müssen mit einer im Vergleich zur optimierten und standardisierten linearen Produktion erheblich gesteigerten Varianz umgehen, da rückläufige Produkte sich hinsichtlich ihres Typs und Zustands unterscheiden. Zudem stellt die hohe Unsicherheit im Hinblick auf das Volumen und die Eigenschaften rückläufiger Produkte eine Herausforderung dar. Das Team des wbk untersucht daher Verfahren, die trotz dieser Herausforderungen eine wettbewerbsfähige Produktion am Hochlohnstandort gewährleisten können. Dazu wird die Gestaltung und Steuerung komplexer flexibler Fertigungssysteme untersucht, die auf starre Verkettungen und standardisierte Taktzeiten verzichten. Adaptive automatisierte Befundungs- und Bearbeitungsverfahren können bei hoher Heterogenität effizient produzieren. Intelligente Produktpässe dienen der Weitergabe von Informationen entlang der Wertschöpfung. Eine serviceorientierte digitale Infrastruktur verbessert die Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette.

Insgesamt strebt das Team des wbk danach, Unternehmen dabei zu unterstützen, nicht nur ökologisch verantwortlicher zu produzieren, sondern auch die Wirtschaft in Deutschland und Europa unabhängiger von Rohstoffimporten und geopolitischen Krisen zu machen. Die Forschung am wbk legt den Grundstein für nachhaltige Produktions- und Wertschöpfungssysteme, die eine klimafreundliche und ressourceneffiziente Zukunft ermöglichen. ■



Gebrauchter Anlasser-Motor im Remanufacturing (Foto: Adobe Stock)

Forschungsprojekt Nachhaltige Produktion

IntroRemanNet – Entwicklung einer Methode zur Entscheidungsunterstützung für kleine und mittelständische Unternehmen bei der Einführung von Remanufacturing in globalen Wertschöpfungsketten

Ziel des Vorhabens

Um eine wirtschaftliche und ökologische Unternehmensstrategie umzusetzen, setzen Unternehmen zunehmend auf ein zirkuläres Produktionssystem. Bei der Implementierung des Remanufacturings begegnen diese Unternehmen allerdings vielfältigen Herausforderungen. Im AiF Forschungsvorhaben *IntroRemanNet* entsteht daher ein praxisorientiertes Konzept zur Implementierung des Remanufacturings in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). In diesem Zusammenhang wird die Identifikation remanufacturing-gerechter Produkte, die Produktrückführung, das Beschaffungsmanagement sowie die angepassten Aufarbeitungsschritte integrativ analysiert. Durch die Synthese dieser Erkenntnisse und der Analyse der Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen wird eine Strategie zur Implementierung des Remanufacturing ermöglicht. Durch die Methode soll KMU ermöglicht werden, eine ganzheitlich nachhaltige zirkuläre Wertschöpfung in ihr bestehendes Wertschöpfungsnetzwerk (WSN) zu integrieren.

Vorgehensweise

In enger Zusammenarbeit mit den teilnehmenden Unternehmen werden in sechs Arbeitspaketen schrittweise die Grundlage für einen anwenderfreundlichen Leitfaden und einen Softwaredemonstrator geschaffen.

Zunächst wird eine Methode entwickelt, um remanufacturing-gerechte Produkte zu identifizieren und priorisieren, während parallel das WSN charakterisiert und potenzielle effiziente Produktrückführungsmöglichkeiten analysiert werden. Im nächsten Schritt wird ein Beschaffungsmanagement für Gebrauchsgüter konzipiert und eine simulationsgestützte Optimierung des WSN unter Einbeziehung des Remanufacturings durchgeführt. Nach Abschluss der Modellierung erfolgt eine multikriterielle Bewertung, aus der der notwendige Umfang und der Zeitpunkt für WSN-Anpassungen abgeleitet werden.

Ergebnisse

Der Softwaredemonstrator sowie der Praxisleitfaden soll als Open-Source-Projekt veröffentlicht werden und somit den KMU in Deutschland als Unterstützung dienen, um Remanufacturingprozesse einzuführen und zu erweitern.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des AiF-Projekts *IntroRemanNet*, IGF-Vorhaben-Nr.: 22626 N. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. ■



Ansprechpartner am wbk:
Tobias Lachnit, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2632
tobias.lachnit@kit.edu



Gefördert durch:

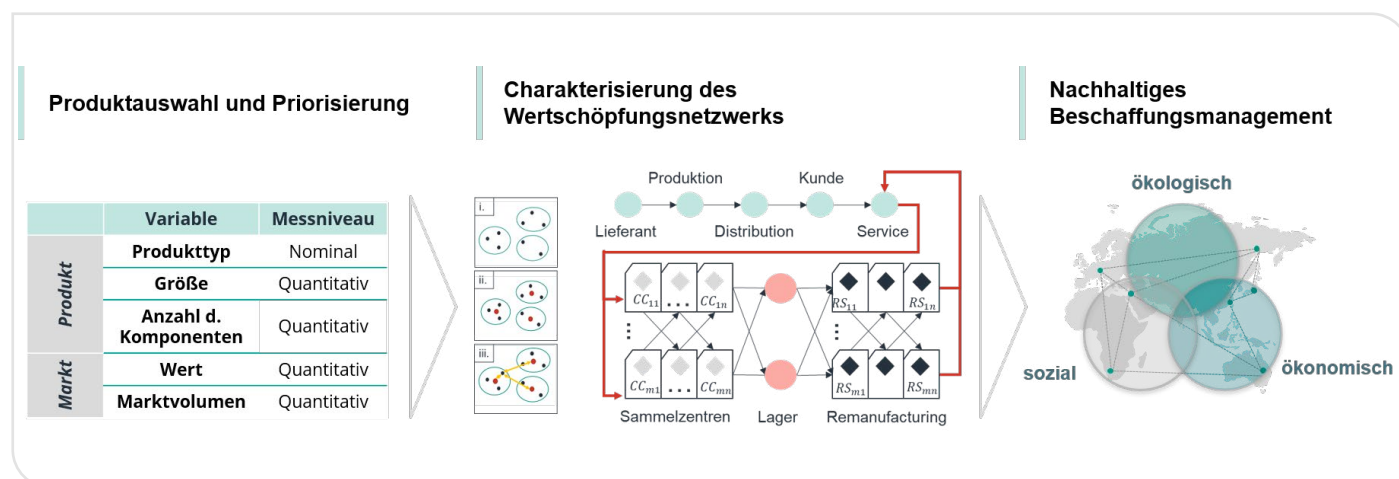


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Forschungsnetzwerk
Mittelstand **AiF**

Industrielle
Gemeinschaftsforschung **IGF**



Zentrale Arbeitspakete des Projekts IntroRemanNet (Abbildung: wbk)



Partnerschaften aus Forschung und Lehre

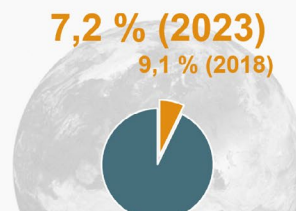
SFB 1574 – Kreislauffabrik für das ewige Produkt



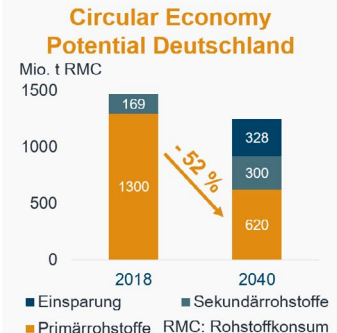
Ansprechpartnerin am wbk:
Institutsleiterin (PRO)
 Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza
 gisela.lanza@kit.edu



sind zur Deckung des **globalen Ressourcenverbrauchs** im Jahr 2022 notwendig.



des weltweiten Gesamtmaterial-einsatzes sind **Sekundärmaterialien**.



Lineare Wirtschaftsmuster müssen überdacht werden. (Abbildungen: Fotolia, Global Footprint Network, Circle Economy und Circular Economy Initiative Deutschland)



Ansprechpartner am wbk:
 Michael Martin M.Sc.
 Telefon: +49 172 138 7910
 michael.martin@kit.edu

Angesichts der wachsenden Weltbevölkerung und der Verknappung essentieller Rohstoffe gewinnt die Kreislaufwirtschaft an Bedeutung, insbesondere das Remanufacturing, welches Gebrauchtprodukte in neuwertigen Zustand versetzt. Obwohl dieses Modell ein beachtliches Potenzial birgt, ist die praktische Umsetzung bislang nur in begrenztem Maße realisiert worden.

führung über Wachstum, Reife, Sättigung bis zum Rückgang durchlaufen. Heutzutage wird Remanufacturing meist in der Aufarbeitung alter Produkte für den Sekundärmarkt angewandt, was zu geringen Stückzahlen führt. Der SFB zielt darauf ab, den Wert von Gebrauchtprodukten durch minimale Demontage und technologische Aktualisierung zu maximieren, um sie erneut als Neuprodukte zu verkaufen.

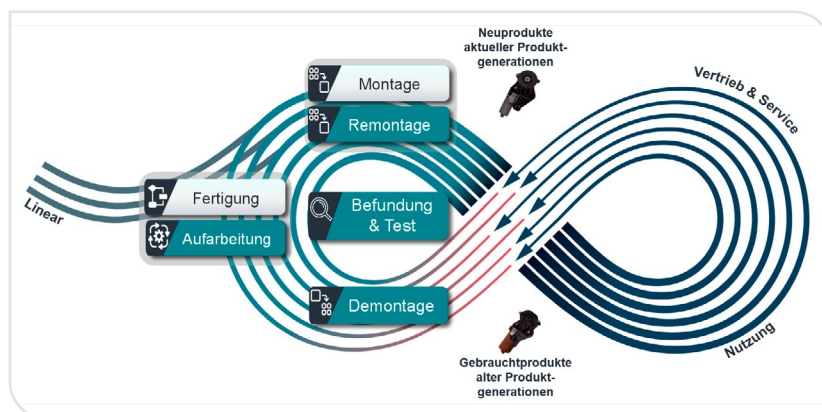


Ansprechpartner am wbk:
 Dominik Koch M.Sc.
 Telefon: +49 1523 950 2626
 dominik.koch@kit.edu

Forschung, rechtliche Rahmenbedingungen und Technologieentwicklung sind entscheidend, um die Transformation zur Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Der Sonderforschungsbereich (SFB) 1574 Kreislauffabrik für das ewige Produkt strebt an, nachhaltige Lösungen im Einklang mit rechtlichen Vorgaben und zukünftigen Geschäftsmodellen zu entwickeln. Er zielt darauf ab, die Wiederverwendung von Produkten zu maximieren und den Umgang mit unterschiedlichen Produkten zu beherrschen.

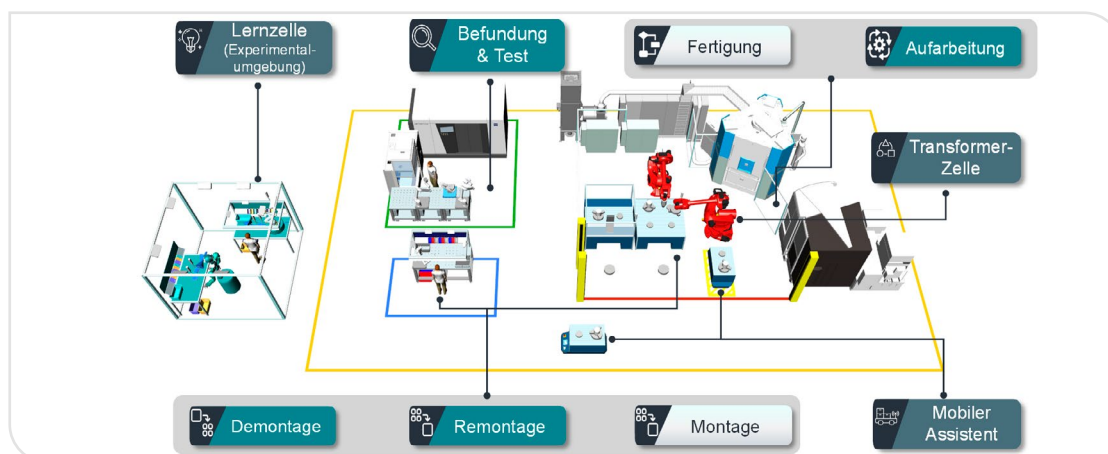
Die Vision des SFB-Vorhabens ist die Integration linearer und zirkulärer Produktionsprozesse mit Hilfe eines wandelbaren und autonomen Produktionssystems, um den maximalen Erhalt der Wertschöpfung durch die Vision des ewigen Produkts sowie die integrierte Gestaltung von Produkt(-generation)-en und Produktionssystemen im Sinne des Produkt-Produktions-CoDesigns zu realisieren. Jedes Produkt, kontinuierlich über Generationen hinweg entwickelt, kombiniert sowohl neue als auch aufgearbeitete Teile, wobei seine einzigartige Zusammensetzung einen individuellen Lebenszyklus reflektiert. Dieses fortlaufende Zusammenspiel zwischen Produktentwicklung und Produktionssystem katalysiert eine potenziell endlose Nutzung.

Produkte werden üblicherweise in Produktgenerationen entwickelt, die den Lebenszyklus von Ein-



Integriertes Produktionssystem für die lineare und zirkuläre Produktion

Der SFB ermöglicht es, Produkte effizient in Großserien mit individuellem Aufarbeitungsanteil zu produzieren. Die Hauptprozesse in diesem System sind Fertigung und Montage im Sinne einer linearen Produktion sowie Befundung, Demontage, Aufarbeitung und Remontage als zirkuläre Produktion. Am wbk wird ein physischer und softwaretechnischer Aufbau der Kreislauffabrik im Labormaßstab entwickelt, um die Produktion zu demonstrieren. Dieser umfasst auch autonome mobile Assistenten und eine Lernzelle für adaptives



Kreislauffabrik im Labormaßstab

Produzieren. Die Kreislauffabrik kann nahezu alle Aufgaben der linearen und zirkulären Produktion bewältigen und ermöglicht sowohl die Produktion von Neuprodukten als auch von aufgearbeiteten Produkten.

Am 05. und 06. Juli 2023 erreichte die ambitionierte Initiative einen bedeutenden Meilenstein, als der Verbund, bestehend aus 17 renommierten Forschungsinstituten und Lehrstühlen, begutachtet wurde. Das Ergebnis der Begehung war überwältigend positiv. Die unabhängigen Experten, die den Antrag überprüften, vergaben eine exzellente Bewertung. Dies betont die gemeinsame Vision und das unermüdliche Engagement des gesamten Kollektivs für wissenschaftliche Spitzenleistung. Am 15. November 2023 wurde ein weiterer wichtiger Meilenstein erreicht, als dem Antrag zugestimmt wurde. Dieses erfolgreiche Votum öffnete die Türen zu diesem ehrgeizigen Projekt

und bestätigte das Vertrauen in den Verbund, eine führende Rolle in der deutschen Forschungslandschaft zu spielen. Der Projektstart ist für den 1. April 2024 geplant. Dies markiert den Auftakt eines bedeutenden Vorhabens, innerhalb dessen die Ressourcen, das Fachwissen und die Leidenschaft der Institute gebündelt werden, um wegweisende Forschung zu betreiben und innovative Entdeckungen zu machen. Wir sind stolz auf das, was wir bislang erreicht haben, und freuen uns auf die Herausforderungen und Möglichkeiten, die vor uns liegen. Gemeinsam werden wir die Grenzen des Wissens in der Produktion von „ewigen innovativen Produkten“ mit individuellem Aufarbeitungsanteil erweitern und maßgeblich die Zukunft der Kreislauffabrik und adaptiven Produktionstechnologien gestalten.

Weitere Informationen:

<https://www.sfb1574.kit.edu/>



Das Team (Abbildung und Foto: wbk)



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

Das Global Advanced Manufacturing Institute (GAMI) wird 15!

Gesellschaftliche 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. Seit nunmehr 15 Jahren 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. Diese starke Verknüpfung zu deutschen sowie chinesischen Unternehmen wurde auch bei der Feier des 15-jährigen Jubiläums diesen Oktober deutlich. Bei den Feierlichkeiten waren über 150 Vertreterinnen und Vertreter verschiedener Unternehmen und der Politik anwesend. Neben offiziellen Glückwünschen und Keynotes von verschiedenen Partnern aus der Industrie zu Themen rund um Nachhaltigkeit und Smart Manufacturing, wurde auch Remanufacturing Technology Innovation Center (RTIC) eröffnet. Hier gab es auch direkt die Möglichkeit für die Gäste, bei geführten Touren anhand zahlreicher Demonstratoren mehr über Remanufacturing und die Möglichkeiten von Industrie 4.0 als Befähiger für dieses zu erfahren.

Remanufacturing Technology Innovation Center

Die weltweiten Ressourcen sind endlich und der Verbrauch vieler Länder übersteigt ihre eigenen Reserven bei Weitem. Dies wirkt sich auch auf die Industrie aus und Möglichkeiten zur Ressourceneinsparung werden zunehmend attraktiver. Eine Möglichkeit, der Ressourcenabhängigkeit zu begegnen und gleichzeitig große Mengen an Energie und Emissionen einzusparen besteht im Remanufacturing. Bisher ist Remanufacturing aufgrund der hohen Variantenvielfalt und Komplexität jedoch ein vorwiegend manueller Prozess. Aus diesem Grund wurde am GAMI das RTIC eröffnet. Dieses zeigt anhand von acht Demonstratoren, wie spezifische Aufgaben und Herausforderungen des Remanufacturing unter anderem mit Hilfe von Industrie 4.0 gelöst und der bisher hoch-manuelle Prozess zunehmend automatisiert werden kann. Die Demonstratoren stammen dabei aus Forschungsprojekten mit dem wbk oder von europäischen Industriepartnern und zeigen Lösungen vom Prototypenstadium, wie die automatische Befundung oder der automatische Wechsel von Batteriezellen, bis zum kommerziell erhältlichen Produkt, wie der Offline-Programmierung von Robotern. Das RTIC ist damit neben dem 2015 eröffneten Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center und dem 2018 eröffneten Industry 4.0 Demonstration and Innovation Center die dritte Demonstratorlinie am GAMI, an welcher Besucher und Trainingsgäste hautnah erleben können, wie digitale Technologien die nachhaltige Produktion von morgen gestalten können.



Feierliche Eröffnung des Remanufacturing Technology Innovation Center (RTIC) am GAMI

Forschung

Forschungsseitig wirkt das GAMI vor allem im deutsch-chinesischen Kooperationsprojekt zur Qualitätssicherung von Mensch-Roboter-Kollaborationen mit. In enger Zusammenarbeit mit der Tongji-Universität werden Methoden erarbeitet, die eine systematische Identifikation von Mensch-Roboter-Kollaborationen in der Prozesskette ermöglichen sowie deren Qualität sicherstellen.

Zusätzlich konnte das Forschungsprojekt „Transnational Competence Center for Environmental Technology and Research Jiangsu Baden-Württemberg“ (TRENT) mit einem KIT/TRENT Innovation Day im April 2023 erfolgreich abgeschlossen werden. Dies stellte die erste große Veranstaltung des GAMI mit KIT-Beteiligung nach der Pandemie dar. Ziel des Projekts war es, die Entwicklung innovativer Lösungen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Umwelttechnologie und Kreislaufwirtschaft im Austausch zwischen Deutschland und China voranzutreiben.

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.

Industrieprojekte

Es erfüllt uns mit besonderem Stolz, dass Forschungsinhalte aus dem Bereich des „Software-defined manufacturing“ mit deutschen Industriepartnern Form annehmen. Vermutete Potentiale von Ablaufsimulationen in dem frühen Entwicklungsprozess eines Anlagenbauers konnten früh in einem initialen Validierungsprojekt bestätigt werden. Gerade in

modernen automatisierten Produktionsanlagen, die bei dem Kunden durch eine hohe Variantenvielfalt gekennzeichnet sind, sind traditionelle Methoden an ihre Grenzen gestoßen. Im Oktober schließ sich daraufhin ein Folgeprojekt mit direkter Involvierung der deutschen Experten in einem Kick-off Workshop in China an. Ziel dieses Projektes soll es sein, die Ergebnisse der Ablaufsimulationen in einer Serviceplattform für weitere Dienste zur Verfügung zu stellen.

In weiteren Projekten setzte das GAMI ebenfalls konsequent auf Ablaufsimulationen, um Prozessverbesserungen vor der Implementierung digital bewerten zu können.



Führungen durch das RTIC durch das GAMI-Team



Ehemalige und aktuelle GAMI-Mitarbeitenden feierten gemeinsam das 15-jährige Jubiläum (Fotos: wbk/GAMI)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

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



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

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:

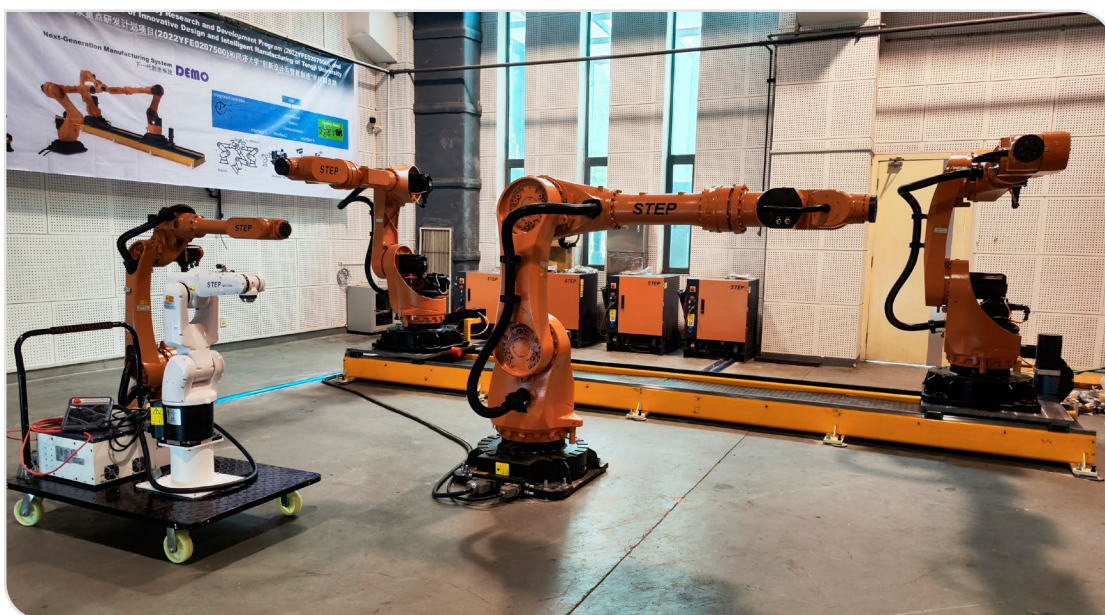
- Die einheitliche Kommunikation wird – trotz heterogener Steuerungsarchitektur – über OPC-UA realisiert – die mit einander vernetzten Steuerungen stammen unter anderem von Bosch Rexroth, Siemens, Fanuc und i5.
- Die Linie wurde ausschließlich von Mitarbeitenden und Studierenden des AMTC konzipiert, 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 diene 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 zehn Meter breiten Videoleinwand für Besucher und Studenten zugänglich gemacht werden.

DEMO-Labor für Industrierobotik

Seit Ende 2022 wird vom AMTC mit strategischen Mitteln der Tongji Universität ein neues Labor für Industrierobotik gestaltet. Ziel des Labors ist die Erforschung und Demonstration neuer Anlagenkonzepte, einheitliche Simulation und Steuerung sowie Integration anderer, bisher für Industrieroboter untypischer Prozesse. (Bild: aktueller Stand der Bauarbeiten)



Aktueller Stand der Bauarbeiten DEMO-Labor für Industrierobotik (Foto: wbk)

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 Verband Deutscher Werkzeugmaschinenhersteller (VDW) und dem Chinese Machine Tool Builders Association (CMTBA) 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 Prof. 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. ■

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 Mobilität der Zukunft ist umweltfreundlich, vernetzt und automatisiert. Um den Transformationsprozess zu unterstützen, bündeln das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Stuttgart mit weiteren Hochschulpartnern aus Baden-Württemberg ihre Kompetenzen im InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM). Die Vision des ICM ist es, Mobilitätsprodukte und Produktionstechnologien für eine nachhaltige, digitalisierte Mobilität der Zukunft zu entwickeln.

In mittlerweile mehr als 130 disziplinenübergreifenden Projekten in den Forschungsfeldern Manufacturing Systems, Mobility Technologies und Software-System-Architectures wird an der Entwicklung und Erprobung neuartiger Technologien geforscht – von neuen Dienstleistungen über völlig neue Antriebssysteme und -komponenten sowie innovativen Produktionsverfahren und -systemen bis hin zu zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken und Software-Methoden und -Architekturen.

2023 haben fünf neue standortübergreifende und eher grundlagenorientierte Verbundprojekte, sieben Vernetzungsprojekte mit der Industrie sowie – im Rahmen der Transferinitiative InnovationChallenge Mobilität und Produktion – elf weitere Konsortien, die jeweils aus Start-ups oder kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Hochschulen aus Baden-Württemberg bestehen, eine Förderung erhalten. Zum Ausbau der internationalen Vernetzung sind außerdem vier weitere Projekte sowie das internationale Austauschprogramm gestartet.

Des Weiteren wurden mit Unterstützung des ICM im Jahr 2023 mehrere Nachwuchsgruppen und Professuren eingerichtet beziehungsweise ernannt. Neu ist auch das MINT-Nachwuchsförderprogramm,



Vorträge und Führungen zum ICM-Tag 2023 in der ARENA2036
(Foto: ICM/wbk)

das sich in drei Einzelmaßnahmen gliedert. Beim Skill-Up-Programm werden Absolvierende sowie junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit individuellen Soft-skill-Workshops unterstützt und das Orientierungsprogramm nach dem ersten Studienabschluss ermöglicht eine vertiefte fachliche und berufliche Orientierung durch eigene Projektarbeiten. Mit der Ausschreibung zu mobilen Forschungslaboren und Demonstratoren sollen zukünftige Studienanfängerinnen und -anfänger für technische und ingenieurwissenschaftliche Themen begeistert werden.

Das wbk Institut für Produktionstechnik ist bei fünf geförderten Projekten vertreten. Weiterhin ist das wbk erneut an einem Bottom-Up-Projekt beteiligt, wobei das Format insbesondere auf den wissenschaftlichen Nachwuchs ausgerichtet ist. Im Rahmen des internationalen Austauschprogramms wurde ein wbk-Doktorand für einen wissenschaftlichen Auslandsaufenthalt gefördert.

Im Juli 2023 wurde Prof. Frederik Zanger auf die ICM-Professur am KIT „Digitalisierte Prozessentwicklung Additive Fertigung“ berufen und seit August 2023 wird Dr.-Ing. Florian Stamer mit einer ICM-Nachwuchsgruppe gefördert. Der wissenschaftliche Schwerpunkt am wbk liegt hierbei im Bereich der additiven und subtraktiven Fertigung, der Qualitätssicherung und Charakterisierung sowie der digitalisierten 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



Reges Interesse auf der Hannover Messe 2023 am Gemeinschaftstand Baden-Württemberg
(Foto: KD Busch, e-mobil BW)

Partnerschaften aus Forschung und Lehre

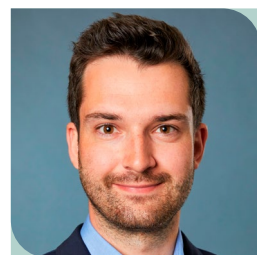
wbk Alumni-Club – das Ehemaligennetzwerk des wbk Instituts für Produktionstechnik

Der wbk Alumni-Club e.V. ist das Ehemaligen-netzwerk des wbk Institut für Produktionstechnik mit derzeit 188 Mitgliedern. Bei mehrmals jährlich stattfindenden Stammtischtreffen werden den ehemaligen sowie den aktiven wbk-Mitarbeitenden exklusive Einblicke in verschiedenste Unternehmen gewährt, in denen unsere Alumni heute tätig sind. Firmenpräsentationen, Führungen durch Produktionsstätten sowie offene Diskussionen tragen wesentlich dazu bei, den Austausch über aktuelle Herausforderungen in 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 hinaus zu pflegen und weiter auszubauen.

Eine Vielzahl der wbk-Alumni ist zwischenzeitlich für die Siemens AG am Standort Karlsruhe tätig. Die als „Fabrik des Jahres“ ausgezeichnete Produktionsstätte konnten die Mitglieder des Alumni-Clubs am 17. April, auf Einladung von Werksleiter Manfred Kirchberger, besichtigen. Nach spannenden Einblicken im Rahmen von Vorträgen und Führungen durch die Leiterplattenproduktion bot ein abschließendes Get-together die ideale Plattform für Austausch und fachliche Diskussionen.

Am 25. September besuchten die wbk-Alumni das Unternehmen TRUMPF Werkzeugmaschinen. Dessen CEO Dr.-Ing. Stefan Mayer und der Geschäftsführer Entwicklung des Geschäftsbereichs Werkzeugmaschinen, Thomas Schneider luden zum Standort Ditzingen ein. Nach einer Besichtigung des Smart Factory Customer Centers erhielten die Teilnehmenden spannende Einblicke in das Thema „Fertigung im Wandel – so gelingt die Smart Factory“ durch Herrn Thomas Rupp, Geschäftsführer TRUMPF

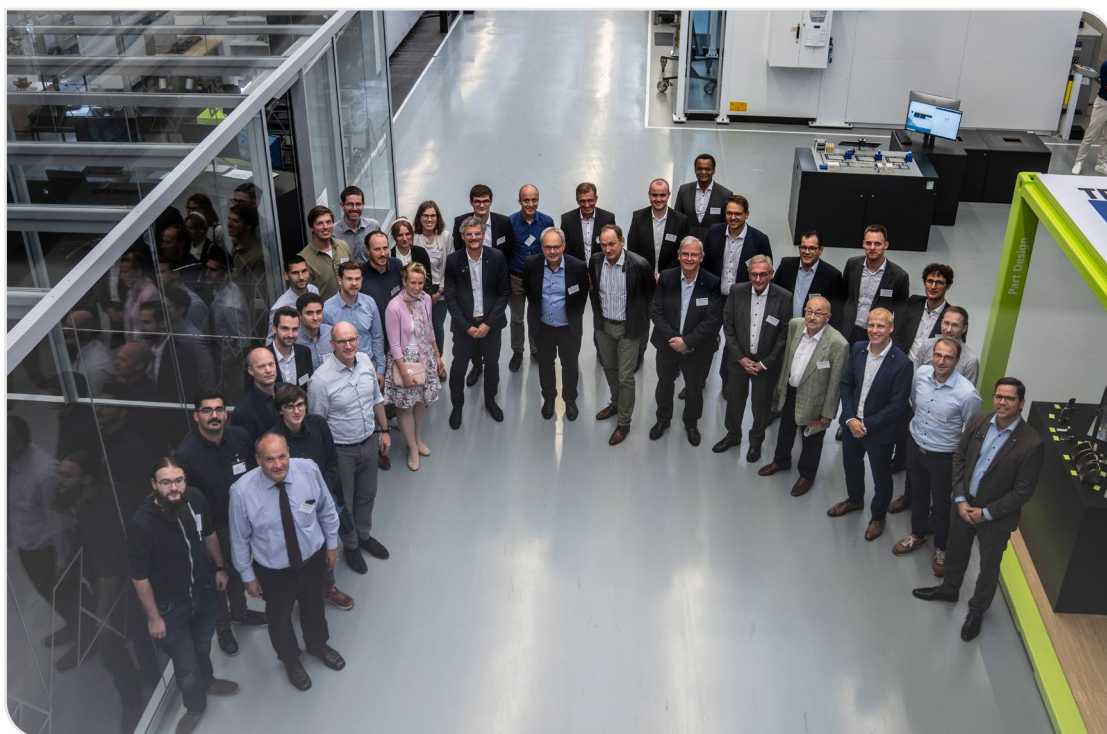
Smart Factory Consulting. Der anschließende Überblick von Prof. Jürgen Fleischer über aktuelle Kooperationsprojekte zwischen TRUMPF und dem wbk zeigte eindrucksvoll, wie vielfältig beide Institutionen zusammenarbeiten – sowohl im Kontext der Produktionstechnik für die Elektromobilität als auch bei der KI-basierten Prozessregelung von Werkzeugmaschinen. Ein abschließender Imbiss bot den rund 50 Teilnehmenden die Möglichkeit, die fachlichen Diskussionen mit früheren Weggefährten und den Gastgebern zu vertiefen.



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



Besuch des wbk Alumni-Clubs bei Siemens am Standort Karlsruhe (Foto: Tom Stähr, Siemens AG)



Besuch des wbk Alumni-Clubs bei TRUMPF Werkzeugmaschinen (Foto: Trumpf)

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 Un-

ternehmen (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:

- Bauteileigenschaften. Untersuchung klassischer, innovativer und additiver Bearbeitungsprozesse für funktionsoptimierte und hochbelastete Bauteile.
- 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



Besuch von Rainer Brehm, CEO Factory Automation bei Siemens und seinem Team in der Karlsruher Forschungsfabrik

- Entwicklung von Digitalisierungsstrategien
- Auswahl produktionsintegrierter Messtechnik und Sensorik
- Schulungen für Industrievertreterinnen und -vertreter

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 Teilnehmerinnen und Teilnehmer ihr neu erlerntes Wissen direkt in ihrem Unternehmen umsetzen können. Entsprechend sind die Schulungen in hohem Maße handlungsorientiert aufgebaut. Die Teilnehmenden 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>

Weitere Informationen und Kontakt:

<https://www.wbk.kit.edu/industrie.php>

Wir bedanken uns bei all unseren Partnern für den spannenden Austausch und die Unterstützung unserer laufenden Forschungsarbeiten!



Diskussion mit Industrievertreterinnen und -vertretern zum Thema Batteriezelle in der Karlsruher Forschungsfabrik



Porsche zu Besuch am wbk im Rahmen unseres PRO Top Student Programm)



Besuch bei Deutz in Ulm (Fotos: wbk)



Dissertationen

Bildbasierte Quantifizierung und Prognose des Verschleißes an Kugelgewindetriebsspindeln



Autor:
Dr.-Ing. Tobias Schlagenhauf

Ziel des Vorhabens

Ziel ist es, ein Prognosesystem zur bildbasierten Zustandsüberwachung der Kugelgewindetriebsspindel zu realisieren. Damit soll eine Verzahnung der Domänen des Maschinenbaus und des Maschinellen Lernens erreicht werden. Dieses Ziel gliedert sich in vier Unterziele: 1. Ein Sensorsystem zur Aufnahme der Oberfläche der KGT-Spindel im Betrieb entwickeln und befähigen. 2. Lebensdauerversuche durchführen, um einen Bilddatensatz zu generieren, der die gesamte Verschleißhistorie der Spindeln abbildet. 3. Die empirische Analyse der Entstehung und Entwicklung von Oberflächenzerrüttung in den Bilddaten und 4. Ansätze zur Klassifikation, Quantifizierung und Prognose der Verschleißentwicklung untersuchen.

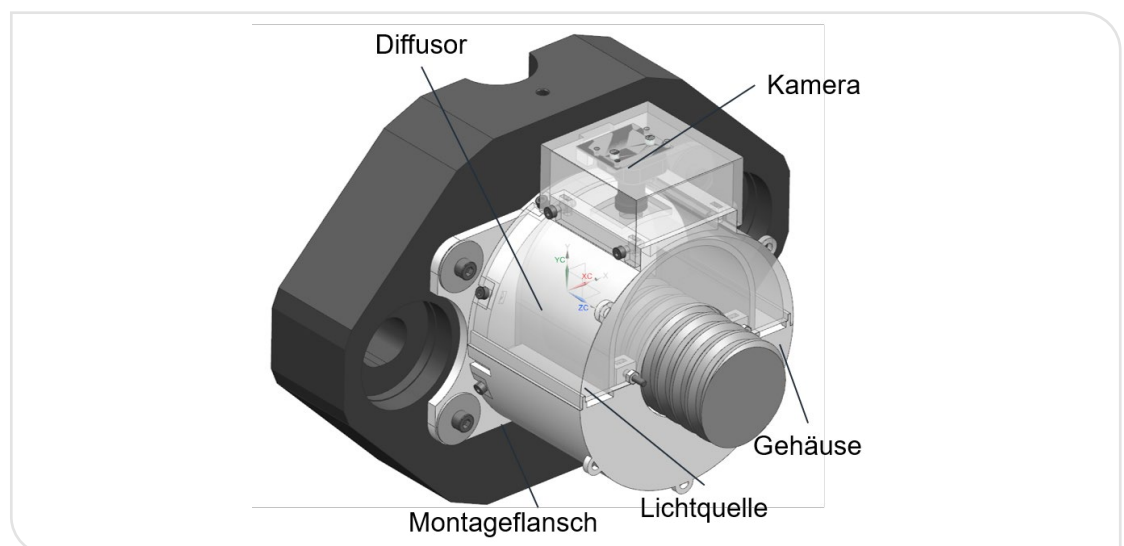
Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wurde iterativ ein Sensorsystem konzipiert und befähigt, Bilddaten der Spindeloberfläche aufzuzeichnen. Dieses Sensorsystem wurde über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren in Lebensdauerversuchen zur Datengenerierung verwendet. Dabei wurde die Verschleißentwicklung auf den Spindeln von Betriebsbeginn bis zum technischen Ausfall der Komponenten aufgezeichnet. Diese Bilddaten wurden hinsichtlich der Entstehung und Entwicklung von Oberflächenzerrüttung untersucht und damit Arbeiten im Stand der Forschung belegt. Um Schadensbildung (Pittings) in Bilddaten

zu identifizieren, wurden unterschiedliche Klassifikationsmodelle untersucht. Ergänzend zu den Klassifikationsmodellen wurden weitere Modelle zur Quantifizierung und zur Prognose der Oberflächenzerrüttung untersucht. Zur Prognose wurde eine Lebensdauer von hundert Prozent, angelehnt an bestehende Normen, definiert.

Ergebnisse

Als Ergebnis resultierte ein Sensorsystem, das robust Bilddaten der Spindeln im Betrieb aufzeichnen kann. Der in den Verschleißversuchen entstandene Bilddatensatz zeigt die Entwicklung und Entstehung der Oberflächenzerrüttung. Weiterhin eignet sich der Bilddatensatz, um Klassifikationsmodelle zu untersuchen. Als Ergebnis der Versuchsplanbasierten Untersuchungen konnte eine zuverlässige Klassifikation durch die Klassifikationsmodelle erzielt werden. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass auch eine nachvollziehbare Klassifikation möglich ist und die Entwicklung der Schädigungen bestehende Arbeiten im Stand der Forschung bestätigen. Als weiteres Ergebnis konnte erfolgreich eine hundert Prozent Lebensdauermarke, angelehnt an die Größe eines Pittings, definiert werden. Die untersuchten Quantifizierungs- und Prognosemodelle zeigen eine hohe Übereinstimmung mit dem realen Schädigungsverlauf. Letztlich wurde im Rahmen der Arbeit die Relevanz von dateneffizienten und generalisierenden Methoden gezeigt. ■



Befähigtes Sensorsystem zur Bildaufnahme (Abbildung: wbk)

Dissertationen

KI-gestützte produktionsgerechte Produktentwicklung – automatisierte Wissensextraktion aus vorhandenen Produktgenerationen

Ziel des Vorhabens

Die steigende Variantenvielfalt, immer kürzer werdende Produktlebenszyklen sowie zeitgleich der starke globale Wettbewerb zwingen Unternehmen dazu, in immer kürzerer Zeit dennoch innovative Produkte möglichst kostengünstig auf den Markt zu bringen. Insbesondere die Produktentwicklung hat hier einen wesentlichen Einfluss auf die sogenannte Time-To-Market, die entscheidend für den Markterfolg eines Produktes ist. Durch die Wiederverwendung von bestehenden Produktdesigns und dem damit verknüpften Wissen kann diese deutlich verkürzt werden. In vielen Unternehmen liegen bereits große Mengen an digitalen Produktmodellen vor, die einen enormen Wissensschatz darstellen, der häufig jedoch noch nicht systematisch genutzt wird, unter anderem aufgrund dessen impliziter Natur. Das Ziel dieser Dissertation ist es daher, eine Methode zur automatisierten Extraktion von implizitem Wissen in Form von Features und Mustern aus vorhandenen Produktmodellen mit Hilfe von Verfahren des Maschinellen Lernens (ML) sowie dessen anschließende Nutzung zur Unterstützung in der Produktentwicklung zu entwickeln.

Vorgehensweise

Nach einer entsprechenden Datenaufbereitung erfolgt zunächst die Extraktion relevanter geometrischer Eigenschaften aus bestehenden Produktmodellen in Form von CAD-Modellen mittels Autoencoder. Darüber hinaus werden weitere produktbeschreibende Informationen, die insbesondere die spätere Produzierbarkeit beeinflussen, extrahiert. Dieser geometrische Fußabdruck einer Produktkomponente bildet die Grundlage für die entwickelte Methode. Auf Basis von Konstruktionsmustern, die mit Hilfe von Recurrent Neural Networks aus den Produktmodellen erlernt werden, kann für einen gegebenen Konstruktionszustand der Folgezustand prädiziert werden. Auf Grundlage der geometrischen Eigenschaften dieser Vorhersage werden für ein gegebenes (halbfertiges) CAD-Modell die ähnlichsten bereits existierenden finalen Modelle aufgezeigt. Diese können anschließend bezüglich der weiteren Produktinformationen sortiert werden. Anhand der Menge der ähnlichsten Modelle können die produktions-

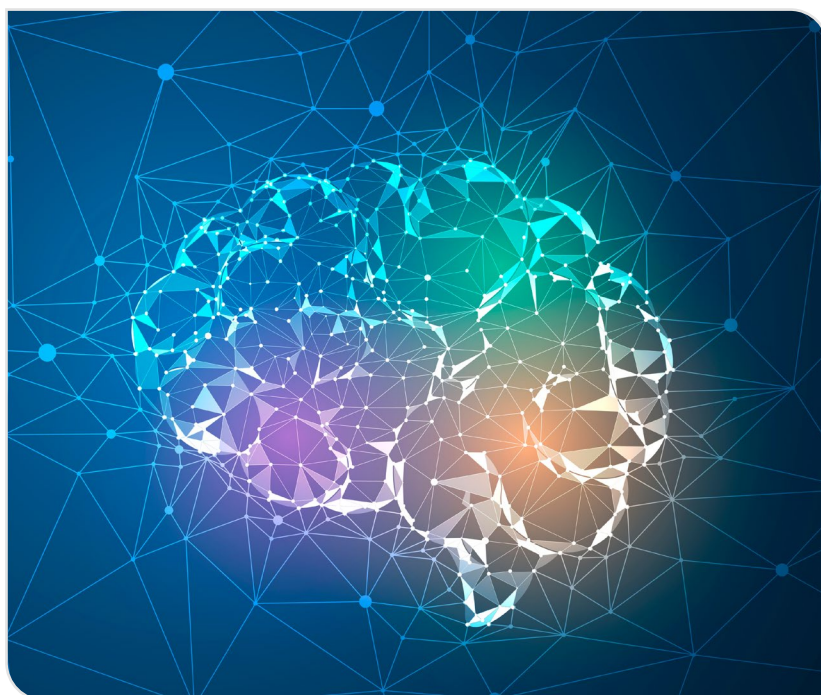
relevanten Produkteigenschaften des aktuellen Konstruktionszustandes durch das Aufzeigen von üblichen Ausprägungskombinationen bewertet und kritische Eigenschaften aufgezeigt werden.

Ergebnisse

Das Vorgehen wird anhand eines industriellen Datensatzes demonstriert. Für verschiedene Konstruktionszustände beispielhafter Produkte werden die Ähnlichkeitssuche, die Bewertung produktionsrelevanter Produkteigenschaften, die Vorhersage nächster Konstruktionszustände sowie die Interaktion der einzelnen Methodenbausteine aufgezeigt. Durch die Methodik können bereits für anfängliche Konstruktionszustände ähnliche Produktmodelle identifiziert werden, wodurch die Wiederverwendung von Wissen gefördert sowie die Generierung von Dubletten reduziert werden. Darüber hinaus können bereits frühzeitig Hinweise auf mögliche Probleme bezüglich der späteren Produzierbarkeit gegeben werden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse das große Potenzial von ML zur systematischen Wiederverwendung von produkt- und produktions-systembezogenen, wodurch ein wesentlicher Aspekt zu einem umfassenden Produkt-Produktions-Codesign beigetragen werden kann. ■



Autorin:
Dr.-Ing. Carmen Krahe



KI-unterstützte Produktentwicklung zur Integration von Produkt-Produktions-CoDesign extrahiert Anwenderwissen und macht es für alle im Unternehmen verfügbar (Abbildung: kras99, Adobe Stock)

Dissertationen

Entwicklung eines multimodalen Prozessmodells zur Oberflächenkonditionierung beim Außenlängsdrehen von 42CrMo4



Autor:
Dr.-Ing. Benedict Stampfer

Ziel des Vorhabens

Das Ziel der Arbeit ist es, analytische Prozessmodelle zur Vorhersage und Anpassung von Oberflächenzuständen zu identifizieren, um das kontrollierte Drehen von 42CrMo4 Stahl zu ermöglichen. Die angestrebten Oberflächenzustände sind eine geringe Oberflächenrauheit, mechanisch induzierte nanokristalline weiße Schichten und kompressive Eigenspannungen.

Vorgehensweise

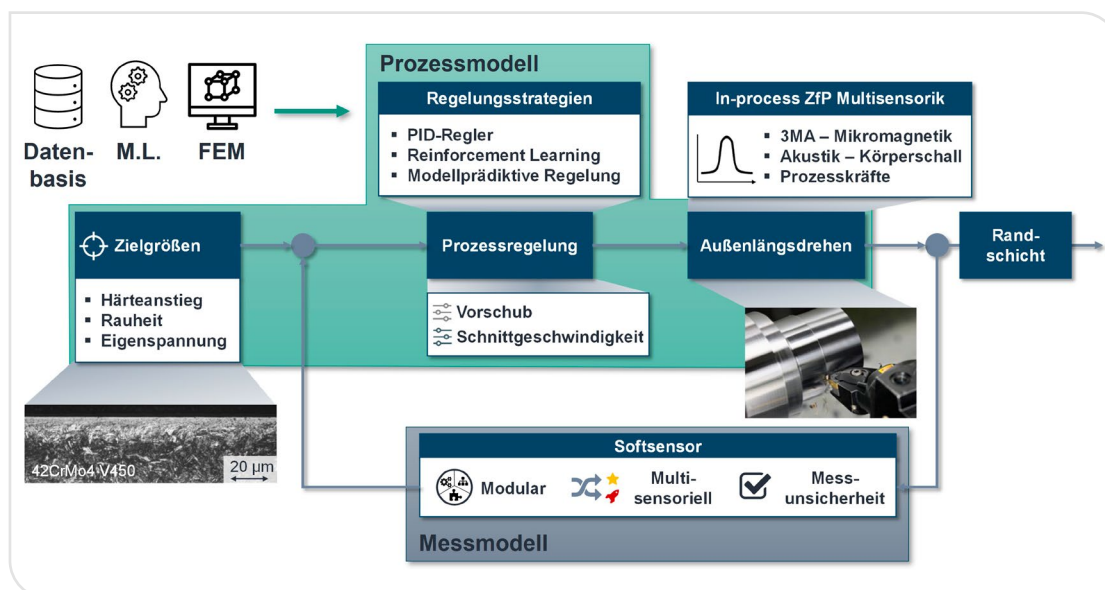
Die betrachteten Prozessparameter und somit Modellinputs sind die Schnittgeschwindigkeit, der Vorschub, die Schnitttiefe, die Trocken- und Emulsionszerspanung, der Anlasszustand des Werkstücks, der Eckradius des Werkzeugs und der Werkzeugverschleiß. Die Oberflächentopographie wird durch die Rauheit R_z quantifiziert, während die Oberflächenverfestigung und der mikrostrukturelle Zustand durch den Anstieg der Vickers-Härte quantifiziert werden. Des Weiteren werden die axialen und tangentialen Normalbestandteile des Werkstückspannungssensors analysiert. Die hohen Messkosten und die komplexen Entstehungsmechanismen motivieren die Simulation von Werkstück-Eigenspannungen mittels der Finite-Elemente-Methode, die ebenfalls vorgestellt wird. Die FE-Simulation ermöglicht das Verständnis und

bestätigt die Trends der empirisch-analytischen Eigenspannungsmodelle. Dadurch werden robuste Modellabhängigkeiten identifiziert, die den Weg für die Anpassung und Steuerung des Drehprozesses ebnen.

Ergebnisse

Es wurde festgestellt, dass bei der Außendrehbearbeitung von 42CrMo4 in der Regel keine durch Thermomechanische Lasten hervorgerufenen Phasenveränderungen auftreten, die mit plötzlichen Härte- und Eigenspannungssteigerungen assoziiert sind. Anstelle dessen entwickeln sich mechanisch verursachte nanokristalline Randschichten, die in Richtung der bearbeiteten Fläche einen Härteanstieg zeigen. Die modellierten Zielparameter waren die Rautiefe R_z , die Steigerung der Oberflächenhärte und markante Werte der tangentialen und axialen Eigenspannungsverläufe. Unter Anwendung linearer Regression, Auswahl von Variablen und Methoden der Kreuzvalidierung wurden analytische und somit in Echtzeit nutzbare Modelle für die Prozesskräfte und die genannten Randzonen-Parameter ermittelt. Zur vertieften Analyse der Ursachen von Eigenspannungen wurde ein FE-Modell erstellt, bei dem Werkzeugeingriff durch thermomechanische Lasten am Werkstück simuliert wurde. Mit Hilfe der 3D-Eigenspannungssimulationen konnten auch Muster erkannt werden, die aus

der Gesamtbetrachtung des Bauteils und der Prozessbewegung resultieren. So kann beispielsweise die Verringerung der axialen Oberflächenspannung durch einen geringeren Vorschub mit der Überlagerung mehrerer Werkzeugeingriffe begründet werden. Die so identifizierten, stabilen Modellzusammenhänge können zur Planung und Kontrolle von Oberflächenzuständen bei Außendreharbeiten genutzt werden. ■



Prozessregelkreis des DFG Projekts „Prozessintegrierte Softsensorik zur Oberflächenkonditionierung beim Außenlängsdrehen von 42CrMo4“ (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Erkennung von Störungen in hochflexiblen Produktionsmaschinen durch intelligente Anomalieerkennung zur Steigerung der Gesamtanlageneffektivität

Ziel des Vorhabens

Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, ein Verfahren zur Erkennung von Störungen in verschiedenen hochflexiblen Produktionsmaschinen ohne Initialaufwand durch aufwendiges Antrainieren mit großer Datenmenge zu erarbeiten. Zudem erfolgt die Integration von Domänenwissen eines Anwenders. Während bisherige Verfahren auf das Antrainieren weniger, aber sich oft wiederholender Prozesse ausgerichtet sind, soll mit diesem Ansatz ein neuartiges Konzept geschaffen werden, Störungen bei sehr geringer Datenmenge aufzufinden. Die Eingriffsgrenzen der Logik sind selbstlernend und adaptieren sich bei einem Prozess- respektive Produktwechsel selbst. Die Prozessunterscheidung erfolgt dabei auf Basis einer Prozesssegmentierung mittels Verfahren der Mustererkennung. Nach dem Segmentieren historischer Datenströme und dem Bestimmen von repräsentativen Mustern erfolgt das Wiederfinden der Segmente in Online-Signalen. Wenn ein gleiches Segment erkannt wurde, erfolgt die unüberwachte Anomalieerkennung. Eine nachgelagerte Klassifizierung durch antrainierte Fehlerklassen und durch formalisiertes Domänenwissen ermöglicht eine Ausgabe von Handlungsempfehlungen für Mitarbeitende im Bereich Anwendung und Maschinenbedienung.

Vorgehensweise

Zunächst werden Verfahren der Mustererkennung vorgestellt, um Prozesse in hochflexiblen Anlagen segmentieren zu können. Dies mündet in der Berechnung von multidimensionalen repräsentativen Prozessmustern. Die segmentierten Muster werden anschließend in Online-Zeitreihen wiedergefunden, um eine Prozessreferenzierung zu ermöglichen.

Auf Basis der Prozessmuster werden dann von Anomalien aufgefunden. Die Anomalien werden vorerst nicht klassifiziert, sondern

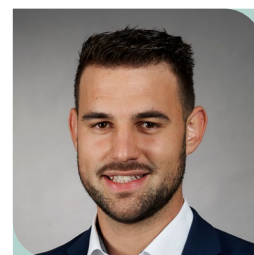
lediglich als unerwartete Ausprägung echtzeitnah erkannt.

Nach der Anomalieerkennung wird ein Label zur Klassifikation der Anomalien integriert. Durch die damit ermöglichte Klassifikation wird die Genauigkeit des Gesamtsystems maßgeblich gesteigert. Im letzten Schritt erfolgt die Formalisierung von bestehendem Anwenderwissen.

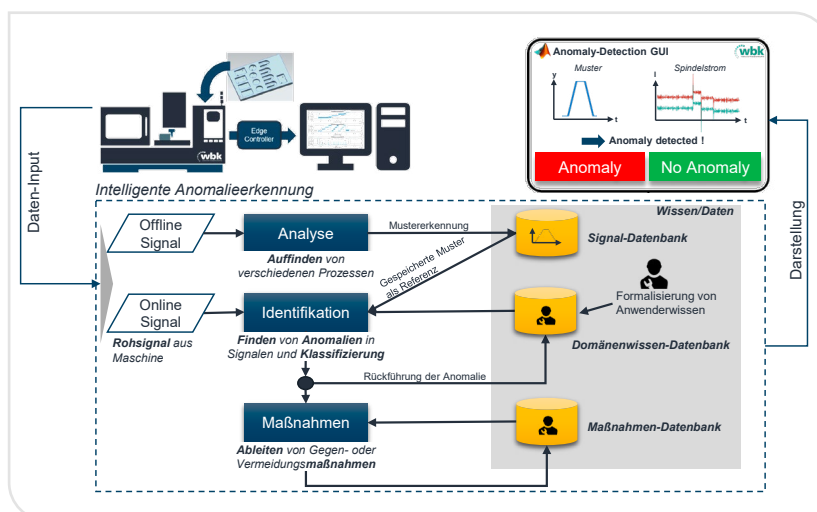
Ergebnisse

Ein neuartiges Konzept zur Segmentierung von Prozessen sowie zur Bestimmung von Prozess-Repräsentanten ist im Rahmen dieser Dissertation entstanden. Auf Basis dieser Segmentierung wurden Verfahren zur Anomalieerkennung entwickelt. Des Weiteren konnte Anwenderwissen formalisiert und zur Klassifikation von gefundenen Anomalien verwendet werden. Um die breite Anwendbarkeit sicherzustellen, sind alle Ansätze programmiertechnisch in Form einer App umgesetzt. Dabei wurden die Einzelverfahren zusammengeführt und eine konsistente Funktion über alle Bausteine des Gesamtsystems gewährleistet. Der Nachweis über die Funktionsfähigkeit erfolgte an drei verschiedenen industriell relevanten Anwendungsfällen.

Diese Dissertation zeigt ein neuartiges Verfahren der Anomalieerkennung auf und stellt die breite Anwendung in der Praxis unter Berücksichtigung der aufgezeigten Grenzen sicher. Durch den Einsatz des Systems kann die Gesamtanlageneffektivität nachhaltig gesteigert werden.



Autor:
Dr.-Ing. Markus Netzer



Ablaufdiagramm der neuartigen Anomalieerkennung (Foto: wbk)

Dissertationen

Funktionsorientierte Qualitätsregelung in Produktionsnetzwerken



Autor:
Dr.-Ing. Rainer Silbernagel

Ziel des Vorhabens

Die Produktion hochpräziser Produkte findet an der Grenze des technisch Machbaren statt. Durch die Anwendung funktionsorientierter Qualitätsregelstrategien, wie etwa intelligenter Bauteilpaarungen, gelingt es, innerhalb der eigenen Werksgrenzen die technologische Komplexität zu reduzieren und eine wettbewerbsfähige Produktion hochpräziser Produkte zu ermöglichen.

Unternehmensübergreifend finden derartige Qualitätsregelstrategien bisher noch keine Anwendung, da unter anderem kein geeigneter Informationsaustausch stattfindet. In der Unternehmenspraxis werden daher oft sehr enge Toleranzen für die zugelieferten Hochpräzisionskomponenten gesetzt, um die Qualität der Endprodukte sicherzustellen. Dies kann einen hohen Ausschuss aufseiten des Lieferanten zur Folge haben. Langfristig sorgt diese Ineffizienz im Produktionsnetzwerk für Wettbewerbsnachteile aller beteiligten Partner. Um diesem Defizit zu begegnen, war die Zielsetzung der Dissertation die Entwicklung eines Ansatzes zur funktionsorientierten Qualitätsregelung in Produktionsnetzwerken.

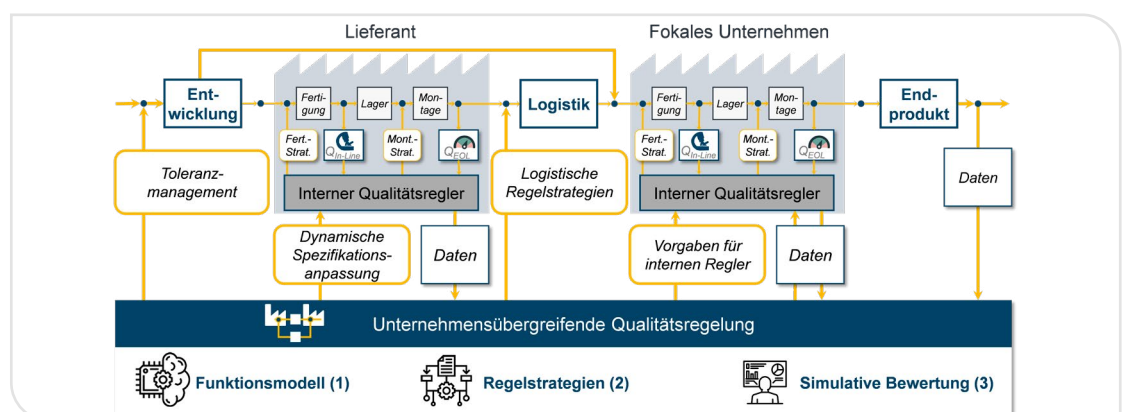
Vorgehensweise

Um diese Zielsetzung zu erreichen, wurde zunächst untersucht, ob sich im unternehmensübergreifenden Kontext neue Regelstrategien ergeben und welche Implikationen für bewährte Qualitätsregelstrategien (siehe Dissertation Dr.-Ing. Raphael Wagner am wbk Institut für Produktionstechnik 2020) bestehen. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf Herausforderungen gelegt, welche sich in der Logistik und durch die Autonomie externer Partner, wie zum Beispiel Lieferanten, ergeben.

Anschließend wurden intelligente Funktionsmodelle entwickelt, die anhand sowohl zugelieferter als auch interner Komponenten eine Funktionsprognose des Endproduktes noch vor der Montage der Komponenten ermöglichen. Zur Abwägung zwischen der reduzierten technologischen Komplexität und dem erhöhten Aufwand einer Qualitätsregelung wurde danach ein simulationsbasiertes Entscheidungssystem entwickelt. Dieses ermöglicht die Bewertung der unternehmensübergreifenden, funktionsorientierten Qualitätsregelstrategien hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Zielgrößen. Das Simulationsmodell diente somit zur Quantifizierung der Potenziale gegenüber einer konventionellen Produktion und des Mehrwertes einer Datenintegration. Der Ansatz der Dissertation wurde modular gestaltet und kann sowohl in bestehenden Produktionsnetzwerken als auch bei der Planung neuer Produktionsnetzwerke verwendet werden.

Ergebnisse

Der Ansatz der Dissertation wurde in einem Produktionsnetzwerk zur Herstellung hochpräziser Dieselinjektoren validiert. In Simulationsstudien konnte dabei, selbst unter Aufweitung sämtlicher Toleranzen, die Qualität signifikant verbessert (netzwerkweiter First Pass Yield: bis zu +1,2 Prozent; Streuungsreduktion in den EOL-Prüfpunkten: bis zu -43 Prozent) sowie der Gesamtgewinn des Produktionsnetzwerkes signifikant erhöht werden (bis zu +6 Prozent). Dabei konnten Ineffizienzen im Produktionsnetzwerk abgebaut werden. Eine Erprobung in realer Produktionsumgebung konnte die Ergebnisse bestätigen. Es wurde somit gezeigt, dass eine toleranzfreie Serienproduktion möglich und auch erstrebenswert ist.



Schematische Darstellung der unternehmensübergreifenden, funktionsorientierten Qualitätsregelung (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Gestaltung und Prozessanalyse für im Schleuderverfahren hergestellte FKV-Metall-Hohlstrukturen

Ziel des Vorhabens

Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels erfordern Lösungen, um den Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen zu reduzieren. Eine Möglichkeit besteht darin, Leichtbaukomponenten einzusetzen, die während der Lebensdauer von bewegten Systemen Energie einsparen können. Hybride Zugstangen oder Antriebswellen aus Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) mit metallischen Funktions- oder Lasteinleitungselementen bieten dafür Potenzial. Entsprechende Bauteile aus duroplastischer Matrix mit Endlofaserverstärkung können mit dem neuartigen Schleuderverfahren intrinsisch hergestellt werden. Bei der intrinsischen Hybridisierung werden FKV und Metall durch Ur- oder Umformen verbunden, ohne dass nachgeschaltete Fügeverfahren wie Schrauben, Nieten oder Kleben notwendig sind. Im Schleuderverfahren wird dabei ein trockener Faserpreform zusammen mit metallischen Funktionselementen in eine geschlossene Werkzeugform gegeben und unter Rotation mit einer duroplastischen Matrix imprägniert. Bisherige Forschungsarbeiten haben nur die allgemeine Machbarkeit des intrinsischen Schleuderverfahrens bewiesen. Die mechanischen Festigkeiten der Hybridverbindungen und die erreichbaren Zykluszeiten für die Imprägnierung des trockenen Faserpreforms sowie die Aushärtung der Matrix sind noch unbekannt.

Vorgehensweise

Um diesen bestehenden Defiziten zu begegnen, wird ein Lösungsansatz entwickelt. Dieser umfasst

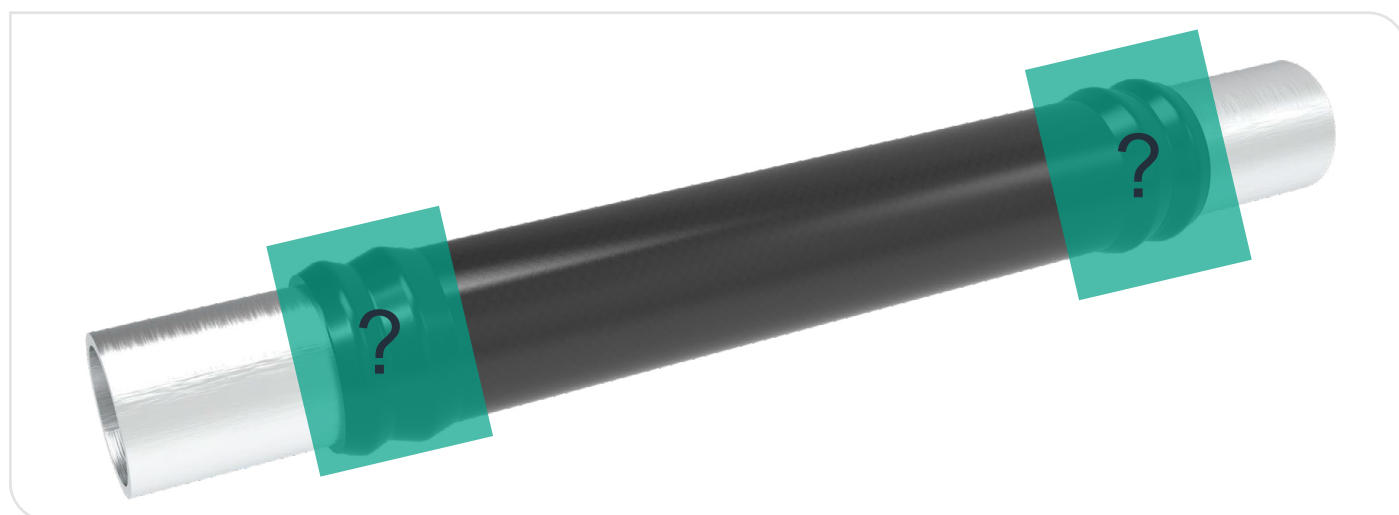
die mechanische Charakterisierung von geschleuderten FVK-Metall-Bauteilen, den Aufbau von Finite-Elemente-Modellen zur Designoptimierung und die Entwicklung einer numerischen Formfüllsimulation zur Bestimmung der Entformungszeit.

Ergebnisse

Zunächst werden Zugversuche durchgeführt, um geeignete Oberflächenbehandlungen für die metallischen Lasteinleitungselemente zu identifizieren mit denen sich die Adhäsion zwischen Laminat und Metalloberfläche verbessern lässt. Dazu werden die hybriden Probekörper in stoffschlüssige und formschlüssige Prüfkörper unterteilt. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden numerische Simulationsmodelle zur Optimierung von geschleuderten FVK-Metall-Zugstangen mit stoff- und formschlüssigen Verbindungen entwickelt. Die FE-Modelle werden parametrisiert, sodass die Geometrieparameter in vorgegebenen Grenzen verändert werden können. Zudem wird eine Kostenfunktion definiert, um die resultierenden Spannungen zu bewerten und eine optimale Form zu bestimmen. Die optimale Geometrie wird im Anschluss mit experimentellen Zugprüfungen validiert. Weiterhin wird eine numerische Formfüllsimulation entwickelt, um die Imprägnier- und Aushärtezeiten zu bestimmen. Dafür werden geeignete Modelle für Viskosität, Permeabilität und Aushärtungsgrad ausgewählt und an die verwendeten Materialparameter angepasst. Die berechneten Zeiten werden mit experimentellen Ergebnissen validiert. Es zeigt sich, dass mit einer geeigneten Parameterwahl Tränkungszeiten im einstelligen Minutenbereich realisiert werden können. ■



Autor:
Dr.-Ing. Jonas Nieschlag



Geschleuderte Zug-Druck-Stange aus FKV mit metallischen Lasteinleitungselementen (Abbildung: wbk)

Dissertationen

In-Process Porositätserkennung für den PBF-LB/M-Prozess



Autor:
Dr.-Ing. Lukas Weiser

Ziel des Vorhabens

Das Fertigungsverfahren des selektiven Laserschmelzens mit Metallen (PBF-LB/M) wird zunehmend auch für die Herstellung von hochbelastbaren Bauteilen in einer Serienfertigung eingesetzt. Die fehlende Reproduzierbarkeit von Prozessergebnissen und das stochastische Auftreten des Defektes Porosität stellen dabei eine besondere Herausforderung dar. Denn dieser Defekt hat einen wesentlichen Einfluss auf die mechanischen Kennwerte eines Bauteils. Dies kann in der Folge ein Versagen des Bauteils unter Last zur Folge haben. Aus diesem Grund ist für solche hochbelasteten Bauteile die Qualitätssicherung unerlässlich. Die zerstörungsfreie Prüfung auf Porosität erfolgt im industriellen Kontext oftmals durch die Röntgen-Computertomografie (CT). Aufgrund langer Messzeiten entstehen hohe Kosten durch die Qualitätssicherung, welche die Wirtschaftlichkeit des PBF-LB/M-Fertigungsverfahrens einschränken. Je nach verwendetem Material und Bauteilgröße ist eine Porositätsanalyse mittels CT auch technisch nicht möglich. Aus diesen Gründen können alternative in-process Prozessüberwachungen für die industrielle Nutzung des PBF-LB/M-Fertigungsverfahrens einen Vorteil bringen.

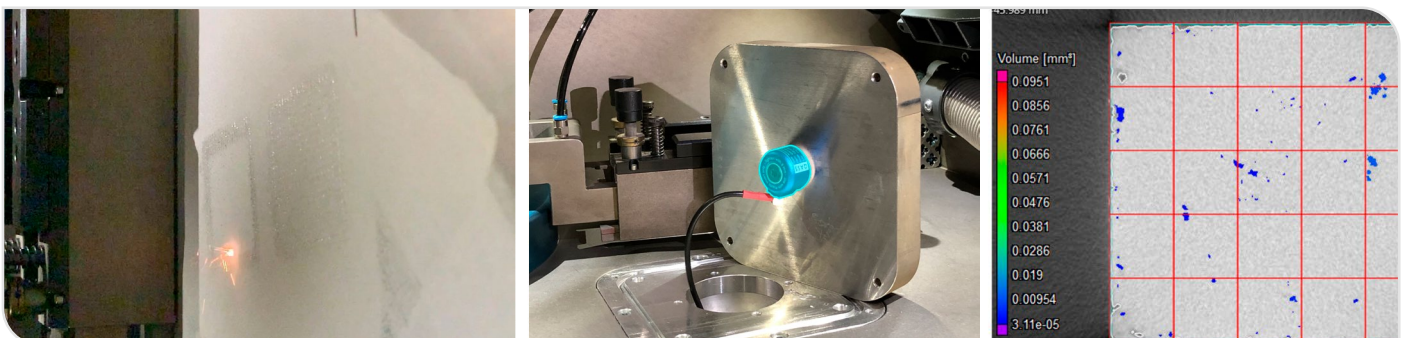
Vorgehensweise

Bestehende Forschungsansätze zur in-process Porositätserkennung weisen vor allem Defizite im Bereich der industriellen Anwendbarkeit und in der

quantitativen Defektcharakterisierung auf. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird mit Hilfe von Methoden der datengetriebenen Modellbildung eine Prozessüberwachung auf Basis optischer Sensoren und akustischer Körperschallmesstechnik entwickelt, welche die Porositätsverteilung innerhalb eines Bauteils während des Fertigungsprozesses vorhersagen kann. Dazu werden 104 Probekörper additiv gefertigt und die Sensordaten aufgezeichnet. Die Probekörper werden nachfolgend mittels Computertomographie auf Porosität untersucht. Diese Informationen werden im Rahmen der datengetriebenen Modellbildung mittels künstlicher neuronaler Netze als Label für das Training genutzt.

Ergebnisse

Die trainierten Modelle sind in der Lage, Bauteile räumlich aufgelöst hinsichtlich ihrer Porosität zu klassifizieren. Dabei können variable Schwellwerte als Klassengrenze genutzt werden. Die quantitative Vorhersage der numerischen Porosität durch Regression sowie die Einzeldefekterkennung bedarf weiterführender Forschungsarbeit. Die Datenfusion von optischer und akustischer Sensorik wurde im Rahmen der Arbeit betrachtet, konnte aber keine besseren Ergebnisse als die separate Betrachtung der Sensoren erzielen. Die Rohdaten der Arbeit sind veröffentlicht, um weiterführende Forschungsarbeiten zu ermöglichen. ■



PBF-LB/M Prozess (links), verwendete Körperschallsensorik unter der Bauplattform (mitte) und Porositätsanalyse durch CT-Scans (rechts) (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Digitale Zwillinge von Produktionssystemen

Ziel des Vorhabens

Um eine gute Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu erzielen, müssen Produktionssysteme über lange Zeiträume mit einer hohen Produktivität betrieben werden. Dies stellt produzierende Unternehmen insbesondere in Zeiten gesteigerter Volatilität, die etwa durch technologische Umbrüche in der Mobilität, sowie politischen und gesellschaftlichen Wandel ausgelöst wird, vor große Herausforderungen. Denn die Anforderungen an das Produktionssystem verändern sich ständig. Die Frequenz von notwendigen Anpassungsentscheidungen und folgenden Optimierungsmaßnahmen steigt, sodass der Bedarf nach Bewertungsmöglichkeiten von Szenarien und möglichen Systemkonfigurationen zunimmt. Ein mächtiges Werkzeug hierzu ist die Materialflusssimulation, deren Einsatz aktuell jedoch durch ihre aufwändige manuelle Erstellung und ihre zeitlich begrenzte, projektbasierte Nutzung eingeschränkt wird. Einer längerfristigen, lebenszyklusbegleitenden Nutzung steht momentan die arbeitsintensive Pflege des Simulationsmodells, das heißt die manuelle Anpassung des Modells bei Veränderungen am Realsystem, im Wege. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Konzept inklusive der benötigten Methoden zu entwickeln und umzusetzen sowie das Simulationsmodell zu pflegen, anzupassen und realitätsnah zu automatisieren.

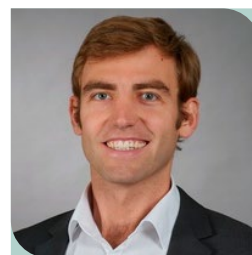
Vorgehensweise

Hierzu werden die zur Verfügung stehenden Realdaten genutzt werden, die aufgrund von Trends

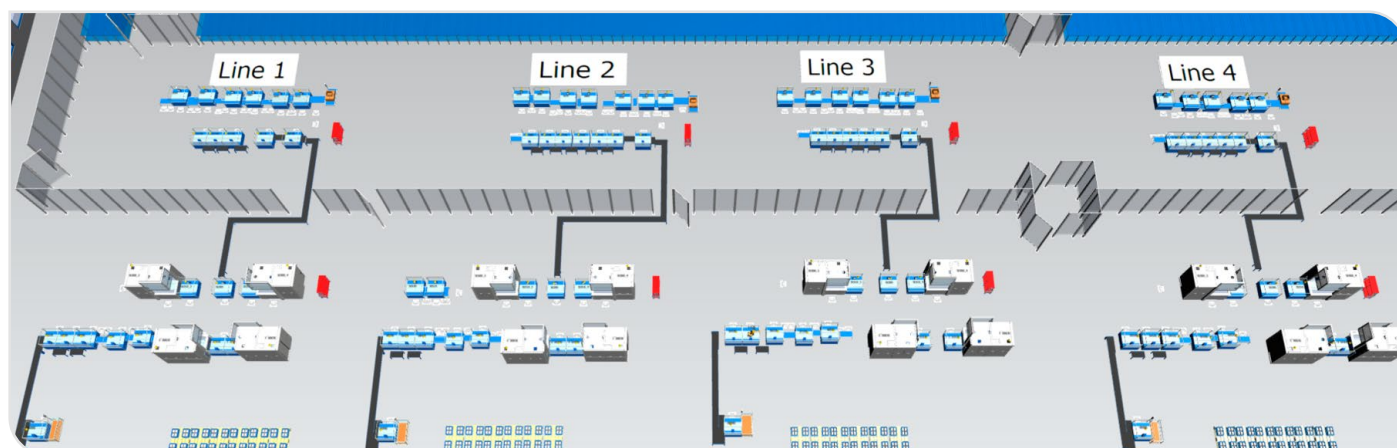
wie Industrie 4.0 und allgemeiner Digitalisierung verstärkt vorliegen. Die verfolgte Vision der Arbeit ist ein Digitaler Zwilling des Produktionssystems, der durch den Dateninput zu jedem Zeitpunkt ein realitätsnahes Abbild des Systems darstellt und zur realistischen Bewertung von Szenarien verwendet werden kann. Hierfür wurde das benötigte Gesamtkonzept entworfen und die Mechanismen zur automatischen Validierung und Aktualisierung des Modells entwickelt. Im Fokus standen dabei unter anderem die Entwicklung von Algorithmen zur Erkennung von Veränderungen in der Struktur und den Abläufen im Produktionssystem, sowie die Untersuchung des Einflusses der zur Verfügung stehenden Daten. Es wurden hierfür unter anderem Process Mining Algorithmen sowie Ultra-Wideband-Lokalisierungsdaten genutzt.

Ergebnisse

Die entwickelten Komponenten konnten an einem realen Anwendungsfall der Firma Robert Bosch GmbH erfolgreich eingesetzt werden und führten zu einer Steigerung der Realitätsnähe des Digitalen Zwillings, der erfolgreich zur Produktionsplanung und -optimierung eingesetzt werden konnte. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse konnte die Bedeutung der Quantität und Qualität der vorhandenen digitalen Daten für die Umsetzbarkeit des Vorgehens bewertet werden. Das Potential von Lokalisierungsdaten für die Erstellung von Digitalen Zwillingen von Produktionssystem konnte anhand der Versuchsumgebung der Lernfabrik des wbk Institut für Produktionstechnik demonstriert werden. ■



Autor:
Dr.-Ing. Leonard Overbeck



Digitaler Zwilling im Anwendungsfall bei Bosch (Abbildung: Bosch/wbk)

Dissertationen

Transparenzsteigerung in der Rückführungslogistik



Autor:
Dr.-Ing. Felix Klenk

Ziel des Vorhabens

Motiviert durch einen steigenden Ressourcenverbrauch und das damit einhergehende Erreichen der Grenzen der linearen Take-Make-Use-Dispose-Mentalität sind innovative Produktionsmuster wie die Kreislaufwirtschaft erforderlich. Das Remanufacturing spielt hierin eine zentrale Rolle, wobei die Rückführungslogistik für die Versorgung dessen mit Gebrauchsgüterprodukten (sogenannte Cores) zuständig ist. Trotz erheblicher Einsparpotentiale steht die Umsetzung aufgrund vielfältiger Herausforderungen jedoch erst am Anfang. Hierzu gehören unter anderem der effiziente Informationsaustausch mit beteiligten Akteuren in der Rückführungslogistik und die anschließende Nutzung der Informationen, um das Remanufacturing zu optimieren. Am Beispiel der Materialbedarfsplanung, also der Versorgung des Remanufacturings mit notwendigen Neukomponenten, wurde in der vorliegenden Dissertation eine Methode zur Transparenzsteigerung in der Rückführungslogistik zur Optimierung ebendieser entwickelt.

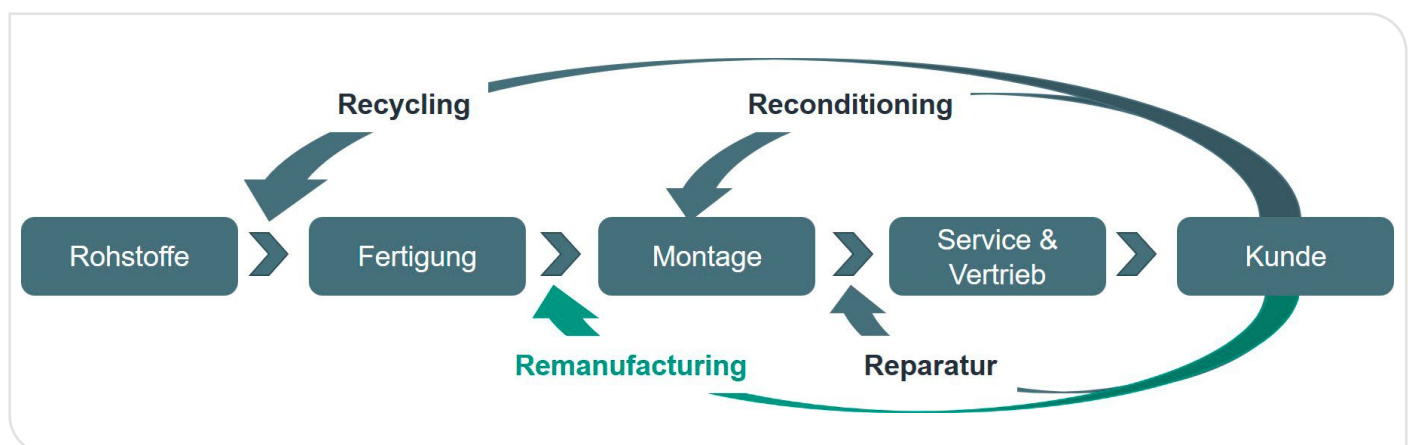
Vorgehensweise

Hierzu erfolgt neben der Modellierung des Material- und Informationsflusses die Erarbeitung eines Konzepts instanzindividueller, dynamischer Regenerationsraten sowie die Gestaltung echtzeitfähiger Bestellpolitiken, die diese als Input verwenden und je Planungsperiode die Bestellmenge und den -zeitpunkt dynamisch anpassen. Dabei wer-

den auf Basis des Economic Order Quantity (EOQ)-Modells die Bestellpunktverfahren (s,q) und (s,S) sowie die Bestellrhythmusverfahren (t,q) und (t,S) sowie eine adaptierte Form der deterministischen Silver-Meal-Heuristik untersucht. Zusätzlich wird das Wagner-Whitin-Verfahren als deterministischer Benchmark-Algorithmus integriert. Mittels Implementierung in einer simulationsbasierten Optimierung zur Identifikation von Wirkzusammenhängen sowie einer Nutzwertanalyse und der PROMETHEE-Methode zur Ableitung anwendungsspezifischer Handlungsempfehlungen erfolgt die Umsetzung der entwickelten Modelle.

Ergebnisse

Die entwickelte Methode wird am Beispiel des Automotive Aftermarkets prototypisch validiert und erprobt. Anhand unterschiedlicher Stückzahlenszenarien und Informationsaustauschgraden wird gezeigt, dass diejenigen Bestellpolitiken mit einer variablen Bestellmenge, die (t,S) - und (s,S) -Politik sowie die SM-Heuristik die besten Ergebnisse hinsichtlich der untersuchten Kennzahlen liefern. Die mit Hilfe der PROMETHEE-Methode abgeleiteten Insensitivitätsintervalle zeigen außerdem, dass die ermittelten Lösungen größtenteils sehr robust gegenüber Veränderungen in den Entscheidungspräferenzen sind. In der praktischen Anwendung können somit je nach vorliegender Situation geeignete Bestellpolitiken ausgewählt sowie Anpassungen in der Rückführungslogistik vorgenommen werden, um die Materialbedarfsplanung weiter zu verbessern. ■



Einordnung des Remanufacturing in die Kreislaufwirtschaft (Abbildung: wbk)

Dissertationen

Kompensation der Wrinkle-Bildung beim Kalandrieren von Lithium-Ionen-Kathoden

Ziel des Vorhabens

Die fortschreitende Elektrifizierung verschiedener Branchen erfordert eine optimierte Batterieproduktion mit erhöhter Energiedichte. Besonders das Kalandrieren von Batterieelektroden ist ein entscheidender Prozess zur Steigerung der volumetrischen Energiedichte. Die Herstellung von Kathoden für Lithium-Ionen-Batteriezellen stellt in diesem Zusammenhang eine besondere Herausforderung durch das Auftreten von „Wrinkles“ dar. Diese Defekte sind Falten auf der Elektrode, die sich am Übergang von der beschichteten zur unbeschichteten Fläche bilden. Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, den Elektrodendefekt im laufenden Prozess zu erfassen, zu charakterisieren und in Beziehung zu den Prozessparametern zu setzen sowie eine Gegenmaßnahme zu erarbeiten.

Vorgehensweise

Die Dissertation umfasste umfangreiche Untersuchungen, um Elektrodendefekte zu identifizieren, zu bewerten und ihre Zusammenhänge mit den Prozessparametern zu untersuchen. Die Einführung von Inline-Qualitätssicherungsmaßnahmen ermöglicht die Erfassung der Wrinkles. Dazu gehörten ein speziell entwickeltes Markierungssystem und Kameras. Diese Maßnahme ermöglichte die Quantifizierung der durch den Kalandrierprozess verursachten Verzerrungen auf der Elektrodenoberfläche. Zusätzlich wurden Kameras und ein Linienlasersensor verwendet, um die geometrischen Eigenschaften der Falten zu messen.

Die Ergebnisse statistischer Versuchsreihen ermöglichten es, die Ursachen des Elektrodendefekts zu identifizieren und eine geeignete Gegenmaßnahme abzuleiten. Dies führte zur erfolgreichen Implementierung eines zusätzlichen Prozesses am Kalandrierer. Dabei wird eine Dehnung in den unbeschichteten Randbereich der Elektrode eingeführt, um die inhomogenen Materialspannungen in der Elektrode auszugleichen.

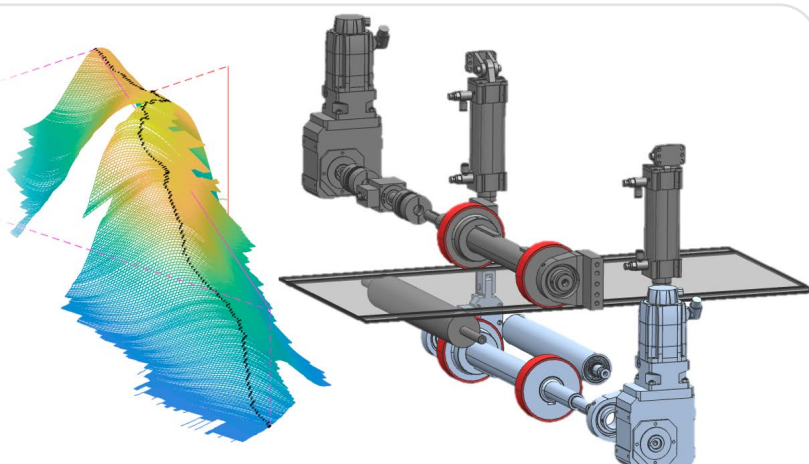
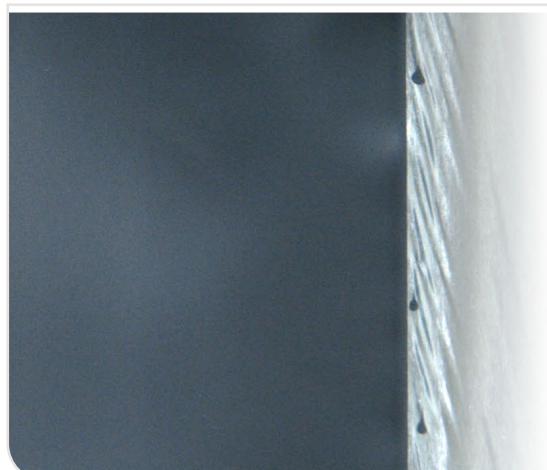
Ergebnisse

Die Ergebnisse umfassen die inlinefähigen Messsysteme sowie die Anlagenerweiterung zur Fehlerminimierung. Die Messsysteme ermöglichen die Quantifizierung der Veränderung der Elektrodenneigenschaften hinsichtlich der Dehnung und Faltenbildung der Elektrode. Die Anlagenerweiterung stellt ein patentiertes Verfahren dar, das nach dem Verdichtungsprozess einen homogenen Materialzustand gewährleistet.

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit tragen maßgeblich zur Weiterentwicklung der Batterieherstellung bei. Die optimierte Produktion ermöglicht eine erhöhte Energiedichte und reduziert eine Fehlerquelle für Batteriezellausfälle.



Autor:
Dr.-Ing. Benjamin Bold



Wrinkles und das Anti-Wrinkle-Modul (Abbildung: wbk)

Studium und Lehre

Leitbild und Zahlen



Studierendenzahlen Studienjahr 2022/2023 im Vergleich zu den Vorjahren.

Anzahl Studierendenanfänger am KIT	Studienjahr 2022/23	Studienjahr 2021/22	Studienjahr 2020/21	Studienjahr 2019/20	Studienjahr 2018/19
Maschinenbau					
Bachelor	364	351	332	358	450
Master	245	281	316	321	361
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik					
Bachelor	18	14	27	30	27
Master	39	49	47	35	57
Mechatronik und Informationstechnik					
Bachelor	99	84	112	123	98
Master	151	128	145	159	244
Wirtschaftsingenieurwesen					
Bachelor	524	453	478	561	603
Master	316	322	338	381	397
Gesamt	1756	1682	1795	1968	2237

Studium und Lehre

Leitbild und Zahlen



Ziel

Das wbk bildet die Produktionsingenieure aus, die ein integratives Verständnis von den Prozessen über die Anlagen und Automatisierung bis hin zu vernetzten Fabriken besitzen.

Vorlesungen

(inkl. Übung / Tutorien)

Für die Fakultäten Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen und Informatik

Einbindung von Gastdozenten aus der Industrie

Umfangreiches Angebot aus den Bereichen FWT, MAP und PRO

Projektarbeiten

(inkl. Praktika, Labore)

Studentische Abschlussarbeiten

Industrial Case Studies mit Studierenden

Internationaler Studentenaustausch

Lernfabrik im produktionstechnischen Labor

Weiterbildung

(berufsbegleitend)

Seminare

Workshops

Executive Master an der Hector-School

(Production Operations Management)

Promotion

(Assistenzpromotion)

Strukturierter Promotionsprozess

Professionalisierung und Persönlichkeitsförderung

Industrieerfahrung

Lehrerfahrung

Internationalisierung (Konferenzen, Forschungsaufenthalte)

Basiskompetenz durch Methodenausbildung

Analyse-, Planung- & Bewertungsmethoden, Simulationen

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 Produktanpassung, 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
Künstliche Intelligenz in der Produktion (WS)	Vermittlung von praxisnaher, ganzheitlicher Integration von Verfahren des Maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz in der Produktion.	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, Furmans
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	Stamer
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, Kienzle
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, Furmans, 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
Schnelle Industrialisierung von unreifen Produkten am Beispiel der Elektromobilität (WS)	Kennenlernen produktionstechnischer Methoden zur robusten und kostengünstigen Produktion von technologisch neuartigen Produkten. Aufzeigen von Lösungsansätzen für zentrale Herausforderungen, die aus dem Spannungsdreieck Produktentwicklung/Industrialisierung/Produktion resultieren.	Bauer
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.	Fleischer
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	Grube
Steuerungstechnik (SS)	Signalverarbeitung, Detektion und Beeinflussung von Prozesszuständen, elektrische Steuerungen, Bussysteme	Gönnheimer
Umformtechnik (SS)	Massiv- und Blechumformung, Werkzeugmaschinen, Tribologie, Werkstoffkunde, Fertigungsplanung, Plastizitätstheorie	Herlan
Verzahntechnik (WS)	Anwendungsbeispiele, Verzahnungsgeometrie, Weich- und Hartbearbeitung, Herstellung von Kegelhäutern, 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 Produkthanpassung, 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	Fleischer
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	Stamer
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, Kienzle
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	Fleischer
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	Gönnheimer
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

Im Juli 2023 fand die Verleihung des Prof. Dr.-Ing. Hans Victor-Preises am wbk Institut für Produktionstechnik statt. Auch in diesem Jahr wur-



Prof. Volker Schulze mit Preisträgerin Marie Hörner und Preisträger Paul Schäfer

den zwei Studierende für ihre hervorragenden Bachelorarbeiten in der Fertigungstechnik ausgezeichnet: Marie Hörner untersuchte in ihrer Arbeit experimentell den Werkzeugverschleiß und die Oberflächenqualität bei der Fräsbearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen. Paul Schäfer wurde für seine Arbeit zur KI-gestützten Analyse des Pulverbetts im PBF-LB-Prozess zur Detektion von Beschichtungsdefekten ausgezeichnet. Die Preise überreichte Prof. Volker Schulze, Institutsleiter des wbk Institut für Produktionstechnik.

Prof. Dr.-Ing. Hans Victor war von 1965 bis 1980 Institutsleiter am wbk und Pionier seiner Zeit auf dem Gebiet der Zerspanung. Seine Frau richtete eine Stiftung – speziell für Studierende mit herausragenden Leistungen im Bereich der Fertigungstechnik – ein. Mit dem Preis ist ein Preisgeld verbunden, das die Preisträger bei ihrem Masterstudium unterstützt. ■

Ausgezeichnete Assistentinnen und Assistenten

Im Rahmen der Jahreshauptversammlung wurden auch wieder die vom Alumni-Club geförderten Auszeichnungen für die besten wissenschaftlichen Publikationen des Vorjahres verliehen. Andreas Hilgardt (FWT, A holistic approach for gear skiving design enabling tool load homogenization), Malte Hansjosten (MAP, Collision avoidance and adaptive path planning in machine tools by matching live image data with a geometric simulation) und Marco Wurster (PRO, Modelling and condition-based control of a flexible and hybrid disassembly system with manual and autonomous workstations using reinforcement learning) dürfen sich über die Auszeichnungen mit dem „Best Paper Award“ freuen. ■



Prof. Jürgen Fleischer mit Malte Hansjosten



Marco Wurster als virtueller Teilnehmer mit Prof. Jürgen Fleischer



Prof. Jürgen Fleischer mit Andreas Hilligardt

Ausgezeichnete Oberingenieure

Die Blanc & Fischer Familienholding hat zum ersten Mal den Blanc & Fischer Innovationspreis verliehen. Dieser ging an Dr.-Ing. Florian Stamer, Oberingenieur im Bereich Produktionssysteme am wbk Institut für Produktionstechnik. Neben der Qualität der Dissertation bewertete das Gremium auch die

Innovation der Arbeit. Der Preis ist mit 5.000 Euro dotiert. Der Preis bestätigt, dass die entstandene Arbeit von besonderem Wert ist: „Mich hat vor allem gefreut, dass der Innovationscharakter der Arbeit überzeugen konnte, weil mir die Industrierelevanz bei der Entwicklung, der Implementierung und der Anwendung des Ansatzes besonders wichtig war“, so Florian Stamer. ■



Dr.-Ing. Florian Stamer erhielt den Blanc & Fischer Innovationspreis (Fotos: wbk)

Vorlesungen

Neue Vorlesung „Nachhaltige Produktionswirtschaft“ am wbk Institut für Produktionstechnik gestartet



Ansprechpartner am wbk:
Alex Maximilian Frey, M.Sc.
Telefon: +49 1523 950 2653
E-Mail: alex.frey@kit.edu

Die nachhaltige Transformation stellt viele produzierende Unternehmen vor signifikante Herausforderungen. So ist der Aufwand für Zertifizierungen und Nachweise oft groß. Gleichzeitig fehlt aber auch häufig das Wissen, welche Möglichkeiten es zur Steigerung der Nachhaltigkeit, beispielsweise durch die Einführung einer Kreislaufwirtschaft gibt. Die am wbk Institut für Produktionstechnik neu gestaltete Vorlesung „Nachhaltige Produktionswirtschaft“ versucht diese Themen aufzugreifen und gemeinsam mit produktionswirtschaftlichen Grundlagen zu vermitteln, um so aufzuzeigen wo und wie die Nachhaltigkeit von Unternehmen in der betrieblichen Praxis gesteigert werden kann. Die Pflicht-Veranstaltung richtet sich an Bachelor-studierende des Maschinenbaus und der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik.

gerung oder Messung der Nachhaltigkeit, wie beispielsweise CO₂-Bilanzierung oder die Bedeutung von ESG-Ratings und Nachhaltigkeitsberichten, vermittelt. Des Weiteren werden auch die Grundprinzipien zur Produktentwicklung & Innovation, Produktion und Supply Chain Management behandelt, um so insbesondere im Kapitel Produktion die Kernkompetenz und die Schnittmenge zu anderen Vorlesungen des wbk darzustellen. Als weiteres Fokusthema des wbk, werden in der Vorlesung Nachhaltige Produktionswirtschaft auch mehrere Einheiten zum Thema Kreislaufwirtschaft angeboten. Hier wird zum einen das Grundkonzept und die Notwendigkeit der Ganzheitlichkeit durch Geschäftsmodelle und Logistikaktivitäten vorgestellt, zum anderen werden aber auch konkrete Umsetzungsbeispiele diskutiert.



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

Die Vorlesung orientiert sich dabei am Aufbau und der Funktionsweise von produzierenden Unternehmen. Entsprechend werden ausgehend von einführenden Grundlagen der BWL und VWL die Aufgaben und Methoden des Accountings sowie der Investition und Finanzierung, als Basis eines Unternehmens, vermittelt. Im Rahmen des Blocks „Unternehmen führen“ liegt der Fokus auf dem unternehmensinternen Controlling, der Organisationslehre, der Strategie und dem Marketing. In allen Kapiteln werden neben den klassischen Funktionen, wie Bilanzen, Gewinn- und Verlustrechnung, Organisationsformen oder der Kapitalwertmethode auch gezielt Beispiele und Methoden zur Stei-

Neben der Vermittlung den Grundlagen der betrieblichen Produktionswirtschaft und Nachhaltigkeit in Unternehmen steht vor allem auch die Kompetenzentwicklung der Studierenden im Vordergrund. Dabei wird vor allem Wert daraufgelegt, dass die Studierenden erlernen, die gelehrt Inhalte zu verstehen und anwenden zu können, aber auch kritisch zu hinterfragen und in den betrieblichen Kontext einordnen zu können. Neben interaktiven Diskussionen und zahlreichen Praxisbeispielen in der Vorlesung wird dazu auch ein vorlesungsbegleitendes Planspiel angeboten, in welchem die Studierenden Inhalte aus der Vorlesung anwenden und vertiefen können. ■



Neue Vorlesung „Nachhaltige Produktionswirtschaft“ gestartet (Foto: Adobe Stock, Miha Creative)

Exkursionen

Assistentenexkursion (AssiEx) des wbk

Die diesjährige Assistentenexkursion führte die Doktorandinnen und Doktoranden des wbk Institut für Produktionstechnik auf eine spannende und lehrreiche Reise zu renommierten Unternehmen in Baden-Württemberg. Diese Woche der Erkundung, des Lernens und des Netzwerkens bot den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Einblicke in verschiedenste Produktionsprozesse und Branchen. Die Reise führte das Team zu den folgenden Unternehmen:

- Dieffenbacher (Eppingen): Bei der ersten Station erhielten die Teilnehmenden einen Einblick in den Anlagenbau zur Herstellung von Holzwerkstoff-Platten sowie in die Digitalisierung von komplexen Anlagen und Fertigungslinien. Die Führung durch das Werk und die Vorstellung der KI-Plattform EVORIS zeigten die Komplexität bei der Verarbeitung von Naturfasern.
- Schunk (Brackenheim): Hier erlebten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Fertigung eines hoch variantenreichen Produktportfolios. Dies erfordert eine äußerst flexible Fertigung. Das CoLab zum Testen von Kundenfragestellungen und Neuentwicklungen begeisterte die Teilnehmenden.
- Optima packaging group (Schwäbisch Hall): In diesem breit aufgestellten Unternehmen wurden Einblicke in die Herausforderungen an Verpackungen für unterschiedliche Kunden aus verschiedenen Branchen, wie Lebensmittel-, Pharma- oder Kosmetikindustrie, gewährt. Die extrem kurzen Taktzeiten stellen höchste Ansprüche an die Automatisierung der Anlagen, welche schlüsselfertig an den Kunden übergeben werden.
- Ziehl-Abegg (Kupferzell): Das Unternehmen Ziehl-Abegg ermöglichte einen Einblick in moderne Entwicklungen in der Lüftungs- und Ventilatorentechnik. Individuell abgestimmte Antriebs- und Aerodynamikkonzepte ermöglichen einen effizienten Betrieb. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, wird eine hohe Fertigungstiefe benötigt.
- Audi (Neckarsulm): Der eintägige Besuch bot spannende Einblicke in die sich im Wandel befindende Automobilbranche. Die logistischen und fertigungstechnischen Herausforderungen zur Fertigung hoch individueller Produkte konnten beim Besuch der Montagelinien live erlebt werden. Am Nachmittag stand die

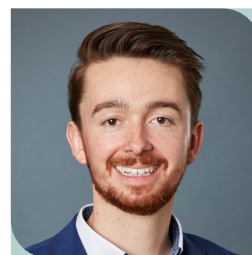
Elektrifizierung und CO₂-Neutralität im Fokus. Die Großserienfertigung von sensiblen Brennstoffzellen und effizienten Elektromotoren zeigt das Limit von heutigen Fertigungstechnologien und den Bedarf nach skalierbaren, digitalen Lösungen.

- Technik Museum Sinsheim: Der Besuch dort zeigte eindrucksvoll den technologischen Fortschritt, den Ingenieuren und Ingenieurinnen in den letzten 150 Jahren erreicht haben.
- Iscar (Ettlingen): Die hochautomatisierte Werkzeugfertigung bei Iscar zeigte auf bemerkenswerte Weise die Vorteile von KI und Robotik auf. Ebenfalls wurde die Bedeutung von robusten Lieferketten für einen Wettbewerbsvorteil deutlich.

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

Für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer war die diesjährige Assistentenexkursion ein voller Erfolg. Sie haben nicht nur eine Vielzahl von Unternehmen und Branchen kennengelernt, sondern auch wertvolle Einblicke in aktuelle Technologien, Herausforderungen und kommende Trends erhalten. Die Assistentenexkursion bot dem Team zudem eine einzigartige Gelegenheit, sich mit Vertreterinnen und Vertretern der Unternehmen auszutauschen und spannende Diskussionen zu führen.

Herzlichen Dank an die Gastgeberinnen und Gastgeber der besuchten Unternehmen, die die Doktorandinnen und Doktoranden des wbk so freundlich und offen empfangen haben. ■



Ansprechpartner:
Kai Drechsel, M.Sc.
Telefon: +49 1523 437 5680
kai.drechsel@kit.edu



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



Gruppenbild im Rahmen der Exkursion (Foto: Ziehl-Abegg)

Abschlussarbeiten

Masterarbeiten 2023

Al-barq, Amr Ahmed Mohammed

Entwicklung und Validierung sequentieller bildbasierter tiefer neuronaler Netze zur Regression des Korrosionsgrads von Gebrauchsgüterprodukten

Albers, Alexander

Untersuchung von Augmented Reality zur Unterstützung der Qualitätskontrolle mit situationsbezogenem Feedback in der Manuellen Montage

Albertini, Andrea

Entwicklung eines Konzeptes für eine App-basierte Steuerung einer Produktionsanlage in der Batteriezellproduktion

Albrecht, Lena

Experimentelle Untersuchung des Einflusses der Prozessstellgrößen auf die Pulverbettqualität bei der ultraschallangeregten Beschichtung im Laser Powder Bed Fusion Prozess mit 316L Pulver

Anderlik, Simon Philipp

Automatisierte Berechnung von Merkmalen zur Charakterisierung des Energieverbrauchs in Produktionsprozessen und KI-basierte Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Verringerung des Energieverbrauchs

Bacher, Bianca

Optimierung nachhaltiger Auftragsallokationen in rekonfigurierbaren Produktionsnetzwerken

Baden, Hendrik Benedikt

Der Einfluss von Circular Economy auf Globale Produktionsnetzwerke - Eine umfassende Prüfung des theoretischen und praktischen Status Quo

Bail, Finn Sebastian

Simulationsbasierte Optimierung einer adaptiven Produktionssteuerung in einem Matrix-Produktionssystem unter Verwendung von Metaheuristiken

Bairathi, Abhinav Sanjay

Untersuchung des Wälzschälens mittels FEM

Bartenbach, Jan

Konzeptionierung und Implementierung einer adaptiven Planungssoftware für rekonfigurierbare Produktionssysteme

Bartsch, Felix

Entwicklung und Programmierung einer SPS Steuerung für eine neuartige Zellaassemblierungsanlage

Bartz, Patrick

Untersuchung von modifiziertem Triplet Loss für Transfer Learning in Embedding Spaces mit Anwendungen zur Fehler vorhersage

Bauer, Dominik

Entwicklung eines Tools zur Kapazitätsüberwachung und kapazitätsbedingten Planungsanpassung in globalen Produktionsnetzwerken

Bauer, Vincent Antoni Manfred

Entwicklung einer konstruktiven Maßnahme zur Verhinderung der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektroden

Bäurle, Marco

Anforderungsanalyse eines mechanischen Ersatzsystems für Batteriezellen im Sinne der Kreislaufwirtschaft

Bayrak, Jannik

Entwicklung einer ganzheitlichen und operationalisierbaren Methode zur Planung einer standardisierten und automatisierten Verpackungslogistik

Benfer, Achim

Schätzung dynamischer Parameter flexibler Gelenke unter Verwendung eines hybriden Modells

Bergen, Waldemar

Einfluss der Kühlschmierstoffkonzentration und Minimalmengenschmierung auf die Segmentspanbildung von Ti6Al4V beim Einstechdrehen mit einem additiv gefertigten Werkzeughalter

Binder, Simon

Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus zur Identifikation von Verspannungskräften in gekoppelten Robotersystemen

Blätter, Gereon

Entwicklung und Konstruktion eines Anlagenmoduls zum kontinuierlichen Setzen mehrlagiger Pin-Körbe für Hair-pin-Statoren

Bohlander, Martin

Simulative Bewertung und Validierung unternehmensübergreifender Qualitätsregelstrategien in der Zero-Defects-Produktion unter Berücksichtigung ökonomischer und technischer Aspekte

Boschert, Levin Georg

Entwicklung digitaler Maschinenzwillinge für Stapelbildungsprozesse von Batteriezellen

Botzem, David

Entwicklung und Bewertung einer Batterie-Kreislaufstrategie für das Advanced Air Mobility Unternehmen Volocopter

Bourdy, Andreas

Automatisierte thermische Analyse elektrischer Synchronmaschinen mithilfe thermischer Netzwerke

Brandhuber, Franz Benno

Hardwarelösungen und deren Regelungsmöglichkeiten zur Flexibilisierung von geometriebestimmenden Karosserie-rohbauanlagen

Brechtken, Felix

Erweiterung eines Genetischen Algorithmus zur Austaktung von Roboter-Montagelinien um Werkzeugeigenschaften für Schweißverbindungen im automobilen Rohbau

Brehmer, Ferdinand

FEM-Simulation des Tiefziehprozesses von Pouchfolie für die Produktion von Li-Ion Batterien

Brenner, Julia Sophie

Entwicklung und Integration einer flexiblen Prozesssteuerung für die Stapelbildung von Lithium-Ionen-Pouchzellen

Brunnenkant, Finn-Augustin

Simulative Analyse der integrierten Fertigung, Demontage und Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Burchard, Benedikt

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

Chen, Jiahuan

Entwicklung eines Bildverarbeitungssystems für Blechpaketsegmente von Rotoren

Cui, Zihui

Entwicklung eines Bildverarbeitungssystems für die Demontage von Rotoren

Darji, Apurv Rajeshkumar

End-to-End-Deep-Learning-basierte Werkzeugverschleißanomalie-Erkennung unter Verwendung von Motorstromdaten

Ding, Qiqiang

Simulationsbasierte Kapazitätsplanung für Produktionsprozesse mithilfe von Pareto-Optimierung

Dong, Jiangtian

Entwicklung eines Monitoring-Tools zur Überwachung einer Papier-Imprägnierungsanlage

Dorairaj, Gokul Anand

Entwicklung eines Tools zur Bewertung der Nachhaltigkeit für Produktionsstandorte

Dressler, Kai-Uwe

Simulationsbasierte Planung und Steuerung von Beschaffungsprozessen im Remanufacturing als Teil eines globalen Produktionsnetzwerks

Erenler, Cansu

Prozessparameteroptimierung in der Schokoladenproduktion zur präzisen Regelung der Schalenmasse mithilfe eines Machine-Learning-Modells

Feldinger, Felix

Versionierung in einer Datenbank für das globale Produktionsmanagement Data

Feuerstein, Timon

Adaptive Kapazitätsplanung für rekonfigurierbare Matrix-Produktionssysteme im Remanufacturing

Flaig, Paula Sophie

Datengetriebene Optimierung der Bauteilposition und der Bearbeitungsparameter zur Minimierung des Energieverbrauchs beim 3-Achsfräsen

Frech, Christian

Bewertung und Optimierung von Greiferfingerkonfigurationen aus einem modularen Baukasten

Frisch, Marvin

Entwicklung eines Ansatzes zur automatisierten Identifikation von Vorschubachsen

Fritz, Nicolas

Entwicklung einer digitalen, automatisierten Methodik für die Verpackungsentwicklung und -kostenbewertung

Fuchs, Christian

Einflussfaktoren auf die Stapelgenauigkeit von Batteriezellen: Experimentelle Identifikation signifikanter Prozessparameter und simulative Bestimmung von Materialparametern

Fuchs, Tobias

Entwicklung eines modularen Sicherheitssystems für eine flexible Roboterzelle mit variabler Anzahl an Roboterkinematiken

Gast, Marius

Globale Produktionsnetzwerke als Service Value Networks

Geis, Philipp

Entwicklung und Konstruktion eines flexiblen Hairpin-Greifers im Kontext der E-Motoren-Produktion

Gerner, Johannes

Entwicklung und experimentelle Validierung einer prozessgeregelten Roboterzelle für die flexible Statorproduktion im Kontext der Elektromobilität

Glatthaar, Kai

Traceability in der Batterieproduktion - Untersuchung von Tracing-Lösungen bei Batterien verschiedener Zellchemien

Goldschmidt, Raoul

Untersuchung der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektroden mittels Design of Experiments anhand der Parameter Bahnzug, Dichte und Temperatur

Gorani, Albinot

Inline-Prozessüberwachung beim Laserschweißen von metallischen Bipolarplatten

Görtz, Mike

Weiterentwicklung und Erprobung eines piezoelektrischen Werkzeugsystems für die Prozesskombination Hämmern-des Drehen

Gräber, Maximilian

Entwicklung eines sensorbasierten Messsystems zur Kalibrierung gekoppelter Industrieroboter in einer flexiblen Roboterzelle

Grimmbacher, Marcel

Weiterentwicklung eines Fit-Modells zur strategischen Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke sowie Validierung mithilfe eines qualitativen Forschungsdesigns

Gu, Xiaoyi

Bildbasierte Schraubenkopferkennung für die automatische Demontage im Remanufacturing

Habibi, Sam

Produktionsplanung für konfigurierbare Produkte mittels Datenanalyse

Harz, Nico Joseph

Entwicklung und Implementierung eines Ansatzes zur Dimensionierung der Werksgröße anhand eines Referenzstandorts

Heineke, Philipp

Auslegung und Umsetzung eines Druckerkonzepts für den keramischen 3D-Druck großer Bauteile aus Kapillarsuspensionen

Hermann, Yannik

KI-basierte Methodik zur automatisierten Prozessparameterisierung für die flexible Statorproduktion im Kontext der Elektromobilität

Herrmann, Kevin

Prozessanalyse und Entwicklung einer Kapazitätsplanung am Beispiel eines Kalibrierlabors von Hochpräzisionsgewichten bei KMU

Herz, Leonard

Montagekonzept für die automatisierte Montage eines ePlex Panels

Hespeler, Sarah

Entwicklung eines konzeptionellen Ansatzes zur Dimensionierung eines Produktionsstandorts innerhalb eines Netzwerks

Heusch, Antonius Johannes

Entwicklung eines Fuzzy-MADM Ansatzes zur holistischen Bewertung von Netzwerkfigurationen in globalen Produktionsnetzwerken

Hoxha, Mitat

Entwicklung einer Softwarearchitektur für modulare, kabellose Stationen

Hyseni, Engjell

Entwicklung einer Methodik zur systematischen Nutzung von Data-Mining in SIX Sigma Projekten

Ilik, Emrecan

Prozessüberwachung in der additiven Fertigung mithilfe von Machine Learning

Jamaludin, Ahmad Fuad Bin

Marktanalyse von Tracking und Tracing Konzepten sowie Anforderungsdefinition für ein Traceability-Konzept bei der Herstellung von Batteriezellen

Jaspers, Marie-Christin

Entwicklung eines Vorgehens zur Ableitung von Netzwerkalternativen in der globalen Produktionsnetzwerkplanung und Validierung im industriellen Kontext

Jin, Yuhan

Bildbasierte, zeitplanfreie robotergestützte Demontage von Gewindeverbindungen für unbekannte Objekte

Jung, Daniel

Entwicklung eines Modulbaukastens für die Planung von Produktionssystemen und dessen simulationsgestützte Validierung

Kappus, Jonathan

Entwicklung einer Regelung für die Kompensation von Spannungskräften eines gekoppelten, sechsfach überbestimmten Robotersystems

Keitel, Teresa

Etablierung eines Shopfloor-Managements in einer variantenreichen Produktionsumgebung

Keller, Dennis

Konzeptionierung einer Blockchain für den kontinuierlichen Mischprozess in der Batteriezellproduktion

Kimm-Friedenberg, Frederic

Entwicklung einer Methodik zur Festlegung strategischer Ziele für die Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke

Kirchenbauer, Max

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

Kleim, Sebastian

Entwicklung eines dateneffizienten Deep Learning-Modells zur 3D-Objekterkennung in komplexen Produktionsprozessen

Kleiner, Daniel

Herstellung von geometrie-optimierten Hartmagneten mittels badbasierter Photopolymerisation

Knierim, Justus

Trajektorienoptimierung zur Verbesserung der Formschlusserstellung beim roboterbasierten Entschrauben mittels Reinforcement Learning

Kochendörfer, Pauline

Multikriterielle Optimierung von Arbeitsfolgen in der Produktionssystemplanung durch Nutzung mathematischer Modelle des Operations Research
Kowadkar, Shounak
Bildbasierte Schraubenerkennung und Lokalisierung für die sichere Demontage von Batteriepacks

Kreb, Nicolai

Weiterentwicklung eines strategischen Fit-Modells zur Ableitung einer globalen Produktionsnetzwerkkonfiguration und dessen Anwendung auf das Marktsegment eines eVTOL-Herstellers

Kreisz, Laura

Dynamische Modellierung von Kundenverhalten mittels künstlicher Intelligenz im Kontext optimaler Preis-Lieferzeitgestaltung

Krippner, Achim

Anwendung von Reinforcement Learning zur Produktionssteuerung in flexiblen Produktionslinien

Kronenberger, Philipp

Prozessbeschreibung der Montageplanung für eine Überauffertigung am Beispiel des Audi Q4 e-tron

Kuchta, Tobias

Entwicklung und Implementierung eines Testautomatisierungsprototyps für SAP JIT/JIS Processing

Kumar Kusta, Chethan Kumar

Untersuchung der Werkzeugleistungspotentiale beim Wälzschälen mit kleinen Achskreuzwinkeln

Küppers, Caroline

Bauteilinspektion von Elektrolyse- und Brennstoffzellen-Stacks für ein Remanufacturing im Kontext der Kreislaufwirtschaft

Kutscher, Caroline

Konzeption eines Ansatzes zur holistischen Ausgestaltung des Produktions-Footprints und der Wertschöpfungstiefe

Lalla, Fabian

Prozesskonzeption und -entwicklung für die Demontage von NdFeB Magneten aus PSM Rotoren

Landeck, Andreas Matthias

Vorhersage charakteristischer Prozessmuster durch Analyse von Steuerungscode zur verbesserten Anomalieerkennung in flexiblen Produktionsmaschinen

Lang, Simon

Multikriterielle Optimierung der selektiven Montage im Remanufacturing durch Metaheuristiken

Laub, Jannis

Konzeption und Entwicklung einer Belastungseinheit für einen kombinierten Fahrwerks-/Rollprüfstand

Lehmann, Chantal-Liv

Herstellung keramischer Multi-Material-Bauteile mittels VPP-LED

Leingang, Eric

Scanstrategieanpassungen zur gezielten Fertigung von gradierten/lokal variierenden Gitterstrukturen einschließlich mechanischer Charakterisierung

Liu, Xiaorong

Steuerungskonzept für einen kontinuierlichen Prozess mit Zeitverzögerung

Liu, Muyuan

Konzeptionierung, Konstruktion und virtuelle Inbetriebnahme eines Handhabungsmoduls zur kontinuierlichen Verarbeitung der biegeschlaffen Brennstoffzellen-Komponenten

Liu, Yang

Sensorlose Werkzeugverschleißerkennung mit unterschiedlichem Few-Shot-Lernen und Transferlernalgorithmen

Lyu, Jing

Ressourcenoptimierung in der Fräsproduktion auf Basis der Werkstückpositionierung

Makiadi, Doriane

Herstellung keramischer Multi-Material-Bauteile mittels Sinterfügen

Mancilikcilar, Dilay

Prozessoptimierung von Vakuumpumpen im Fabrikationsbereich

Mandale, Ankita Mukund

Entwicklung eines digitalen Zwillings einer Z-Falt Maschine für die Lithium-Ionen Batterieproduktion

Mayer, Lukas

Methode zum effizienten Einsatz ereignisdiskreter Simulation in der Planung von automatisierten Produktionssystemen zur Bewertung von Veränderungsfähigkeit

Merz, David

Entwicklung von Machine-Learning-Strategien für die Qualitätssicherung beim Laserschweißen für die zellinterne Kontaktierung bei Lithium-Ionen-Batterien

Mohs, Lena

Untersuchung des Einflusses der Sintertemperatur auf die Eigenschaften keramischer Bauteile und Bestimmung geeigneter Prozessfenster

Müller, Niklas

Entwicklung eines standardisierten und ganzheitlichen Vorgehens zur nachhaltigen Implementierung des digitalen Shopfloor Managements

Mursch, Fabian

Systematik zur Konzeptionierung von Indoor-Farming Anlagen sowie Betrachtung des Use Cases Kartoffel

Musataha, Muhammed Ali

Data Analytics für die Optimierung von Produktionssystemen

Neidhöfer, Jan

Computer Vision Methoden zur Defektdetektion in der Holzproduktion

Osen, Gregor

Entwurf einer cyber-physikalischen Testumgebung von Vorschubachsen in einem Entwicklungsprozess mittels FEM-Simulation und Modelbildung

Pabst, Lukas

Entwurf und Validierung der Regelung eines Rolle-zu-Rolle-Prozesses bei der kontinuierlichen und flexiblen Stapelbildung von Lithium-Ionen-Batteriezellen

Patel, Navesh

Induktive in situ Defekterkennung für eine kontinuierliche Prozesskontrolle in PBF-LB

Paul, Jochen

Entwicklung einer computergestützten Validierungsmethode für ein Expertensystem unter Verwendung von Stichprobentechniken

Pihuave, Eric

Aufbau eines Simulationsmodells für physisch gekoppelte Roboter in Fertigungsszenarien

Plotzitzka, Markus Stefan

Industrie Anwendung, Validierung und Optimierung eines Erklärungsmodells zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit globaler Produktionsnetzwerke

Poyard, Matthias

Konzeptionierung und Erprobung neuer Ansätze zur ressourceneffizienten Montage von Permanentmagnetmotoren

Probst, Yannik

Datengetriebene Modellierung des achsspezifischen Energiebedarfs zur Untersuchung energieoptimierter Werkstücklagen am Beispiel einer Drei-Achs-Fräsmaschine

Rabenseifner, Victor Ernest

Experimentelle Analyse der Prozessgrenzen eines neuartigen Laser-Sinterprozesses mit automatisierter Endlosfasereintegration

Rapp, Benedikt Manfred

Entwicklung und Inbetriebnahme eines Roboter-Werkzeuges für das Single Point Incremental Forming von thermoplastischen Faserverbundkunststoffen

Reckemmer, Dirk Friedrich

Entwicklung eines Konzepts für die Gestaltung anwenderfreundlicher Simulationsmodelle

Rudorf, David

Potenzialidentifikation und Ausarbeitung einer Roadmap zur kontinuierlichen Weiterentwicklung einer Matrixfertigung

Rumale, Harshad Ravikumar

Analyse aktueller Konzepte und Herausforderungen für das direkte Recycling von Li-Ionen-Batterien

Ruppelt, Peter

Untersuchung und Entwicklung eines Ansatzes zur intelligenten Datenreduktion im Kontext von Lean Data

Rutschke, Yann

Weiterentwicklung eines Ansatzes zur Bestimmung von Modellparametern mithilfe von Computational Intelligence Methoden

Sackenreuther, Lisa

Entwicklung eines selbstlernenden Algorithmus zur Parametrierung eines 3D-Druckers

Sahin, Sinem

Entwicklung eines Cyber-FMEA Frameworks für produzierende Unternehmen mit hybriden Infrastrukturen

Sauer, Jana

Dynamische Preisgestaltung im Kontext des Remanufacturing – Eine Erweiterung um die Qualitätsdimension

Scheiger, Valentin Winfried

Automatisierte Produktinspektion und Computer Vision-basierte Neuplanung der Kameraposition

Schenkel, Luca

Modellbasierte Verknüpfung von Produkt und Produktionssystem basierend auf dem Prinzip der integrierten Produktionsplanung

Schieferdecker, Susanna

Analyse des Potenzials der Oberflächenbearbeitung zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Rahmen des Remanufacturing

Schmidgruber, Julian

Technologiescreening ungehobener Potentiale der Produktionstechnologien von PEM Elektrolyseuren auf Basis der Brennstoffzelle

Schmidt, Anna

Befähigung wandlungsfähiger Produktionssysteme zur servicebasierten Produktionsplanung durch digitale Zwillinge

Schmidt, Kimon Lukas

Entwicklung und Visualisierung eines Datenmodells zur Analyse und Optimierung von Produktallokationen in einem globalen Produktionsnetzwerk

Schneider, David

Konzeptionierung einer Spanneinheit zur Direktbewicklung von Rotoren für Traktionsmaschinen von Elektrofahrzeugen

Schneider, Timon

Mathematische Optimierung in der Fertigungsplanung – Entwicklung und Implementierung eines multikriteriellen Assembly Line Balancing Modells bei nicht-diskreter Zuordnung von Montageschritten zu Stationen

Schuster, Johannes Stefan

Entwicklung eines integrierten Ansatzes zur automatisierten Erstellung eines digitalen Schattens am Beispiel einer realen Produktionslinie

Seban, Edouard

Entwicklung eines Moduls zur Vermeidung der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektroden

Seibert, Christoph

Konzeption und Implementierung einer Reifegradbewertung und Strategie zur Digitalisierung des Shopfloor Managements

Seiter, Melissa

Entwicklung und Implementierung eines Modells zur Abbildung der Wandlungstreiber Szenarien globaler Produktionsnetzwerke in digitalen Zwillingen

Sivaramkrishnan, Gaurang Ram

Entwicklung eines Use Case basierten Trainingskonzepts für Augmented Reality in der Produktion

Söder, Jan

Entwicklung eines Heizsystems für den 3D-Druck mit Industrierobotern zur Endlosfaserverstärkung durch Thermoplast-Tapes

Spitzbart, Maximilian

Methodik zur automatisierten Ermittlung und Optimierung von Modellabweichungen für die hochfrequente Zeitreihenvorhersage im Kontext der Energieoptimierung

Steinkühler, Niklas

Integrative Kapazitätsplanung in globalen Produktionsnetzwerken unter Berücksichtigung von Unsicherheit und multiplen lokalen Randbedingungen

Stummbillig, Niklas

Auslegung und Konstruktion eines Prüfstands zur Validierung von Wasserabscheidern im Anodenkreislauf der PEM-Brennstoffzelle

Sun, Chuanxing

Entwicklung eines Imitation-Learning basierten Frameworks für View Planning während der Produktinspektion

Sutter, Simon

Optimierung und Validierung eines KI-basierten Metamodells zur Rückfederungskompensation im Kontext der Statorproduktion

Szyjka, David

Entwicklung eines Akzeptanzmodells für das digitale Shopfloor Management

Tews, Le Quang

Vorhersage der Oberflächenrauheit beim Tauchgleitschleifverfahren mithilfe maschineller Lernmodelle und Diskrete Elemente Methode

Thomas, Nico

Modulare Integration von Nachbearbeitungsverfahren für einen additiv-subtraktiven Fertigungsprozess

Tienkaew, Apirak

Entwicklung einer Methode zur automatisierten Modellbildung von Vorschubachsen

Tremmel, Ruben David

Inbetriebnahme und Steuerungskonzept eines Lasersystems mit zugehöriger Sicherheitsvorrichtung zur additiven Fertigung von Metall-Polymer-Hybriden

Vautrin, Erik

Prozessüberwachung in der additiven Fertigung mithilfe von Machine Learning

Vivet, Gaspar

Entwicklung und Validierung einer Fügeeinheit zum Fixieren der Gasdiffusionslagen in einem kontinuierlichen MEA-Fertigungsprozess

Vojkovic, Jakob

Automatische Plausibilitätsprüfung von Dokumenten der Produktionsplanung mittels Datenanalyse

Wagner, Aymara

Simulationsbasierte Planung und Optimierung nachhaltiger Materialbedarfsplanung in der Rückführungslogistik für das Remanufacturing

Wagner, Benedikt

Geometriestudie zu unterschiedlichen Infill- und Supportstrukturen bei metallischen sinterbasierten additiven Fertigungsverfahren

Wang, Huineng

Optimierung der Korrosions- und Verschmutzungsdetektion durch Implementierung einer Runtime

Wehrle, Jara

Strategieentwicklung für die erfolgreiche Integration digitaler Technologien in mittelständische Unternehmen

Wie, Housheng

Entwicklung eines Frameworks zur kommunikationstechnischen Anbindung von Datenquellen in Werkzeugmaschinen und Gestaltung eines Prototyps mit Nutzeroberfläche

Weis, Manuel

Automatische Code-Generierung mit Hilfe einer domänenspezifischen Sprache (DSL) im industriellen Umfeld

Wenig, Tianshu

Analyse der aktuellen Lösungen zu Tracking und Tracing in der Batteriezellproduktion

Wexel, Helena

Ermittlung der dynamischen mechanischen Eigenschaften von mittels selektivem Laserschmelzen hergestellten additiven Bauteilen aus AISi10Mg

Wirth, Jannik

Entwicklung eines Schulungskonzepts für Fabrikplanung für Produktionsingenieure dargestellt am Beispiel eines Sensorherstellers

Wittstock, Lara

Planung der Einstreuungsreihenfolge von Montageaufträgen in der Variantenfließfertigung am Beispiel der Rack-PC Produktion

Woesler, Valentina

Elektrochemische Präolithierung in Gigafactories: Eine techno-ökonomische Innovationsanalyse in der Lithium-Ionen-Batterieherstellung

Wörle, Hannes

Kinematiksimulation eines Industrieroboters für einen Faserwickelprozess

Wustmann, Erik

Entwicklung und Konstruktion eines flexiblen Hairpin-korb-Greifers im Kontext der E-Motoren-Produktion

Xie, Weicheng

Analyse und Simulation von Wirkzusammenhängen zwischen Materialeigenschaften und Prozessparametern in der Brennstoffzellenfertigung

Yazgan, Sümeyra

Entwicklung von funktionsorientierten Benchmarks für die sinterbasierte additive Fertigung metallischer Bauteile

Yu, Huitian

Konzeptentwicklung für universelles Deployment von ML-Anwendungen mit langfristiger Aussagekraft an Werkzeugmaschinen

Yüce, Abdulkadir

Entwicklung eines KI-Modells zur Anomalie-Erkennung im Produktionshochlauf von Hochpräzisionsprodukten

Zambo, Victoria Constanze Natali

Materialflussplanung mit fahrerlosen Transportsystemen in der Komponentenfertigung

Zdravkov, Denislav

Ein Ansatz zur numerischen Optimierung von verrippten langfaserverstärkten Thermoplaststrukturen unter Berücksichtigung des Herstellprozesses

Zhu, Yunrui

Untersuchung des methodischen Aufbaus von Informationsmodellen für Cyber Physical Production Systems und exemplarische Implementierung eines Informationsmodells für einen Anwendungsfall

Zimmermann, Yannick

Untersuchungen zu alternativen Technologien in der Elektronikfertigung

Zöller, Jan

Experimentelle Untersuchung des Fräsprozesses zum Trennen von Zellkontaktierungen in der Batteriemoduldemontage

Bachelorarbeiten 2023**Al-bAgarwal, Aryan**

Entwicklung einer Methode zur Erstellung von produktionsoptimierten Stücklisten auf der Grundlage von Datenanalysen zur Steigerung der Effizienz der Produktion

Al Aridi, Louay

Finite-Elemente-Simulation der Stapelbildung von Batteriezellen

Albayrak, Mikail Ahmet

Experimentelle Untersuchung der Fräseigenschaften unter verschiedenen Fasertrennwinkeln von faserverstärkten Kunststoffen (FVK) in Bezug auf die Oberflächenqualität

Alsabouh, Yousef

Erstellung eines Prozessmodells zur schnellen Prädiktion von Anlagenparametern eines Batteriekalanders

Appelt, Chiara

Analyse des Schichtdickeneinflusses im PBF-LB Prozess auf die richtungsabhängige Fertigung von Gitterstrukturen

Bakhit, Akrm

Konzeptentwicklung und Erprobung neuartiger additiver Auswuchtprozesse für Permanentmagnetmotoren

Basyyigit, Ege

Entwicklung eines Demonstratorbauteils für einen neuartigen SLS-Prozess zur Herstellung von endlosfaserverstärkten Faserkunststoffverbunden

Batra, Hridey

Weiterentwicklung eines robotergestützten Wickelgeometriemodells mit Siemens NX und MATLAB

Baudy, Max

Entwicklung und Konstruktion eines Versuchsaufbaus zur Validierung eines Ansatzes für das Deployment von Machine Learning Anwendungen in Werkzeugmaschinen

Bauhofer, Hamid Alwin

Entwicklung einer Prozesskette zur automatisierten, additiv-subtraktiven Reparatur von Inserts integrierter Kunststoffbauteilen

Bilger, Cedric

Entwicklung und Konstruktion eines sensorgestützten Prüfstandes zur Untersuchung des Greifverhaltens von Polymer-Komposit-Kathoden

Bostanci, Furkan

Durchführung und Auswertung simulationsbasierter Untersuchungen für den Kombinationsprozess des Hämmerns und Drehens

Bramey, Felix

Verfahren zur Kalibrierung der Inputdaten eines digitalen Zwillings von globalen Produktionsnetzwerken

Brunck, Nils

Analyse des kontinuierlichen Mischprozesses in der Elektrodenproduktion

Büchner, Daniel Johannes

Experimentelle Untersuchung der Wechselwirkungen von Werkzeug, Prozess und Bauteil im Schleuderverfahren

Bühler, Alwin

Vergleich von Modellierungsumgebungen zur Durchführung von Mehrkörpersimulationen

Busert, Lasse Benedikt

Explorative Datenanalyse zur Bewertung der Produktionstabilität und -standardisierung am Beispiel einer Papier-Imprägnierungsanlage

Cao, Shiqi

Datenbasierte Geschäftsmodelle in globalen Produktionsnetzwerken

Deucker, Samuel

Vorhersage des Energieverbrauchs von Drei-Achs-Maschinen anhand der Untersuchung von geeigneten Machine-Learning-Modellen

Dever, Berdan

Entwicklung eines Maschinenbetts mit modularen Achsen zum Fräsen und 3D-Drucken

Dogendorf, Philip

Entwicklung und Optimierung intelligenter Betriebsmittel für die Handhabung hochintegrierter Kunststoffbauteile in additiv-subtraktiven Reparaturprozessen

Doms, Tobias

Untersuchung der Versteifung von Flussbarrieren zur Drehzahlsteigerung von synchronen Reluktanzmaschinen

Dück, Patrizia

Methode zum Mapping von Wandlungsrezeptoren und -maßnahmen eines Montageprozesses in wandlungsfähigen Produktionssystemen

Ebert, Johannes

Verschleißklassifikation und -vorhersage von Kugelgewindetrieben in CNC-Maschinen mittels überwachten maschinellen Lernens und ARIMA-Prozessen

Eisenlohr, Frithjof Anton Ingemar

Untersuchung und Bewertung von Traceability-Lösungen für die Kreislaufwirtschaft: Gezielter Einsatz von Technologien zur Schließung von Lücken des Informationsbedarfs

Eißler, Christoph

Batteriepass und Traceability Lösungen in der Batterieproduktion mittels digitalen Tracking- und Tracingmethoden

Eith, Henrik

Entwicklung eines Konzepts für die Standardisierung von Kennzahlen in Produktionsnetzwerken

Eitzenberger, Joachim

Verwendung von Materialflusssimulation im digitalen Produktionsplanungsprozess

Emzev, Ronald

Rotationsunrunddrehen biologisch angepasster Konturen für medizintechnische Implantate

Erlenkötter, Paul

Konzeption und Durchführung einer Geometriestudie zur Ermittlung von Prozessgrenzen des metallischen Freiformens

Ertugrul, Yunus

Hartwälzschälen dünnwandiger Hohlräder für die Elektromobilität

Fabig, Franziska

Entwicklung eines Entscheidungsverfahrens zur Eignungsprüfung von adaptiven Remanufacturingprozessen bei plastischer Formveränderung

Fayner, Leonie

Einfluss von Trocknungsverfahren auf Metallpulvereigenschaften und das pulverbettbasierte Laserschmelzen

Fischer, Kilian

Maximalstücklistenerstellung für konfigurierbare Produkte mittels Datenanalyse

Fleckenstein, Luca

Entwicklung und Integration einer 7. Achse für eine Roboterkinematik in einem additiv-subtraktiven Prozess

Förster Ribet, David

Statistische Versuchsplanung zur Auswertung eines Simulationsmodells der Materialbedarfsplanung und des Informationsflusses in Remanufacturing-Netzwerken

Franken, Leon

Analyse der Umweltauswirkung von Elektronikbauteilen am Beispiel von Leiterplatten und Integrierten Schaltungen für einen Elektrosportwagen

Fritsch, Jonas Michael

Systematische Analyse und Optimierung des Workflows zur Roboterprogrammierung mittels externer Steuerung im Kontext von Additive Repair

Fritze, Jan Holger

Entwicklung einer Plattform- und Zylinderhochtemperaturheizung für die Nachrüstung in bestehende Anlagen zur pulverbettbasierten additiven Fertigung

Garcia-Vasquez, Nathaniel

Klassifizierung und Bewertung der Additiven Fertigung von Thermoplastischen Verbundwerkstoffen für Fused Deposition Modeling

Gebhart, Nikola

Entwicklung eines Konzepts zur systematischen und integrierten Weiterentwicklung von Produktionsstandorten im Verbund

Gegenmantel, Nils Uwe

Entwicklung eines einheitlichen Datenmodells für Produktionsnetzwerke mit der Hilfe von Ontologien und Verwaltungsschalen

Gierse, Jan-Luca

Analyse und Bewertung von Traceability Methoden für den Einsatz in der Batteriezellenproduktion

von Glasenapp, Thilo

Entwicklung einer Methode zur Identifikation und Priorisierung Remanufacturing geeigneter Produkte

Gleß, Dorian Leon Walther

Entwicklung eines Morphologischen Kastens zur Unterstützung der Einführung von Kennzahlen im digitalen Shopfloor Management

Goldbrunner, Béla Hieronymus

Vergleich von Machine Learning Algorithmen zur Parameteridentifikation eines dreiachsigen Roboterarms zur Modellierung des maschinendynamischen Verhaltens

Grange, Clemens André Grage

Maschinelles Lernen zur Detektion und Vorhersage von Anomalien in Zeitreihendaten eines kontinuierlichen Produktionsprozesses

Guggenberger, Nicolas

Untersuchung des Einflusses der Continuous-Hairpin-Technologie auf die Lackdrahtisolation

Gutounig, Leandro

Entwicklung einer Methodik zur Transparenzschaffung im Auftragabwicklungsprozess einer kundenindividuellen Produktion

Habitzreither, Franziska

Systematische Charakterisierung der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von endlosfaserverstärkten Faserkunststoffverbunden aus einem neuartigen Laser-Sinterprozess

Hagmann, Nils

Entwicklung und Anwendung einer Validierungsmethode für Prüf- und Messaufgaben durchgeführt mit digitalen Zwillingen industrieller CT-Systeme

Halawa, Tareq

Entwicklung eines Simulationsmodells für das dynamische Verhalten eines Fräsbearbeitungszentrums

Händle, Florian

Entwicklung eines Endeffektors zur automatisierten Demontage von Sicherungsringen mit Hilfe von Knickarmrobotern

Hantke, Nils Frederik

Systematische Analyse und Implementierung des Koppplungsvorgangs von Roboterkinematiken

Hock, Philipp Jürgen

Entwicklung eines Kostenmodells für die Kreislaufproduktion in der Lernfabrik Globale Produktion

Hohenadel, Marlene

Entwicklung eines Konzepts zur Routenplanung in Remanufacturing-Netzwerken mithilfe simulationsbasierter Optimierung

Hohner, Jeremias

Aktive Auswahl von Daten (Active Sampling) für das maschinelle Lernen in der Produktionsplanung

Homann, Josh Tewes

Entwicklung einer Methode zur automatischen Parameterauswahl für die Modellbildung

Hunger, Marvin

Trends und Herausforderungen bei der digitalen Abbildung von Produktionsnetzwerken

Hurtado, Maria Jose

Auslegung und Konstruktion eines Bauzylinders mit integrierter Hochtemperaturheizung für PBF-LB-Anlagen

Ionescu, David Emanuel

Akzeptanzfaktoren von Künstlicher Intelligenz - Entwicklung eines menschenzentrierten Vorgehensmodells und Analyse von XAI

Jawish, Ali Reda

Datenanalyse für Digitale Zwillinge von Produktionssystemen

Kahn, Jens

Methode zur Validierungsunterstützung von Konfigurationssystemen mit Ansätzen des maschinellen Lernens

Keßler, Kilian

Optimierung der Dichtemessung für mittels selektivem Laserschmelzen additiv hergestellter Bauteile aus AlSi10Mg

Knispel, Hendrik

Weiterentwicklung einer Software für die Erzeugung von Steuerungscode zur Einbringung von Endlosfasern beim Selektiven Lasersintern

Krauß, Julia

Inbetriebnahme und Steuerungskonzept eines FFF-Systems mit Absaugeinheit zur additiven Fertigung von Metall-Polymer-Hybriden

Kreit, Philipp Luis

KI in der Produktion – Systematisierung des Spannungsfeldes zwischen KI-Forschungsansätzen und deren praktischen Implementierung in der Produktion

Kuglmeier, Konstantin John

Weiterentwicklung eines Erklärungsmodells zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit globaler Produktionsnetzwerke

Kühn, Gregor

Technologieanalyse und Bewertung verschiedener Handhabungskonzepte für die Elektrodenvereinzelnung und Stapelbildung

Lang, Sebastian

Ansteuerung zweier Schrittmotoren an einem Roboterwerkzeug durch einen Mikrocontroller über ROS 2

Law, Chi Ting

Untersuchung des Einflusses von Materialabtragsvariablen und Kraftsimulationsmethoden auf ein datengetriebenes Machine-Learning-Modell des achsspezifischen Energiebedarfs an einer Drei-Achs-Fräsmaschine

Lazarevski, David

Implementierung einer Augmented Reality Montageunterstützung für die Stellmotorenfertigung

Lenné, Luise

Konzeption Demontage von Hochtemperatur-Elektrolyse-stacks im Sinne der Kreislaufwirtschaft

Li, Tina

Leichtbauoptimierte Auslegung von Greifsystemen unter der Betrachtung von Kosten und CO₂

Lindner, Jakob Theodor

Potentiale, Herausforderungen und Grenzen für Indoor Farming in ungenutzten Gebäuden

Lindner, Josette Marie

Entwicklung und Konstruktion eines flexiblen Hairpin-Setz-nests im Kontext der E-Motoren-Produktion

Linsel, David Sebastian

Entwicklung eines Modells für die Simulation von Störungen und Gegenmaßnahmen in rekonfigurierbaren globalen Produktionsnetzwerken

Litterst, Julian

Kreislaufwirtschaft - Herausforderungen und Lösungsansätze in der Planung und Steuerung

Lizak, Timo

Mikrodiagnostik in der additiven Fertigung durch gezielte Körperschallanregung mittels UKP-Laser

Löffler, Ben

Analyse von Hochvolt-Batteriesystemen sowie Konzeptionierung und Umsetzungsplanung einer Thermal Propagation Maßnahme für die funktionsintegrierte Batterie des elektrifizierten Porsche Cayenne

Ludwig, Jonas

Entwicklung eines Human Machine Interface (HMI) zur Steuerung eines additiv-subtraktiven Fertigungsprozesses mit Handhabungsroboter

Maatougui, Mohamed Amin

Erweiterung einer digitalen Prozesskette zur roboterbasier-ten Konsolidierung der Grenzschichten von unidirektionalen Tapes und Additivschichten

Maier, Clara

Auftragsallokation in globalen Produktionsnetzwerken unter dem Aspekt der Rekonfigurierbarkeit

Malzacher, Christoph

Lernen mit geringen Datenmengen in der Produktion

Mast, Friedrich

Erarbeitung möglicher Konfigurationen eines Demontage-arbeitsplatzes und Untersuchung anhand ergonomischer Kriterien zur Demontage

Matschinski, Luca Andrej

Entwicklung eines Konzeptes für die flexible Steuerung einer Produktionsanlage in der Batteriezellproduktion

Meder, Franz Daniel

Einfluss einer Wärmebehandlung auf das Verzugverhalten und die laserstrukturierte Oberfläche additiv-subtraktiv hergestellter Bauteile

Merkel, Lars

Datensicherheit und Transparenz in der Produktion

Mlitzko, Sebastian

Entwicklung von lernenden Modellen zur Vorhersage von physikalischen Eigenschaften von Verbindern auf Grundlage von Bildinformationen

Mohanathas, Rajeepan

Entwicklung eines digitalen Zwillings zur virtuellen Inbetriebnahme einer Linearwickelmaschine

Momchev, Filip

Remanufacturing in globalen Produktionsnetzwerken – Literaturrecherche zu Optimierungsansätzen unter Unsicherheit

Müller, Felix

Konstruktion eines Demonstrators für eine Anlage zum selektiven Lasersintern von Kunststoffen mit einer automatisierten Einbringung von Endlosfasern

Müller, Nathan

Analyse der Fertigungsverfahren für Injektorkomponenten zur Einspritzung alternativer Kraftstoffe

Münch, Maximilian

Konzeptionierung und Konstruktion einer Adaption zur Spanbildungsanalyse beim Wälzschälen

Notter, Julian Emanuel

Konstruktion eines Spannmittels für Drehwegabweichungsmessungen einer Mikrozahnradpaarung

Olschewsky, Victoria Isabella

KI-basierte Anomalieerkennung an Industrierobotern

Oran, Batuhan

Modellierung und Kompensation des Effekts der Sensorabhebung bei der Hochgeschwindigkeits-3MA-Prüfung von AISI 4140

Otto, Jakob Georg

Anforderungs- und Marktanalyse von Tracking & Tracing Methoden in der Batterieproduktion

Paeffgen, Klaus

Modellbasiertes Systems Engineering im Bereich Produkt- und Produktionsplanung

Peters, Vincent Christian

Konzeption und Entwicklung einer Entpulverungsstation für komplexe geometrische Strukturen

Phan, Billy

Analyse, Bewertung und Klassifizierung von modularen Maschinenbaukästen für wandlungsfähige Fertigungssysteme

Prahst, Eyke Michel

Potentiale, Herausforderungen und Grenzen der Anlagenkonzepte und Nachhaltigkeit sowie dem Getreideanbau in der Vertikalen Landwirtschaft

Pusineri Yaluff, Luca Salvatore

Herstellung von keramischen Schaltungsträgern mittels VPP-LED

Ramos Kuhse, Philippe

Simulative Analyse von oberflächlichen und inneren Schädigungen von faserverstärkten Kunststoffen, welche durch fräsende Bearbeitung entstehen

Rehm, Patrick Jan

Entwicklung eines Bildverarbeitungstools zur Positions- und Fehlerdetektion bei Polymer-Komposit-Kathoden

Reusch, Constantin Robert Felix

Automatisierung einer Methodik zur Analyse der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektroden und Umsetzung am Beispiel von Hard Carbon Anoden

Reuscher, Lennard

Analyse der Blockchain-Technologie in der Produktion

Richter, Marius

Automatisierte Fräsbahnfindung und Roboterbahnplanung am Anwendungsfall der Batteriemoduldemontage

Riesterer, Stephanie

Entwicklung eines Start-up orientierten Stage-Gate® Prozesses für einen erfolgreichen Ramp-up

Ringle, Lukas Daniel

Interaktive Cross-Domain Roboterprogrammierung mit Meta-Wizards: Ein wissensbasierter Ansatz zur Roboterprogrammierungssynthese

Rolf, Arthur

Entwicklung eines Konfigurators zur adaptiven Abgrenzung und Abstraktion von Produktionsnetzwerksimulationen

Ruhnke, Linus

Anforderungsanalyse zur Datennutzung und -austausch in der Produktion

Saad, Farah

Experimentelle Charakterisierung des Stapelprozesses in der Batterieproduktion

Schäfer, Paul Karl

KI-gestützte Analyse des Pulverbettes im PBF-LB Prozess mit 316L Pulver zur Untersuchung von Beschichtungsdefekten

Schendel, Oliver

Analyse von Körperschalldaten mittels Machine Learning-Methoden zur Qualitätsregelung von Mikrozahnradern

Schmidt, Rafael

Weiterentwicklung eines thermischen Modells mit Berücksichtigung des Wickelkopfs mehrphasiger segmentierter E-Maschinen

Schneider, Carla

Entwicklung eines kamerabasierten Messsystems zur Modellierung von Werkstückgeometrien innerhalb von Werkzeugmaschinen

Scholl, Jonathan Thomas

Entwicklung eines Frameworks zur Ermittlung von Drehmomentwerten für die Demontage von Schraubverbindungen im Remanufacturing

Schröder, Philipp Sebastian

Bewertung von GUM, Monte Carlo Dropout und Wrapper-Methode hinsichtlich der Quantifizierung von Unsicherheiten in verschiedenen Machine Learning-Modellen

Schuh, Salomon David

Konzept- und Prozessentwicklung für die Demontage von PEM-Elektrolysestacks im Sinne der Kreislaufwirtschaft

Schulmann, Matteo

Interpretation und Visualisierung der Ergebnisse von Algorithmen des Maschinellen Lernens in der industriellen Produktionsplanung

Schulze, Linus

Einsatz von Machine Learning Methoden in der Fabriklay-outplanung: Eine Analyse und Bewertung

Schütze, Yannick

Trends und Herausforderungen bei der Rekonfiguration globaler Produktionsnetzwerke

Schwarz, Felix

DoE-Studie zur Erzeugung von dünnwandigen, mehrlagigen Strukturen mit Wire-Arc-Additive-Manufacturing

Schwirkmann, Clara

Entwicklung eines automatisierten Simulationsmodells zur Untersuchung von Verlagerungen in Mehrkörpersystemen mit MATLAB Simulink

Seifert, Stefan

Systematische Entwicklung eines Roboterarmelements aus CFK Systematic

Selle, Benedikt

Systematische Analyse und experimentelle Optimierung der Prozesskette des 4K-FFF-Prozesses

Sevim, Kaan

Entwicklung eines digitalen Zwillings der Qualität im Kontext von Software Defined Manufacturing (SDM)

Shirur, Nihal

Entwicklung und Validierung von Use-Cases für die autonome Slurryherstellung in der Batteriezellproduktion

Sibin, Tony

Optimierung von Nachhaltigkeit und Leichtbau bei Industrierobotern

Sistek, Leon

Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen der Materialhandhabung und dem Laserschneideprozess von Batterieelektroden

Smith, Cedric Jamal

Entwicklung einer transparenten Anomalie-Erkennung mittels Machine Learning zur Optimierung der Instandhaltungsstrategie im Presswerk der Audi AG

Spitznagel, Nico

Entwicklung einer automatisierten Auswertungsmethodik zur Analyse der Längsfaltenbildung beim Kalandrieren von Batterieelektroden mithilfe von KI-Methoden

Spöring, Noah

Konzeptionierung von Prozessen und Systemen zur EES-Absicherung in der Produktionsumgebung

Stanzl, Leonie

Einflussfaktoren auf die Auswahl der R-Strategien der Kreislaufwirtschaft und Entwicklung einer Entscheidungslogik

Steimer, Leon

Optimierung des Materialflusses und der Produktionssteuerung eines realen Produktionsbereichs

Stoffels, Maximilian

Edge Computing, Cloud Computing und Blockchain - Ein Technologievergleich in der Industrie 4.0 am Beispiel der Batteriezellproduktion

Stolpmann, Robert

Generalisierung und Optimierung eines Ansatzes für die automatisierte Bildung von Fähigkeitsindizes für adaptive Digitale Zwillinge

Sturm, Jan-Niklas

Edge-fähige Inline-Qualitätsprüfung und Fehlerklassifikation bei Fräsprozessen

Sudheendran, Aswath

Erkennung der mechanischen Abnutzung bei Schraubenköpfen auf Basis von Bilddaten

Tran, Viet Anh Denis

Erklärbare Künstliche Intelligenz - Bedarfe in der Praxis

Trantino, Fabio

Bewertungskonzepte für Nachhaltigkeit in der Produktion

Tritschler, Nico Peter

Simulative Sensitivitäts- und Parameterstudie des Konsolidierungsprozesses bei der Faserverstärkung im FFF-Prozess

Tse, Stefan Yak Chung

Multikriterielle Optimierung in der Produktionsplanung durch Modellierung und Implementierung von mathematischen Methoden des Operation Researchs

Tunder, Nick Johannes

Entwicklung einer generischen Schnittstelle für den standardisierten Datenexport von Simulationsergebnissen eines Digitalen Zwillings zur Visualisierung und Analyse

Uihlein, Jonas

Entwurf und Konstruktion eines modularen Automationskonzepts mit Fahrerlosem Transportsystem

Vidal, Louis Maria

Konstruktion eines integrierten Werkzeuges für das Schleuderverfahren

Viebahn, Thomas

Konzeption und Aufbau von Demonstrator-Stationen zur Brennstoffzellenfertigung

Wai, Heng

Konzeption und Implementierung eines Steuerungssystems für Roboter Greifsysteme

Weihrauch, Tillman

Entwicklung eines Evaluations- und Implementierungsansatzes für Nachhaltigkeit in globalen Produktionsnetzwerken

Weinmann, Hanna

Entwicklung einer langfristigen Wandlungsstrategie für agile Batteriefertigungssysteme

Werner, Niklas

Gestaltung eines automatisierten Materialflusses mit anschließender simulationsbasierter Bewertung für die diskrete Fertigung

Wiech, Leonie Johanna

Analyse der Gesamtanlageneffektivität für verschiedene Assemblierungsvarianten von Festkörperbatterien unter Nutzung einer Prozessablaufsimation

Wilneder, Stefan Alexander

Entwicklung einer adaptiven Produktionssteuerung basierend auf Reinforcement

Wind, Julia Maria

Automatisierte Generierung von nachhaltigen Kinematiken für Handhabungssysteme

Xie, Jingyi Claudia

Verifikation von Konfigurationssystemen zur Erstellung von Arbeitsplänen in der Produktionsplanung

Yilmaz, Aleya

Entwicklung eines User Interfaces für die Unterstützung einer serviceorientierten Produktionsplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme

Yurdadonen, Sueda

Analyse des Batterieproduktionsprozesses und Erstellung eines Funktionsplans in Anlehnung an VDI 2860

Zacateco Herrera, Ricardo

Automatische Validierung von Dokumenten der Produktionsplanung durch Methoden der Datenanalyse

Zeyffert, Clara

Ökologische und wirtschaftliche Bewertung eines Recyclingkonzeptes von Drehstromstatoren in einer Smart Factory

Zhou, Jessy Jiaxin

Untersuchung und Bewertung der Methodik zur Erstellung von Informationsmodellen für allgemeine technische Systeme

Zhou, Jinshen

Maximalstücklistenstellung für konfigurierbare Produkte mittels Datenanalyse

Zhu, Kaidi

Entwicklung eines FE-Prozessmodells für den Umformprozess von thermoplastischen UD-Tape im Schleuderverfahren

Zhu, Siyuan

Modellierung des übertragbaren Drehmomentes verschiedener Schraubkopfantriebe

Zhu, Zihao

FEM-Simulation der Füllstruktur bei Metallbauteilen aus dem Arburg Freeformer

Zibold, Simon

Verknüpfung von Werkzeugen des digitalen Engineering als Grundlage für Digitale Zwillinge

Zweigart, Magnus

Charakterisierung von Rundmessern für das mechanische LIB-Elektrodenslitting und Korrelation mit der verbleibenden Schneidkraft

BACHELORARBEITEN



Veröffentlichungen

(November 2022 bis Oktober 2023)

Dissertationen 2023

Krahe, C. M. (2023, Februar 14). KI-gestützte produktionsgerechte Produktentwicklung: Automatisierte Wissensextraktion aus vorhandenen Produktgenerationen. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000154361

Merz, S. (2023, Juni 2). Analyse der Kinematik und Kinetik von Planetenwälzgewindetrieben. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000159021

Netzer, M. (2023, März 13). Intelligente Anomalieerkennung für hochflexible Produktionsmaschinen : Prozessüberwachung in der Brown-field Produktion. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000156837

Nieschlag, J. (2023, Juli 7). Gestaltung und Prozessanalyse für im Schleuderverfahren hergestellte FKV-Metall-Hohlstrukturen. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000159694

Silbernagel, R. M. (2023, April 25). Funktionsorientierte Qualitätsregelung in Produktionsnetzwerken - Qualitätsmanagement in der Produktion hochpräziser Produkte durch netzwerkweite Datenintegration. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000157514

Stampfer, B. (2023, Februar 20). Entwicklung eines multimodalen Prozessmodells zur Oberflächenkonditionierung beim Außenlängsdrehen von 42CrMo4. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000156133

Stürmlinger, T. (2023, Mai 25). Ein Beitrag zum Produkt-Produktions-CoDesign durch eine Methode zur Modellierung der Abhängigkeiten und Ableitung von Entwicklungsrisiken und -potentialen = A contribution to product-production co-design through a method for modeling dependencies and deriving development risks and potentials. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000158891

Weiser, L. M. (2023, August 25). In-Process Porositätserkennung für den PBF-LB/M-Prozess. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000161552

2022

Matuschka, B. (2022, November 22). Energieeffizienz in Prozessketten: Analyse und Optimierung von Energieflüssen bei der Herstellung eines PKW-Getriebebauteils aus 16MnCr5. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000152653

Neuenfeldt, P. (2022, November 14). Modellbildung des Tauchgleitschleifens zur Abtrag- und Topografievorhersage an komplexen Geometrien. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000152356

Schlagenhauf, T. (2022, Dezember 29). Bildbasierte Quantifizierung und Prognose des Verschleißes an Kugelgewindetriebspindeln : Ein Beitrag zur Zustandsüberwachung von Kugelgewindetrieben mittels Methoden des maschinellen Lernens. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000154046

Stamer, F. (2022, Oktober 27). Dynamische Lieferzeit-Preisgestaltung in variantenreicher Produktion: Ein adaptiver Ansatz mithilfe von Reinforcement Learning. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000151540

Weinmann, H. W. (2022, November 2). Integration des Vereinzelungs- und Stapelbildungsprozesses in ein flexibel und kontinuierlich arbeitendes Anlagenmodul für die Li-Ionen Batteriezellfertigung. Dissertation. Shaker Verlag. doi:10.5445/IR/1000151869

Buchaufsätze

Baumgärtner, J.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J. (2023). Optimal Robot Workpiece Placement for Maximized Repeatability. Advances in System-Integrated Intelligence – Proceedings of the 6th International Conference on System-Integrated Intelligence (SysInt 2022), September 7-9, 2022, Genova, Italy. Ed.: M. Valle, 252–261, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-16281-7_25

Lanza, G.; Peukert, S.; Steier, G. L. (2022). Latest advances in cloud manufacturing and global production networks enabling the shift to the mass personalization paradigm. Design and Operation of Production Networks for Mass Personalization in the Era of Cloud Technology, 39–77, Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-823657-4.00008-7

Zeidler, S.; Scholz, J.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2023). Approach to Develop a Lightweight Potential Analysis at the Interface Between Product, Production and Material. Production at the leading edge of technology : Proceedings of the 12th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), University of Stuttgart, October 2022. Ed.: M. Liewald, 696–704, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-18318-8_69

Zeitschriftenaufsätze 2023

Al Assadi, A.; Goes, D.; Baazouzi, S.; Staudacher, M.; Malczyk, P.; Kraus, W.; Nägele, F.; Huber, M.; Fleischer, J.; Peuker, U.; Birke, K. (2023). **Challenges and prospects of automated disassembly of fuel cells for a circular economy.** *International Journal of Sustainable Resource Management and Environmental Efficiency - Resources, Conservation & Recycling Advances (RCR Advances)*. Elsevier. doi:10.1016/j.rcradv.2023.200172

Arndt, T.; Sellmeier, V.; Schulze, V. (2023). **Model-based tool design for the manufacturing of hypocycloidal internal profiles by polygon turning.** (V. Schulze & D. Biermann, Hrsg.) *19th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations* Hrsg.: Schulze, Volker; Biermann, Dirk, 117, 7–12. doi:10.1016/j.procir.2023.03.003

Baranowski, M.; Basalla, F.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2023). **Thermal Analysis of a Novel Laser Sintering Machine for Additive Manufacturing of Continuous Carbon Fiber Reinforced Polymer Parts.** *SSRN Electronic Journal*, 39. doi:10.2139/ssrn.4363904

Baranowski, M.; Basalla, F.; Kößler, F.; Fleischer, J. (2023). **Investigation of the Thermal Characteristics of a Novel Laser Sintering Machine for Additive Manufacturing of Continuous Carbon Fibre-Reinforced Polymer Parts.** *Polymers*, 15 (16), Art.-Nr.: 3406. doi:10.3390/polym15163406

Baranowski, M.; Völger, L.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2023). **Experimental Analysis and Optimisation of a Novel Laser-Sintering Process for Additive Manufacturing of Continuous Carbon Fibre-Reinforced Polymer Parts.** *Applied Sciences*, 13 (9), 5351. doi:10.3390/app13095351

Benfer, M.; Heyer, V.; Brützel, O.; Liebrecht, C.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **Analysis of meta-heuristic optimisation techniques for simulated matrix production systems.** *Production Engineering*. doi:10.1007/s11740-023-01225-3

Bott, A.; Stöbel, R.; Osen, G.; Fleischer, J. (2023). **Cyber-Physical Test Environment for the Identification of Interacting Wear Effects in Feed Axes.** *Journal of Machine Engineering*, 23 (1), 123–132. doi:10.36897/jme/162266

Bretz, L.; Koch, D.; Debowski, K.; Höger, K.; Lanza, G. (2023). **Function-oriented defect assessment in hybrid sheet molding compound tensile specimen using surrogate models.** *Production Engineering*, 17 (2), 223–236. doi:10.1007/s11740-022-01174-3

Chen, T.; Sampath, V.; May, M. C.; Shan, S.; Jorg, O. J.; Aguilar Martín, J. J.; Stamer, F.; Fantoni, G.; Tosello, G.; Calaon, M. (2023). **Machine Learning in Manufacturing towards Industry 4.0: From 'For Now' to 'Four-Know'.** *Applied Sciences (Switzerland)*, 13 (3), Art.-Nr.: 1903. doi:10.3390/app13031903

Czink, S.; Holoch, J.; Renz, R.; Schulze, V.; Albers, A.; Dietrich, S. (2023). **Process-Specific Topology Optimization Method Based on Laser-Based Additive Manufacturing of AISI10Mg Components: Material Characterization and Evaluation.** *Processes*, 11 (3), 648. doi:10.3390/pr11030648

Czink, S.; Lubkowitz, V.; Dietrich, S.; Schulze, V. (2023). **Process development for the hybrid additive manufacturing of metallic structures on polymer substrates.** *Additive Manufacturing Letters*, Art.-Nr.: 100132. doi:10.1016/j.addlet.2023.100132

Damon, J.; Schüßler, P.; Mühl, F.; Dietrich, S.; Schulze, V. (2023). **Short-time induction heat treatment of high speed steel AISI M2: Laboratory proof of concept and application-related component tests.** *Materials & Design*, 230, Artkl.Nr.: 111991. doi:10.1016/j.matdes.2023.111991

Demetgul, M.; Zheng, Q.; Tansel, I. N.; Fleischer, J. (2023). **Monitoring the misalignment of machine tools with autoencoders after they are trained with transfer learning data.** *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 128, 3357–3373. doi:10.1007/s00170-023-12060-2

Demetgul, M.; Zihan, M.; Heider, I.; Fleischer, J. (2023). **Misalignment detection on linear feed axis using sensorless motor current signals.** *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. doi:10.1007/s00170-023-11258-8

Diaz Ocampo, D.; Koch, J.; González, G.; Zanger, F.; Heizmann, M. (2023). **Enhanced chip analysis with computed tomography for estimation of chip segmentation frequency.** *Production Engineering*. doi:10.1007/s11740-023-01200-y

Dvorak, J.; Merforth, M.; Kandler, M.; Clever, F.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **Assessment of the potential of gamification in manual assembly.** *13th Conference on Learning Factories (CLF 2023)* Hrsg.: Hummel, Vera. doi:10.2139/ssrn.4471436

Fang, Z.; Ren, Z.; Schulze, V., (2); Feng, Y.; Nagata, T.; Furukawa, S.; Tomiyama, K.; Kizaki, T., (2). (2023). **Understanding the gear surface enhancement by hard-hobbing via ferritic-martensitic grain analysis.** *CIRP Annals*. doi:10.1016/j.cirp.2023.04.007

Fischmann, P.; Hilligardt, A.; Schulze, V. (2023). **Tooth Root Burnishing in the Kinematics of Gear Skiving: Investigation of a new process and tool concept.** VDI Berichte, 2023 (2422), 1829 – 1844.

Fischmann, P.; Schrauth, F.; Zanger, F. (2023). **Influence of particle size distribution on surface roughness in powder bed fusion - A contribution to increase resource efficiency.** CIRP Annals. doi:10.1016/j.cirp.2023.04.018

Fleischer, J.; Friedmann, M.; Wirth, F. (2023). **Transferzentren als Wegbereiter für KI in der Produktion.** Maschinenbau, (3), 4.

Frey, A. M.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **Creation and validation of systems for product and process configuration based on data analysis.** Production Engineering, 12 (2), 263–277. doi:10.1007/s11740-022-01176-1

Friedmann, M.; Klüpfel, D.; Frech, C.; Liu, M.; Hauf, J.; Li, G.; Friedrich, C.; Fleischer, J. (2023). **Automated Configuration of Gripper Fingers from a Construction Kit for Robotic Applications.** Machines, 11 (8), Art.-Nr.: 804. doi:10.3390/machines11080804

Gartner, P.; Lanza, G.; Rudat, J.; Bilger, M.; Grünert, T.; Nesterov-Mueller, A.; Zimmerer, N.; Quarz, P.; Scharfer, P.; Schabel, W.; Jung, A. P.; Stahlberger, M.; Bräse, S. (2023). **Self-healing Fuel Cells by Biological Actuators.** Procedia CIRP, 116, 161–166. doi:10.1016/j.procir.2023.02.028 [Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen]

Gauder, D.; Bott, A.; Götz, J.; Lanza, G. (2023). **Simulation uncertainty determination of single flank rolling tests using monte carlo simulation and skin model shapes for zero defect manufacturing of micro gears.** Computers in Industry, 146, Art.-Nr.: 103854. doi:10.1016/j.com-pind.2023.103854

Gauder, D.; Götz, J.; Jung, N.; Lanza, G. (2023). **Development of an adaptive quality control loop in micro-production using machine learning, analytical gear simulation, and inline focus variation metrology for zero defect manufacturing.** Computers in Industry, 144, Art.-Nr.: 103799. doi:10.1016/j.compind.2022.103799

Gerlitz, E.; Enslin, L.-E.; Fleischer, J. (2023). **Computer vision application for industrial Li-ion battery module disassembly.** Production Engineering. doi:10.1007/s11740-023-01231-5

González, G.; Plogmeyer, M.; Schoop, J.; Bräuer, G.; Schulze, V. (2023). **In-situ characterization of tool temperatures using in-tool integrated thermoresistive thin-film sensors.** Production Engineering. doi:10.1007/s11740-023-01186-7

Gorny, P. M.; Renner, B.; Schäfer, L. (2023). **Prosocial behavior among human workers in robot-augmented production teams : a field-in-the-lab experiment.** Frontiers in Behavioral Economics, 2. doi:10.3389/frbhe.2023.1220563

Güray, A.; Böttger, D.; González, G.; Stamer, F.; Lanza, G.; Wolter, B.; Schulze, V. (2023). **Modeling the effect of workpiece temperature on micromagnetic high-speed-3MA-testing in case of AISI 4140.** Procedia CIRP, 117, 133 – 138. doi:10.1016/j.procir.2023.03.024

Hansjosten, M.; Fleischer, J. (2023). **Towards autonomous adaptive disassembly of permanent-magnet synchronous motors with industrial robots.** Manufacturing Letters, 35, 1336 – 1346. doi:10.1016/j.mfglet.2023.08.084

Heider, I.; Yu, H.; Kruschke, N.; Wirth, B.; Puchta, A.; Fleischer, J. (2023). **KI-Einsatz in KMU: Einstiegshürden ausräumen [Clearing entry hurdles for AI deployment in SMEs – Artificial intelligence for German SMEs].** wt Werkstattstechnik online, 113 (07-08), 282 – 287. doi:10.37544/1436-4980-2023-07-08-16

Heim, M.; Wirth, F.; Boschert, L.; Fleischer, J. (2023). **An Approach for the Disassembly of Permanent Magnet Synchronous Rotors to Recover Rare Earth Materials.** Procedia CIRP, 116, 71 – 76. doi:10.1016/j.procir.2023.02.013

Henschel, S.; Dörner, P.-T.; Köbler, F.; Fleischer, J. (2023). **Mechanische Zelldemontage für das direkte Recycling [Mechanical battery cell disassembly for direct end-of-life battery recycling].** wt Werkstattstechnik online, 113 (07-08), 278–281. doi:10.37544/1436-4980-2023-07-08-12

Hilligardt, A.; Schulze, V. (2023). **Gear Skiving with Minimum Twist Errors: Modeling and Optimization of Flank Twist in Gear Skiving.** VDI-Berichte, 2023 (2422), 1749 – 1764.

Hilligardt, A.; Schulze, V. (2023). **Gear skiving with minimum twist errors – Modeling and optimization of flank twist in gear skiving [Verschränkungsarmes Wälzschälen – Modellierung und Optimierung der Verschränkung beim Wälzschälen].** Forschung im Ingenieurwesen/Engineering Research, 87, 997–1007. doi:10.1007/s10010-023-00695-2

Khezri, A.; Schiller, V.; Goka, E.; Homri, L.; Etienne, A.; Stamer, F.; Dantan, J.-Y.; Lanza, G. (2023). **Evolutionary cost-tolerance optimization for complex assembly mechanisms via simulation and surrogate modeling approaches: application on micro gears.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 126 (9-10), 4101–4117. doi:10.1007/s00170-023-11360-x

Klemens, J.; Wurba, A.-K.; Burger, D.; Müller, M.; Bauer, W.; Büchele, S.; Leonet, O.; Blázquez, J. A.; Boyano, I.; Ayerbe, E.; Ehrenberg, H.; Fleischer, J.; Smith, A.; Scharfer, P.; Schabel, W. (2023). **Challenges and Opportunities for Large-Scale Electrode Processing for Sodium-Ion and Lithium-Ion Battery.** *Batteries & Supercaps*, e202300291. doi:10.1002/batt.202300291

Kollenda, A.; Husseini, K.; Henschel, S.; Schmidgruber, N.; Becker-Koch, D.; Braunwarth, W.; Fleischer, J.; Daub, R. (2023). **Quality assurance for flexible stack assembly of lithium-ion cells.** *Energy Technology*. doi:10.1002/ente.202201059

König, K.; Zeidler, S.; Walter, R.; Friedmann, M.; Fleischer, J.; Vielhaber, M. (2023). **Lightweight creativity methods for idea generation and evaluation in the conceptual phase of lightweight and sustainable design.** (A. Liu & S. Kara, Hrsg.) 33rd CIRP Design Conference (Design2023) Hrsg.: Liu, Ang; Kara, Sami, 119, 1170–1175. doi:10.1016/j.procir.2023.05.008

Loffredo, A.; May, M. C.; Schäfer, L.; Matta, A.; Lanza, G. (2023). **Reinforcement learning for energy-efficient control of parallel and identical machines.** *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 44, 91–103. doi:10.1016/j.cirpj.2023.05.007

Ma, L.; Schabel, S.; Fleischer, J. (2023). **Cutting of Battery and Fuel Cell Components Synergies from a Production Engineering Perspective; [Schneiden von Batterie- und Brennstoffzellenkomponenten - Synergien aus produktions-technischer Sicht].** *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 118 (9), 561 – 566. doi:10.1515/zwf-2023-1126

Matkovic, N.; Höger, K.; Friedmann, M.; Stamer, F.; Fleischer, J.; Lanza, G. (2023). **Identification of hybridization strategies for combining fused filament fabrication with unidirectional tape reinforcement.** *Composites Communications*, 38, Art.Nr. 101484. doi:10.1016/j.coco.2022.101484

May, M. C.; Fang, Z.; Eitel, M. B. M.; Stricker, N.; Ghoshdastidar, D.; Lanza, G. (2023). **Graph-based prediction of missing KPIs through optimization and random forests for KPI systems.** *Production Engineering*, 17 (2), 211–222. doi:10.1007/s11740-022-01179-y

May, M. C.; Schäfer, L.; Frey, A.; Krahe, C.; Lanza, G. (2023). **Towards Product-Production-CoDesign for the Production of the Future.** *Procedia CIRP*, 119, 944–949. doi:10.1016/j.procir.2023.02.172

Nagato, K.; Ozawa, T.; Neuenfeldt, M.; Zanger, F.; Zhao, M.; Schulze, V. (2023). **Enhancing the prediction quality of mechanical properties for powder bed fusion with laser beam by dynamic observation of flying particles.** *Materials and Design*, 227, Art.-Nr.: 111696. doi:10.1016/j.matdes.2023.111696

Niederhofer, P.; Henke, L.; Frie, D.; Neuenfeldt, M.; Zanger, F. (2023). **Stainless Steels for Plastic Mold Frames Featuring Enhanced Machinability.** *steel research international*, Art.-Nr.: 2200754. doi:10.1002/srin.202200754

Oexle, F.; Fleischer, J. (2023). **Auf dem Weg zur autonomen Maschine : Automatische Parametrierung eines lebensbegleitenden und individuellen Modells des maschinendynamischen Verhaltens einer Fräsmaschine.** *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 118 (1-2), 69–73. doi:10.1515/zwf-2023-1016

Otte, S.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2023). **Kontinuierliches Mischen in der Batteriezellproduktion Digitaler Zwilling zur Steuerungscodevalidierung [Digital Twin for control code validation in battery cell production].** *wt Werkstattstechnik online*, 113 (07-08), 272 – 277. doi:10.37544/1436-4980-2023-07-08-6

Otte, S.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2023). **Digitaler Zwilling zur Steuerungscodevalidierung.** *wt Werkstattstechnik online*, 113 (07-08), 272–277. doi:10.37544/1436-4980-2023-07-08-6

Overbeck, L.; Graves, S. C.; Lanza, G. (2023). **Development and analysis of digital twins of production systems.** *International Journal of Production Research*. doi:10.1080/00207543.2023.2242525

Peukert, S.; Hörger, M.; Lanza, G. (2023). **Fostering robustness in production networks in an increasingly disruption-prone world.** *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 41, 413–429. doi:10.1016/j.cirpj.2023.01.002

Puchta, A.; Riegel, V.; Barton, D.; Fleischer, J. (2023). **Auto-identification of dynamic axis models in machine tools.** *16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering* Hrsg.: Teti, Prof Roberto, 118, 175–180. doi:10.1016/j.procir.2023.06.031

Sauer, F.; Codrignani, A.; Haber, M.; Falk, K.; Mayrhofer, L.; Schwitzke, C.; Moseler, M.; Bauer, H.-J.; Schulze, V. (2023). **Multiscale simulation approach to predict the penetration depth of oil between chip and tool during orthogonal cutting of AISI 4140.** (P. D.-I. P. D. B. Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, Hrsg.) 19th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze, Prof Dr-Ing Prof Dirk Biermann, 117, 426–431. doi:10.1016/j.procir.2023.03.072

- Schäfer, L.; Günther, M.; Martin, A.; Lüpfer, M.; Mandel, C.; Rapp, S.; Lanza, G.; Anacker, H.; Albers, A.; Köchling, D. (2023). **Systematics for an Integrative Modelling of Product and Production System**. 16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (CIRP ICME 2023), 118, 104–109. doi:10.1016/j.procir.2023.06.019
- Schäfer, L.; Treml, N.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **Classifying Parts using Feature Extraction and Similarity Assessment**. Procedia CIRP, 119, 822–827. doi:10.1016/j.procir.2023.03.127
- Schild, L.; Höger, K.; Zanini, F.; Lanza, G.; Carmignato, S. (2023). **Case-based reasoning user support for industrial x-ray computed tomography**. Measurement Science and Technology, 34 (4), Article no: 045403. doi:10.1088/1361-6501/acacba
- Schild, L.; Weiser, L.; Höger, K.; Lanza, G. (2023). **Analyzing the error of Computed Tomography-based pore detection by using microscope images of matched cross-sections**. Precision Engineering, 81, 192–206. doi:10.1016/j.precisioneng.2023.01.013
- Schiller, V.; Klaus, S.; Bilen, A.; Lanza, G. (2023). **In-Process Monitoring of Hobbing Process Using an Acoustic Emission Sensor and Supervised Machine Learning**. Algorithms, 16 (4), Art.-Nr.: 183. doi:10.3390/a16040183
- Schlagenhauf, T.; Lin, Y.; Noack, B. (2023). **Discriminative feature learning through feature distance loss**. Machine Vision and Applications, 34 (2), Art.-Nr.: 25. doi:10.1007/s00138-023-01379-1
- Schlagenhauf, T.; Scheurenbrand, T. (2023). **Cross-domain Transfer of Defect Features in Technical Domains Based on Partial Target Data**. International Journal of Prognostics and Health Management, 14 (1), 1–13. doi:10.36001/ijphm.2023.v14i1.3426
- Schlagenhauf, T.; Scheurenbrand, T.; Hofmann, D.; Krasnikow, O. (2023). **Analysis of the visually detectable wear progress on ball screws**. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 40, 1–9. doi:10.1016/j.cirpj.2022.10.003
- Schmidt, D.; Gartner, P.; Berezkin, I.; Rudat, J.; Bilger, M.; Grünert, T.; Zimmerer, N.; Quarz, P.; Scharfer, P.; Brückel, J.; Jung, A. P.; Singh, P.; Pooja, P.; Meier, B.; Stahlberger, M.; Schabel, W.; Bräse, S.; Lanza, G.; Nesterov-Mueller, A. (2023). **Selective Peptide Binders to the Perfluorinated Sulfonic Acid Ionomer Nafion**. Advanced Functional Materials, Article no: 2214932. doi:10.1002/adfm.202214932
- Scholz, J.; Dilger, L. J.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2023). **A Methodology for Sustainability Assessment and Decision Support for Sustainable Handling Systems**. 30th CIRP Life Cycle Engineering Conference Hrsg.: Guo, Yuebin; Helu, Moneer, 116, 47–52. doi:10.1016/j.procir.2023.02.009
- Schüßler, P.; Damon, J.; Mühl, F.; Dietrich, S.; Schulze, V. (2023). **Laser surface hardening: A simulative study of tempering mechanisms on hardness and residual stress**. Computational Materials Science, 221, Art.-Nr.: 112079. doi:10.1016/j.commatsci.2023.112079
- Schwalm, J.; Mann, F.; González, G.; Zanger, F.; Schulze, V. (2023). **Finite Element Simulation of the process combination Hammering Turning**. 19th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations Hrsg.: Schulze, Volker; Biermann, Dirk, 117, 110–115. doi:10.1016/j.procir.2023.03.020
- Shi, C.; Nouri, N.; Schulze, V.; Dietrich, S. (2023). **High cycle fatigue behaviour of AISI 4140 steel manufactured by laser-powder bed fusion**. International Journal of Fatigue, 168, Article no: 107469. doi:10.1016/j.ijfatigue.2022.107469
- Song, H.; Gi, I.; Ryu, J.; Kwon, Y.; Jeong, J. (2023). **Production Planning Forecasting System Based on MSP Algorithms and Master Data in Manufacturing Processes**. Applied Sciences, 13 (13), Art.-Nr.: 7829. doi:10.3390/app13137829
- Stamer, F.; Fausel, K.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **Development of a simulative approach in order to estimate the impact of smart services on a production system – Linking the influence of smart services to economic potential in production**. Production Engineering. doi:10.1007/s11740-023-01185-8
- Stamer, F.; Lanza, G. (2023). **Dynamic pricing of product and delivery time in multi-variant production using an actor critic reinforcement learning**. CIRP Annals. doi:10.1016/j.cirp.2023.04.019
- Ströbel, R.; Probst, Y.; Hutt, L.; Fleischer, J. (2023). **Software-Defined Workpiece Positioning for Resource-Optimized Machine Tool Utilization**. Journal of Machine Engineering, 23 (1), 71–84. doi:10.36897/jme/161660
- Wurster, M.; Kille, V.; Binding, M.; Lanza, G. (2023). **Procedure Model for the Closed Loop Recycling of Electric and Electronic Devices; [Vorgehensmodell für die Kreislaufführung von Elektro- und Elektronikaltgeräten]**. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 118 (9), 599 – 604. doi:10.1515/zwf-2023-1117

2022

Benfer, M.; Autenrieth, M.; Brützel, O.; Grütznert, H.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Agile Erstellung von Materialflusssimulationen [Agile Concept for the Creation of Material Flow Simulations]**. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (12), 867–871. doi:10.1515/zwf-2022-1158

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**. Advanced Intelligent Systems, 4 (12), Art.-Nr.: 2200142. doi:10.1002/aisy.202200142

Denk, F.; Hoffmann, A.; Höger, K.; Pfrommer, J.; Poyer, M.; Scharfer, P.; Spiegel, S.; Fleischer, J.; Lanza, G.; Schabel, W. (2022). **Entwicklung einer autonomen Elektrodenbeschichtung = Development of an Autonomous Electrode Coating**. Zeitschrift Kunststofftechnik/Journal of Plastics Technology, 117 (10), 673–676. doi:10.1515/zwf-2022-1128

Kuhnle, A.; May, M. C.; Schäfer, L.; Lanza, G. (2022). **Explainable reinforcement learning in production control of job shop manufacturing system**. International Journal of Production Research, 60 (19), 5812–5834. doi:10.1080/00207543.2021.1972179

Liu, H.; Baumann, M.; Dou, X.; Klemens, J.; Schneider, L.; Wurba, A.-K.; Häringer, M.; Scharfer, P.; Ehrenberg, H.; Schabel, W.; Fleischer, J.; von der Aßen, N.; Weil, M. (2022). **Tracing the technology development and trends of hard carbon anode materials - A market and patent analysis**. Journal of Energy Storage, 56 (B), Art.-Nr.: 105964. doi:10.1016/j.est.2022.105964

Mangold, S.; Gerlitz, E.; Zimprich, S.; Friedmann, M.; Matthiesen, S.; Fleischer, J. (2022). **Systematic quantitative investigation of the unscrewing process with regard to breakaway torque**. Journal of Remanufacturing, 13, 53–66. doi:10.1007/s13243-022-00120-x

Mangold, S.; Kist, S.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2022). **Faserblasverfahren für biologische Bauteile**. VDI-Z, 164 (11-12), 67–69. doi:10.37544/0042-1766-2022-11-12-67

Martin, M.; Lars Heege, S.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Kategorisierung und Erstbeurteilung von Wandlungstreibern [Categorization and Initial Assessment of Change Drivers]**. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (12), 842–846. doi:10.1515/zwf-2022-1171

Plogmeyer, M.; Gonzalez, G.; Schulze, V.; Bräuer, G. (2022). **Werkzeugintegrierte Dünnschichtsensorik: Temperatur-, Kraft- und Verschleißmessung zur Digitalisierung von Zerspanungsprozessen = Tool-integrated thin-film sensors – Temperature, force and wear measurement for the digitalization of cutting processes**. wt Werkstattstechnik online, 112 (11-12), 733–736. doi:10.37544/1436-4980-2022-11-12-7

Schlagenhauf, T.; Wolf, J.; Puchta, A. (2022). **Convolutional-Based Encoder-Decoder Network for Time Series Anomaly Detection during the Milling of 16MnCr5**. mdpi data, 7 (175), Article no: 175. doi:10.3390/data7120175

Schuh, G.; Friedli, T.; Lanza, G.; Schollemann, A.; Specht, F.; Benfer, M. (2022). **Zukunftsfähige Produktionsnetzwerke in disruptiven Zeiten**. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117 (12), 794–798. doi:10.1515/zwf-2022-1160

Silbernagel, R.; Wagner, C.; Peukert, S.; Lanza, G. (2022). **Dynamic Pricing Model for Batch-Specific Tolerance Allocation in Collaborative Production Networks**. (J.-Y. Dantan, G. Lanza & L. Homri, Hrsg.) 17th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing (CAT2022) Hrsg.: Dantan, Jean-Yves; Lanza, Gisela; Homri, Lazhar, 114, 153–158. doi:10.1016/j.procir.2022.10.022

Wöbner, W.; Gürbüz, H.; Heim, M.; Klein, N.; Schulz, J.; Fleischer, J. (2022). **Federnde Rotorkomponenten für elektrische Antriebe = Spring-loaded Rotor Components for Electric drives**. Zeitschrift Kunststofftechnik/Journal of Plastics Technology, 117 (10), 667–672. doi:10.1515/zwf-2022-1103

Proceedingsbeiträge 2023

Behrendt, S.; Martin, M.; Puchta, A.; Ströbel, R.; Fisel, J.; May, M.; Gönnheimer, P.; Fleischer, J.; Lanza, G. (2023). **Software-Defined Manufacturing for the Entire Life Cycle at Different Levels of Production**. Advances in Automotive Production Technology – Towards Software-Defined Manufacturing and Resilient Supply Chains : Stuttgart Conference on Automotive Production (SCAP2022). Ed.: N. Kiefl, 25–34, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-27933-1_3

Behrendt, S.; Wurster, M.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **Extended Production Planning of Reconfigurable Manufacturing Systems by Means of Simulation-based Optimization**. 4th Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2023), 210–220, publish-Ing. doi:10.15488/13440

Beiner, S.; Kandler, M.; May, M. C.; Kinkel, S.; Lanza, G.; Richter, D. (2023). **Artificial Intelligence Implementation Strategy for Industrial Companies Using the AI Tool Box - A Morphology for Selecting Relevant AI Use Cases.** Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption – Proceedings of the 9th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2023) and the 11th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2023), Bologna, Italy, June 2023, 763 – 773, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-34821-1_83

Bilen, A.; Stamer, F.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **A development approach for a standardized quality data model using asset administration shell technology in the context of autonomous quality control loops for manufacturing processes.** Conference Proceedings: 23rd International Conference & Exhibition, 1–4, Euspen.

Fischmann, P.; Andreas, H.; Schulze, V. (2023). **Tooth Root Burnishing in the Kinematics of Gear Skiving.** International Conference on Gears 2023. Hrsg.: C. Stahl, 1829–1844, VDI-Verlag. doi:10.51202/9783181024225

Fries, C.; Hölscher, P.; Brützel, O.; Lanza, G.; Bauernhansl, T. (2023). **Approach for Evaluating Changeable Production Systems in a Battery Module Production Use Case.** Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: The Human-Data-Technology Nexus – Proceedings of FAIM 2022, June 19–23, 2022, Detroit, Michigan, USA. Ed.: K.-Y. Kim, 207–216, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-18326-3_21

Gönnheimer, P.; Ströbel, R.; Roßkopf, A.; Dörflinger, R.; Walter, I.; Becker, J.; Fleischer, J. (2023). **Potential of systematically generated training datasets on the accuracy and generalization of AI-based approaches for the automated identification of machine control signals.** 16th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering CIRP ICME '22, Italy. Hrsg.: R. Teti, D. D'Addona, 145 – 150, Elsevier. doi:10.1016/j.procir.2023.06.026

Groenewold, J.; Stamer, F.; Lanza, G. (2023). **Concept for In-process Measurement of Residual Stress in AM Processes by Analysis of Structure-Borne Sound.** Production at the Leading Edge of Technology. Ed.: M. Liewald, 24–31, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-18318-8_3

Hausmann, L.; Wirth, F.; Fleischer, J. (2023). **Flexible Twisting Process of Stators with Hairpin Winding.** 2022 12th International Electric Drives Production Conference (EDPC), 1–9, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/EDPC56367.2022.10019760

Henschel, S.; Otte, S.; Mayer, D.; Fleischer, J. (2023). **Use Cases for Digital Twins in Battery Cell Manufacturing.** Production at the Leading Edge of Technology. Hrsg.: M. Liewald, 833–842, Springer Nature Switzerland AG. doi:10.1007/978-3-031-18318-8_82

Höger, K.; Schild, L.; Weiser, L.; Lanza, G. (2023). **Performance parameters for evaluating pore detection ability of computed tomography systems.** 12th International Conference on Industrial Computed Tomography, Fürth, Germany (iCT 2023).

Mangold, S.; Mata, S.; Barrios, A.; Friedmann, M.; Fleischer, J. (2023). **The Control Architecture KaReSA: A Learning Disassembly System.** Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption – Proceedings of the 9th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2023) and the 11th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2023), Bologna, Italy, June 2023, 562 – 569, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-34821-1_61

Martin, M.; Behrendt, S.; Enke, C.; Tutsch, H.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **Flexibility and Changeability for Software-Defined Manufacturing.** Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption : Proceedings of the 9th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2023) and the 11th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2023), Bologna, Italy, June 2023. Hrsg.: F. Galizia, 373–380, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-34821-1_41

Martin, M.; Gneiting, S.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **Development of an Individual Incentive System to Compensate for Fluctuations in Demand Based on a Cluster Analysis.** Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption : Proceedings of the 9th Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production Conference (CARV2023) and the 11th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC2023), Bologna, Italy, June 2023. Hrsg.: F. Galizia, 195–202, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-34821-1_22

May, M. C.; Hermeler, S.; Mauch, E.; Dvorak, J.; Schäfer, L.; Lanza, G. (2023). **Reinforcement Learning for Improvement Measure Selection in Learning Factories.** Proceedings of the 13th Conference on Learning Factories (CLF 2023). Hrsg.: Hummel, Vera, Social Science Electronic Publishing. doi:10.2139/ssrn.4470426

Overbeck, L.; Glaser, V.; May, M. C.; Lanza, G. (2023). **Generalization of Reinforcement Learning Agents for Production Control. Production Processes and Product Evolution in the Age of Disruption.** Ed.: F. Galizia, 338–346, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-34821-1_37

Schlagenhauf, T.; Yildirim, F.; Brückner, B. (2023). **Siamese Basis Function Networks for Data-Efficient Defect Classification in Technical Domains.** Software Engineering and Formal Methods. SEFM 2022 Collocated Workshops – AI4EA, F-IDE, CoSim-CPS, CIFMA, Berlin, Germany, September 26–30, 2022, Revised Selected Papers. Ed.: P. Masci, 71–92, Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-26236-4_7

Spies, D.; Molitor, D. A.; Damon, J.; Knoll, M.; Dietrich, S.; Schulze, V.; Groche, P. (2023). **Conception of a multivariable product property control for punch-hole-rolling.** Material Forming 26th International ESAFORM Conference on Material Forming (ESAFORM 2023) Krakau, Polen, 19.04.2023–21.04.2023, 2081–2090, Materials Research Forum LLC. doi:10.21741/9781644902479-223

Steier, G. L.; Gleich, K.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **A Fuzzy Inference System-Based Approach For Assessing Strategic Capabilities In Global Production Networks.** Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics : CPSL 2023 - 1. Ed.: D. Herberger, 698–707, Leibniz Universität Hannover. doi:10.15488/13489

Steier, G. L.; Silbernagel, R.; Maier, T.; Peukert, S.; Lanza, G. (2023). **The Influence of Intangible Factors in the Strategic Network Configuration on Operations Performance.** 30th EurOMA Conference, July 1-6, 2023. Book of Proceedings.

Wu, C.; Bi, X.; Pfrommer, J.; Cebulla, A.; Mangold, S.; Beyerer, J. (2023). **Sim2real Transfer Learning for Point Cloud Segmentation: An Industrial Application Case on Autonomous Disassembly.** 2023 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 4520–4529, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/WACV56688.2023.00451

2022

Drechsel, K.; Frey, M.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Thermomechanical multiscale PBF-LB-process simulation of macroscopic structures to predict part distortion recoater collisions.** M. Liewald, A. Verl, T. Bauernhansl & H.-C. Möhring (Hrsg.), Production at the Leading Edge of Technology Hrsg.: Liewald, Matthias; Verl, Alexander; Bauernhansl, Thomas; Möhring, Hans-Christian. Proceedings of the 12th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP) Stuttgart, Deutschland, 12.10.2022–13.10.2022, 366–375, Springer. doi:10.1007/978-3-031-18318-8_38

Fischmann, P.; Schulze, V.; Zanger, F. (2022). **Influence of Hybrid-Additive Interfaces Manufactured by Laser Powder Bed Fusion on the Surface Topography after Machining of Ti-6Al-4V.** 22nd Machining Innovations Conference for Aerospace Industry 2022 (MIC 2022), November 30th and December 1st 2022, Hannover, Germany, 88–93, SSRN. doi:10.2139/ssrn.4259263

Gartner, P.; Krischke, N.; Benfer, M.; Bender, M.; Lanza, G.; Fleischer, J.; Dost, G. (2022). **Single part tracking enabled by fluorescent Polyse-cure tracing particles in AM parts.** D. L. Bourell (Hrsg.), Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference Hrsg.: Bourell, David L., 1998–2010, Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference.

Schreyer, L.; Blarr, J.; Höger, K.; Meyer, N.; Kärgler, L. (2022). **Generation of Initial Fiber Orientation States for Long Fiber Reinforced Thermoplastic Compression Molding Simulation.** Composites Meet Sustainability : Proceedings of the 20th European Conference on Composite Materials, ECCM20. 26-30 June, 2022, Lausanne, Switzerland. Bd.: 4. Ed.: A. Vassilopoulos, 687–694, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).

Forschungsdaten 2023

Schlagenhauf, T. (2023, Januar 12). **Evolution of Surface Defects on Ball Screw Drive Spindles for intelligent Prognostics and Health Management Systems.** doi:10.5445/IR/1000148057

Schlagenhauf, T.; Wolf, J.; Puchta, A. (2022, Oktober 19). **Multivariate time series dataset of milling 16MnCr5 for anomaly detection.** doi:10.5445/IR/1000151546

Silbernagel, R. (2023, April 25). **Digitaler Anhang der Dissertation zum Thema „Funktionsorientierte Qualitätsregelung in Produktionsnetzwerken“.** doi:10.5445/IR/1000154569

Stamer, F. (2023, April 5). Experiment data for the application of actor critic reinforcement learning for dynamic pricing in production. doi:10.5445/IR/1000157568

Ströbel, R.; Mau, M.; Deucker, S.; Fleischer, J. (2023, September 15). Training and validation dataset 2 of milling processes for time series prediction. doi:10.35097/1738

Ströbel, R.; Probst, Y.; Fleischer, J. (2023, April 14). Training and validation dataset of milling processes for time series prediction. doi:10.5445/IR/1000157789

Weiser, L.; Groenewold, J.; Lanza, G. (2023, Juni 2). In Process Porosity Detection Dataset by Means of Optical Measurement Technology in PBF-LB/M by wbk Institute of Production Science. doi:10.5445/IR/1000156806

Weiser, L.; Groenewold, J.; Platt, C.; Schwartz, N.; Lanza, G. (2023, Juni 6). In Process Porosity Detection Dataset by Means of Structure-Borne Acoustic Emission Measurement Technology in PBF-LB/M by wbk Institute of Production Science and ZEISS - Part 2. doi:10.5445/IR/1000159038

Weiser, L.; Groenewold, J.; Platt, C.; Schwartz, N.; Lanza, G. (2023, Juni 6). In Process Porosity Detection Dataset by Means of Structure-Borne Acoustic Emission Measurement Technology in PBF-LB/M by wbk Institute of Production Science and ZEISS - Part 1. doi:10.5445/IR/1000156803

Forschungsberichte / Preprints 2023

Schulze, V.; Zanger, F.; Schubert, J. (2022). Additive Fertigung: Herstellung optimierter Schlicker für die badbasierte Photopolymerisation (VPP-LED) : Technical Note / Application Note. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000153827>

Wissenschaftskommunikation im Internet 2023

Baranowski, M.; Kößler, F.; Fleischer, J. (2023, Juni 14). Laser-Sintern und gleichzeitig Endlosfasern in Kunststoffteile integrieren. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000159474>

Impressum**Satz und Layout**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Campus Services (CSE) – Mediengestaltung
www.cse.kit.edu

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,
 Prof. Dr.-Ing. habil Volker Schulze, Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger
 Campus Süd
 Kaiserstraße 12
 76131 Karlsruhe
www.wbk.kit.edu

Herausgegeben von

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Prof. Dr. Oliver Kraft
 In Vertretung des Präsidenten des KIT
 Kaiserstraße 12
 76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2023

