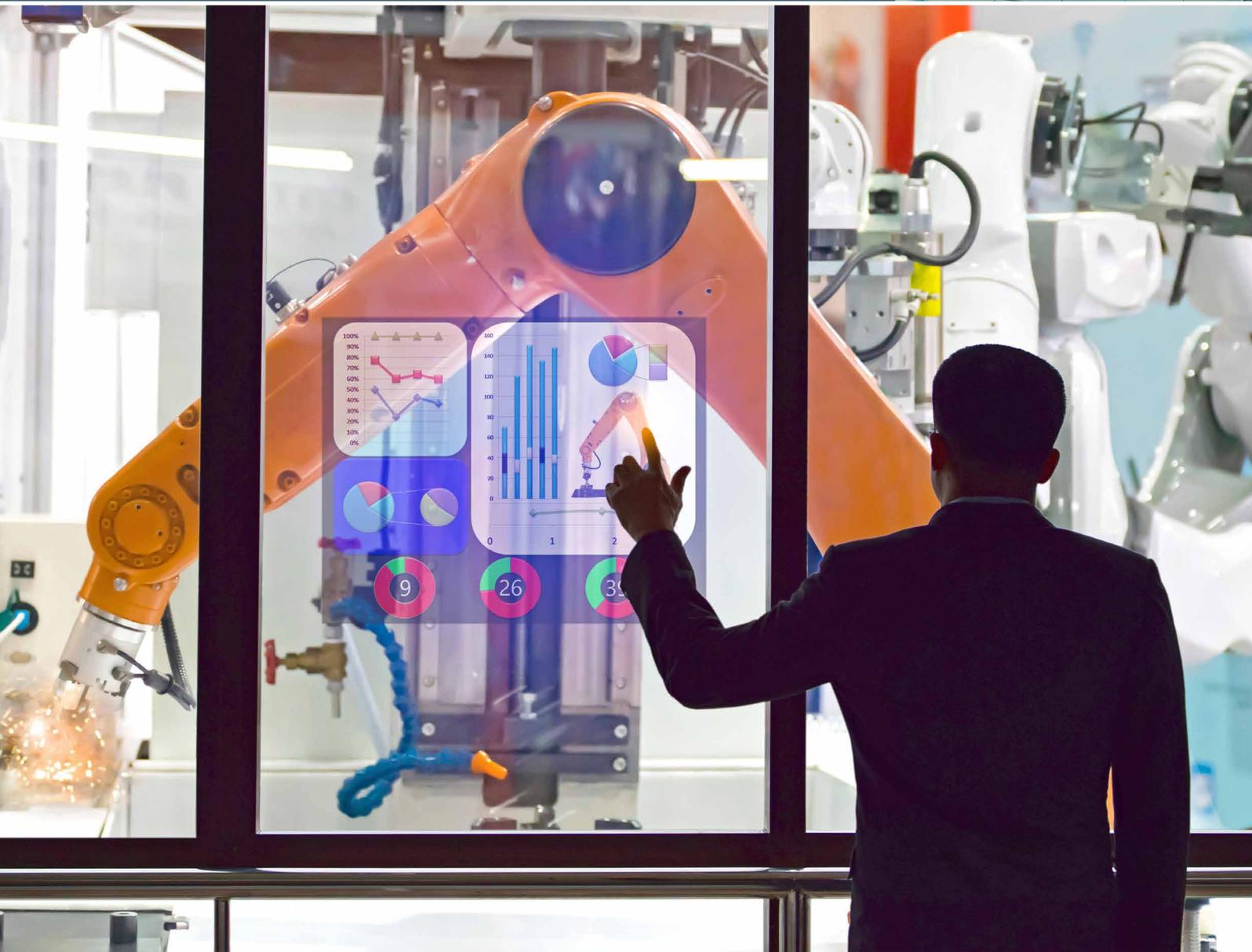


FUTUR

Vision Innovation Realisierung

Der Mensch im Mittelpunkt der Produktion



Der Fertigungsarbeitsplatz der Zukunft

»Produktionsumgebung von Morgen – ProMo«

Bauteile per App identifizieren

KI-unterstützte Bildverarbeitung auf dem Smartphone

Inhalt

- 04** Der Fertigungsarbeitsplatz der Zukunft – »Produktionsumgebung von Morgen – ProMo«
- 06** Bessere Ergonomie am Arbeitsplatz – Interview mit Henning Schmidt
- 08** Clous – Die Neuerfindung des Konstruktionsprozesses
- 10** Die Köpfe hinter der Wolke – Claas Blume und Thomas Vorsatz
- 12** Bringt Licht in die Produktion: Digitale Vernetzung – zuverlässig, effizient, intelligent
- 14** Digitale Prozessmodelle für die Fertigung – Ein Democenter in China zeigt leistungsfähige Lösungen
- 16** Kleine Wunder – Einzel- und Kleinstserienfertigung miniaturisierter Systeme
- 18** Batteriezellen 2,5 mal effizienter produzieren – Kontinuierliche z-Faltung steigert den Durchsatz für Unternehmen
- 20** Bauteile per App identifizieren – KI-unterstützte Bildverarbeitung auf dem Smartphone
- 22** Digitaler Goldstaub – Interview mit Prof. Dr. Jörg Krüger
- 24** Plattform Industrie 4.0 – Das Netzwerk für den digitalen Wandel der Industrie
- 25** Industrienähe Forschung zum Anfassen – Das neue Industrie 4.0 Transferzentrum Berlin
- 26** Ereignisse und Termine
- 32** PTZ im Überblick

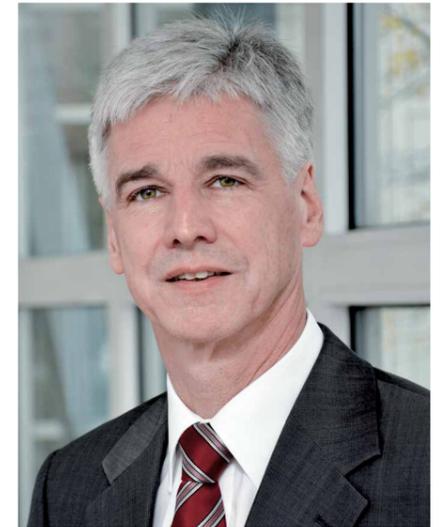
Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser, mit der Digitalisierung, der Etablierung Künstlicher Intelligenz und der zunehmenden Vernetzung von Maschinen und Anlagen hat sich die Produktion in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Dabei ist es durchaus bemerkenswert, dass diese Entwicklung sehr abstrakt diskutiert wird. Oft kommt nur am Rande vor, wer eigentlich im Mittelpunkt der Produktion steht: der Mensch. Von ihm geht heute wie gestern die Initiative aus, welches Produkt wie hergestellt wird. Er ist der kreative Geist hinter jeder Form maschineller Intelligenz.

Der Mensch steht deshalb klar im Mittelpunkt der Forschung am Produktionstechnischen Zentrum Berlin. Er ist für uns der zentrale Anker einer vernetzten, digital integrierten Produktion. Diese Idee schlägt sich auch in den aktuellen FuE-Vorhaben nieder, die wir Ihnen in diesem Heft vorstellen. Um die Frage, wie Werkerinnen und Werker in der Produktion durch Hightech unterstützt werden können, dreht sich das Projekt »Produktionsumgebung von Morgen – ProMo«. Hier arbeiten vier Fraunhofer-Institute gemeinsam daran, den Fertigungsarbeitsplatz der Zukunft möglichst komfortabel und effizient zu gestalten.

Wie wir Technologien so weiterentwickeln können, dass sie für Menschen bestmöglich einsetzbar werden, zeigt auch eine neuartige App. Um bestimmte Bauteile zu identifizieren, waren bisher aufwendige, hardwarelastige Verfahren notwendig. In naher Zukunft sollen dank KI-unterstützter Bildverarbeitungsmethoden ein paar mit dem Smartphone aufgenommene Fotos ausreichen.

Das Verhältnis zwischen Künstlicher Intelligenz und menschlicher Produktionsarbeit ist ein heiß diskutiertes Thema. Unser Auto-



Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

matisierungsexperte Prof. Dr. Jörg Krüger erklärt im FUTUR-Interview, warum Unternehmen nicht nur in Hard- und Software investieren sollten, sondern auch systematisch das sogenannte Domänenwissen der Produzenten nutzen sollten.

Nicht zuletzt stellt sich die Frage, wie sich die Wertschöpfung innerhalb Deutschlands und im internationalen Wettbewerb durch die digital integrierte Produktion verändern wird. Wie können sich Unternehmen, Politik und letztlich auch wir Menschen auf diese Veränderungen einstellen? Dazu laden wir Sie ein, sich mit uns und vielen weiteren Expertinnen und Experten von Großunternehmen, KMUs und Start-ups auszutauschen. Am 12. und 13. September findet bei uns im Produktionstechnischen Zentrum Berlin das XVI. Internationale Produktionstechnische Kolloquium statt. Lernen Sie die Potenziale kennen, die Berlin/Brandenburg als neuer Hot Spot der Digitalisierung bietet – und werfen Sie gemeinsam mit uns einen Blick in die Lern- und Arbeitswelt 4.0. Wir freuen uns darauf!

Ihr

Eckart Uhlmann

Herausgeber

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Mitherausgeber

Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK

Institut für Werkzeugmaschinen und
Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin

Redaktion

Ruth Asan
Claudia Engel
Miriam Stock

Satz und Layout

Andy King

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Institutsleitung
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Pascalstraße 8–9
10587 Berlin
Telefon: +49 30 39006-140
Fax: +49 30 39006-392
info@ipk.fraunhofer.de
http://www.ipk.fraunhofer.de

Herstellung

Ruksaldruck GmbH + Co. KG

Fotos

Faulhaber: 16
Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik: 31
IWF TU Berlin: 17
Siemens: 30
sompong_tom - stock.adobe.com: 1
TU Berlin / Arne Glodde: 18, 19
alle anderen: Fraunhofer IPK

Der Fertigungsarbeitsplatz der Zukunft

»Produktionsumgebung von Morgen – ProMo«

Gleich vier Fraunhofer-Institute forschen gemeinsam an der Frage, wie man Arbeiterinnen und Arbeiter in Fertigungsberufen unterstützen kann. Im Rahmen des Leistungszentrums »Digitale Vernetzung« verknüpfen Fraunhofer FOKUS, HHI, IPK und IZM dazu ihre bahnbrechenden Technologien auf einzigartige Weise miteinander. Was dabei herauskommt und wie Industrieunternehmen in Zukunft davon profitieren sollen, zeigt das Projekt »Produktionsumgebung von Morgen – ProMo«.

Durchgängig digitalisiert, vernetzt und auf den Nutzer zentriert – so wird der Arbeitsplatz im Produktionsfeld der Zukunft aussehen. Werden solche Arbeitsplätze zunehmend etabliert, könnte das für Arbeitskräfte eine Minderung körperlicher Belastungen und für Unternehmen eine Steigerung der Produktivität bedeuten. Genauere Erkenntnisse dazu soll das im Januar 2019 gestartete Projekt »Produktionsumgebung von Morgen – ProMo« des Fraunhofer-Leistungszentrums »Digitale Vernetzung« liefern.

Das Leistungszentrum Digitale Vernetzung ist eine Kooperation der vier Berliner Fraunhofer-Institute FOKUS, HHI, IPK sowie IZM und wird durch die Berliner Landesregierung und die Fraunhofer-Gesellschaft gefördert. Interdisziplinäre Teams erforschen hier gemeinsam Lösungen für die vier Anwendungsbereiche Gesundheit und Medizin, Mobilität und Zukunftsstadt, Industrie und Produktion sowie kritische Infrastrukturen. »Produktionsumgebung von Morgen« hat zum Ziel, Herstellungs- und Instandhaltungsprozesse mit Blick auf den Nutzer zu optimieren.

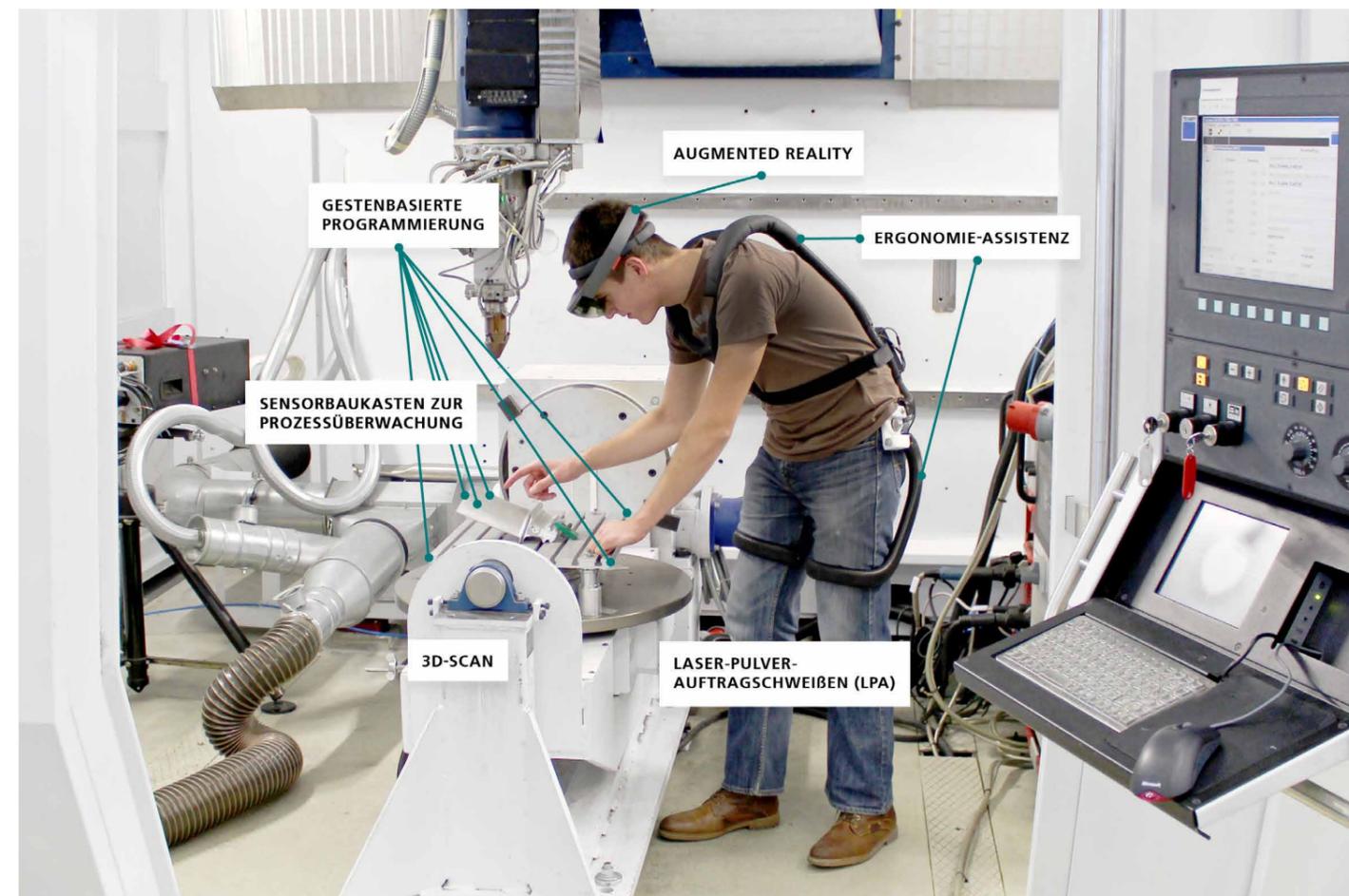
Um dieses Ziel zu erreichen, werden verschiedene Technologien eingesetzt und aufeinander abgestimmt, die an den Instituten des Leistungszentrums entwickelt wurden: das Ergonomiesystem ErgoJack des Fraunhofer IPK, ein Gestenerfassungssystem des Fraunhofer HHI, ein Sensorbaukasten des Fraunhofer IZM sowie ein Augmented Reality-System des Fraunhofer FOKUS.

► Alle an einem Strang

Diese Technologien sind jede für sich bereits hoch innovativ und setzen jeweils unterstützend an einem anderen Schritt in der Fertigung an. Wenn es gelingt, sie alle in einem industriereifen System zu integrieren und zu vernetzen, kann der Produktionsprozess auf den Menschen zentriert und gleichzeitig optimiert werden. Ein Anwendungsszenario für einen auf diese Weise integrierten Prozess kann beispielsweise so aussehen:

Ein Produktionsarbeiter trägt das ErgoJack-System des Fraunhofer IPK (*mehr dazu im Interview ab Seite 6*), das ihn bei der ergonomischen Bewegungsausführung unterstützt. Das passive Exoskelett entlastet beispielsweise durch seine federnde Struktur seine Lendenwirbel. Gleichzeitig wertet es dank integrierter Sensorik die Ergonomie der Arbeitsschritte aus, sodass arbeitsbedingten Verletzungen durch präventive Maßnahmen vorgekommen werden kann.

Mittels Augmented Reality bekommt der Werker zur gleichen Zeit prozessrelevante Anweisungen und Informationen mitgeteilt. Diese werden auf ein Head Mounted Display oder direkt auf ein Werkstück projiziert. Die dargestellten Informationen werden für die gestenbasierte Programmierung der Produktionsanlage benötigt. Die Technologie zur Gestenerfassung und -interpretation wird dabei vom Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI bereitgestellt, die visuelle Aufbereitung und Projektion vom Fraunhofer FOKUS. Der Zustand des Werkstücks wird



mit einem Sensorbaukasten des Fraunhofer IZM überwacht. Datenaustausch und Kommunikation erfolgen je nach Bedarf online oder offline, kabellos oder kabelgebunden und unter Einsatz moderner Industrieprotokolle und -netzwerke wie OPC UA und TSN (Time-Sensitive Networking).

ProMo ermöglicht die Kombination der genannten Fraunhofer-Technologien zur Unterstützung komplexer Fertigungsprozesse. Als Anwendungsfall für die praxisbezogene Umsetzung wurde ein innovativer Fertigungs- und Instandhaltungsprozess aus der Additiven Fertigung ausgewählt. Dieser eignet sich besonders gut, um ein solches Werkerassistenzsystem daran entlang aufzubauen, denn er ist sehr komplex und vielfältig und enthält gleichzeitig wechselseitige Mensch-Maschine-Interaktionen. Konkret handelt es sich um einen Laser-Pulver-Auftrag-Schweißprozess (LPA), der zur Wiederaufbereitung von Gasturbinenschaufeln zum

Einsatz kommt. Unter anderem möchte das ProMo-Team den Mensch als Teil der Produktionsumgebung von Morgen in Realzeit digital erfassen, um ihn als eigenständige Instanz in einer digitalisierten Produktionsumgebung berücksichtigen zu können.

► Demonstrator in Entwicklung

Um das Assistenzsystem an der LPA-Prozesskette möglichst realitätsnah nachstellen zu können, wird derzeit ein Demonstrator entwickelt. Im ersten Schritt fixiert die Werkerin oder der Werker das Werkstück an einem Nullspannsystem und montiert das Nullspannsystem unter Einsatz des Ergonomiesystems ErgoJack an einem Robotertisch. Mittels Gesteneingabe werden ROIs (Regions Of Interest) am Werkstück definiert. Das sind Bereiche, die Abnutzungsschäden aufweisen. Die markierten ROIs werden mittels projektiver AR hervorgehoben. Gleichzeitig werden wichtige Prozessparameter visualisiert. Auf Grundlage der erfassten Informationen wird

ein kollaborativer Roboter so programmiert, dass mit einem am Endeffektor montierten 3D-Scanner das Werkstück für die weitere Verarbeitung digitalisiert wird.

Der ProMo-Demonstrator soll seine Premiere auf der Hannover Messe 2020 haben. Bis dahin können interessierte Kunden schon einmal einige der Technologien im Industrie 4.0-Showroom des Fraunhofer IPK ausprobieren. ■

Ihr Ansprechpartner

Boris Beckmann-Dobrev

Telefon: +49-30-39006-207

boris.beckmann-dobrev@ipk.fraunhofer.de

Der Mensch im Mittelpunkt

Bessere Ergonomie am Arbeitsplatz

Auf dem Weg zum Arbeitsplatz der Zukunft hat das Fraunhofer IPK ein System entwickelt, das Bewegungen intelligent unterstützen und körperliche Fehlbelastungen verhindern soll. Über die Funktionsweise und Potenziale von sogenannten Wearable-Robotics-Systemen sprachen wir mit Henning Schmidt, Gruppenleiter Human and Rehabilitation Robotics am Fraunhofer IPK.



Henning Schmidt, Gruppenleiter beim Fraunhofer IPK

FUTUR: Herr Schmidt, ErgoJack ist Teil des Fertigungsarbeitsplatzes der Zukunft, der am Fraunhofer-Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« erforscht wird (mehr dazu auf Seite 4). Was hat es damit auf sich?

Schmidt: ErgoJack ist unser intelligentes Wearable-Robotics-System zur Ergonomieanalyse und -unterstützung. Wir haben bereits mehrere Varianten entworfen und gebaut. Publikumsbeliebter bei der Hannover Messe war ganz klar die neue textile Weste, die wir zusammen mit Kollegen vom Fraunhofer IZM entwickelt haben. Die Weste ist sehr leicht und bequem. Gewicht und Pass-

form sind ja durchaus sehr wichtige Punkte für die Akzeptanz von tragbaren Robotiksystemen. Herzstück von ErgoJack ist das Bewegungssensorsystem und unser intelligenter Algorithmus. Der wertet die Bewegungsdaten in Echtzeit aus und erkennt, ob eine körperlich belastende Bewegung ergonomisch richtig ausgeführt wird oder nicht. Ungefähr eine Sekunde nach Beginn einer falschen Bewegung zeigt die Weste dies durch ein leichtes Vibrieren an und der Träger kann seine Haltung anpassen.

FUTUR: Das Fraunhofer IPK beschäftigt sich ja vor allem mit Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik. Wie entstand die Idee, ein Ergonomiesystem zu entwickeln?

Schmidt: Stimmt, unserer Forschungsschwerpunkt liegt auf der Produktion. Dazu zählen aber nicht nur Maschinen und Anlagen. Wenn wir uns am Fraunhofer IPK mit Digitalisierung befassen, tun wir das aus einer Philosophie heraus, die immer den Menschen im Mittelpunkt sieht.

Wir forschen seit vielen Jahren zu humanzentrierter Automatisierung und dort insbesondere zur robotergestützten Bewegungsassistenz. Ein spannendes Feld, das weit über den Kern der klassischen Industrierobotik hinausgeht. Auf keinen Fall kann man das ganz allein angehen. Deshalb arbeiten wir mit Forschungspartnern aus vielen Bereichen zusammen: Orthopädie, Neurologie, Biomechanik, Arbeitswissenschaften, Psychologie, Medizintechnik, um nur einige zu nennen.

FUTUR: ErgoJack gleicht tatsächliche Bewegungen mit ergonomisch sinnvollen Bewegungsabläufen ab. Woher weiß das System, welche Bewegung ergonomisch richtig ist?

Schmidt: Zum Glück gibt es bereits Ergebnisse aus der Ergonomieforschung, auf die wir zurückgreifen können. Im Grunde ist es ja Allgemeinwissen, dass man nicht aus dem Rücken heben soll, sondern aus den Beinen. Was aber zunächst trivial klingt, ist in der mathematischen Beschreibung gar nicht so einfach. Denn wir Menschen sind eben keine Roboter. Jeder von uns bewegt sich sehr unterschiedlich. Auch über den Tag verändern sich unsere Bewegungen durch Ermüdung oder andere Einflüsse.

Am Fraunhofer IPK haben wir deshalb verschiedene Probanden mit Bewegungssensoren ausgestattet und sie wiederholt Bewegungsabläufe ausführen lassen, die in der Literatur als gesundheitsförderlich beschrieben sind. So haben wir hunderte Bewegungen im dreidimensionalen Raum erfassen und beschreiben können. Mit diesen Daten haben wir unseren Algorithmus gefüttert. Das war viel Arbeit, aber dafür läuft das System heute sehr robust.

FUTUR: Im Rahmen Ihrer Forschung sind Sie auch mit vielen Unternehmen im Kontakt. Wie ist denn deren Haltung zu Wearable Robotics?

Schmidt: Im produzierenden Gewerbe sehen wir großes Interesse an diesem Thema. Dort gibt es in etlichen Bereichen körper-

lich anstrengende Arbeiten. Und die werden auch zukünftig nur bedingt maschinell ersetzt werden können. Außerdem steigt in vielen Unternehmen der Altersdurchschnitt der Werkerinnen und Werker. Da muss man etwas tun, damit die Leute möglichst lange gesund und fit bleiben.

FUTUR: Gibt es denn bereits Unternehmen, die ihre Arbeitnehmer mit Wearable-Robotics-Systemen ausgestattet haben?

Schmidt: In vielen Unternehmen laufen Anwendungsstudien mit Exoskeletten. Von einem flächendeckenden Einsatz sind wir meines Erachtens aber noch ein ganzes Stück entfernt. Viele Werksärzte möchten zunächst die mittel- bis langfristigen Auswirkungen von tragbaren Systemen besser abschätzen können, bevor sie ihre Zustimmung zum dauerhaften Einsatz geben. Dafür braucht man fundierte Erkenntnisse. Die liegen aktuell noch nicht vor. Nehmen Sie zum Beispiel sogenannte passive Exoskelette zur Hüft- und Rückenunterstützung. Bei denen wird durch mechanische Federsysteme die Belastung vom Rücken auf die Oberschenkel umgeleitet. Niemand kann heute mit Gewissheit sagen, ob dies langfristig unkritisch ist oder nicht. Hier brauchen wir mehr Forschung.

Ähnliche Bedenken gibt es auch bezüglich der Anwendung sogenannter aktiver Exoskelette. Bei diesen Systemen wird Unterstützungskraft durch Motoren zugesteuert. Es klingt ja erstmal toll, wenn es beispielsweise heißt, die Muskelbelastung geht um die Hälfte zurück. Aber langfristig kann dies unter Umständen auch bedeuten, dass sich die Muskulatur zurückbildet, dass sich Gelenke und Sehnen verändern. Und vergessen wir nicht: Alle derzeit am Markt erhältlichen Systeme haben kein Feedback zur ergonomischen Vorteilhaftigkeit von Bewegungen. Im schlechtesten Fall unterstützt ein Exoskelett dauerhaft völlig ungesunde Bewegungen.

FUTUR: Wie steht es um die Akzeptanz von Exoskeletten bei der Arbeitnehmerschaft?

Schmidt: Fast alle von uns haben ja schon einmal Rückenschmerzen gehabt. Deshalb trifft man grundsätzlich zunächst auf Offenheit und Neugier. Anders sieht es aus, wenn es an die konkrete Nutzung von Exoskeletten im Arbeitsalltag geht. Da tritt oftmals schnell eine gewisse Ernüchterung ein. Bei den meisten Exoskeletten ist der Bewegungsspielraum ein Stück weit eingeschränkt. Und man sollte auch nicht unterschätzen, dass gerade die aktiven Systeme ein hohes Eigengewicht mitbringen. So kann ein System an ein und demselben Arbeitsplatz bei einem Arbeitsschritt Entlastung bringen und bei einem anderen eher hinderlich sein.

Durchweg positives Feedback haben wir allerdings auf unser ErgoJack-System zur Echtzeit-Ergonomiebewertung bekommen. Der Mehrwert hiervon wird sofort verstanden. Dass ErgoJack in eine leichte und bequeme Weste verbaut war, kam auch sehr gut an. Ich denke, softe Systeme, die Bewegungen nicht einschränken, die man beim Tragen kaum spürt und die sich leicht an- und ablegen lassen, haben die besten Chancen auf eine langfristige Akzeptanz bei Arbeitnehmern.

FUTUR: Was passiert mit den Bewegungsdaten, die sie aufnehmen? Gehen diese an den Arbeitgeber oder an Dritte?

Schmidt: Wir erfassen und speichern Daten nur in dem Umfang, wie der intelligente Algorithmus von ErgoJack sie für seine Arbeit benötigt. Das heißt konkret: Bewegungsdaten werden erfasst, ausschließlich in der Weste zwischengespeichert und dort ausgewertet. Nach wenigen Sekunden, wenn die Bewegung abgeschlossen ist, werden die Daten wieder gelöscht beziehungsweise durch neue Daten überschrieben.

Wir wurden aber auch schon gefragt, ob wir nicht eine Möglichkeit schaffen können, die Daten zu speichern und auszulesen. Inter-

essanterweise sind nicht Arbeitgeber oder Vorarbeiter mit dieser Idee an uns herangetreten, sondern die potenziellen Anwender. Die kennen Bewegungsdatenspeicherung und Biofeedback bereits von ihren privat genutzten Fitnesstrackern und Smartphone Fitness Apps und könnten sich selbst sehr gut vorstellen, dass sie die Daten aus dem Ergonomiefeedback zur eigenen Optimierung nutzen. Man könnte zum Beispiel nachvollziehen, ob mit dem Tragen der Weste die Zahl der fehlerhaften Bewegungen sinkt. Grundsätzlich ist aber eine externe Datenanbindung der Weste für ihre Funktionalität nicht notwendig. Eine Datenschnittstelle ist zwar für uns für Entwicklungszwecke vorhanden, aber im normalen Betriebsmodus ist sie ausgeschaltet.

FUTUR: Aktuell treffen Sie mit ErgoJack auf sehr großes Interesse. Wie werden Ihre nächsten Entwicklungsschritte aussehen?

Schmidt: Unsere aktuellen Prototypen sind bereits sehr ausgereift und robust. Momentan sind wir in Gesprächen mit Herstellern von Exoskeletten, die unser Ergonomiefeedback gerne in ihre Produkte integrieren wollen. Unternehmen haben Interesse bekundet, dass wir ihre Arbeitsplätze und Bewegungsabläufe hinsichtlich deren Ergonomie bewerten. Natürlich wollen wir so viele Bewegungsmuster wie möglich in ErgoJack abbilden. Wer also Interesse an einer gemeinsamen Weiterentwicklung hat, ist herzlich eingeladen, sich bei mir zu melden.

Darüber hinaus forschen wir an der Unterstützung von Über-Kopf-Arbeiten und am Erkennen muskulärer Ermüdung. Da möchte ich noch nicht ins Detail gehen. Nur so viel: In diesem Forschungsgebiet werden uns noch lange Zeit die Themen nicht ausgehen. ■

Kontakt

Henning Schmidt
Telefon: +49 30 39006-149
henning.schmidt@ipk.fraunhofer.de

Der Mensch im Mittelpunkt

Clous

Die Neuerfindung des Konstruktionsprozesses

Die automatisierte Erstellung von CAD-Modellen ist eine wichtige Facette der Forschung zur Interoperabilität von Entwicklungsartefakten. Im Auftrag eines Werkzeugherstellers konnten Wissenschaftler des Fraunhofer IPK dank speziell entwickelter Algorithmen die Konstruktionszeit um bis zu 98 Prozent reduzieren. Diese Algorithmen bilden nun die Grundlage für eine neuartige, cloudbasierte Plattform, die den Konstruktionsprozess vollkommen anders denkt.

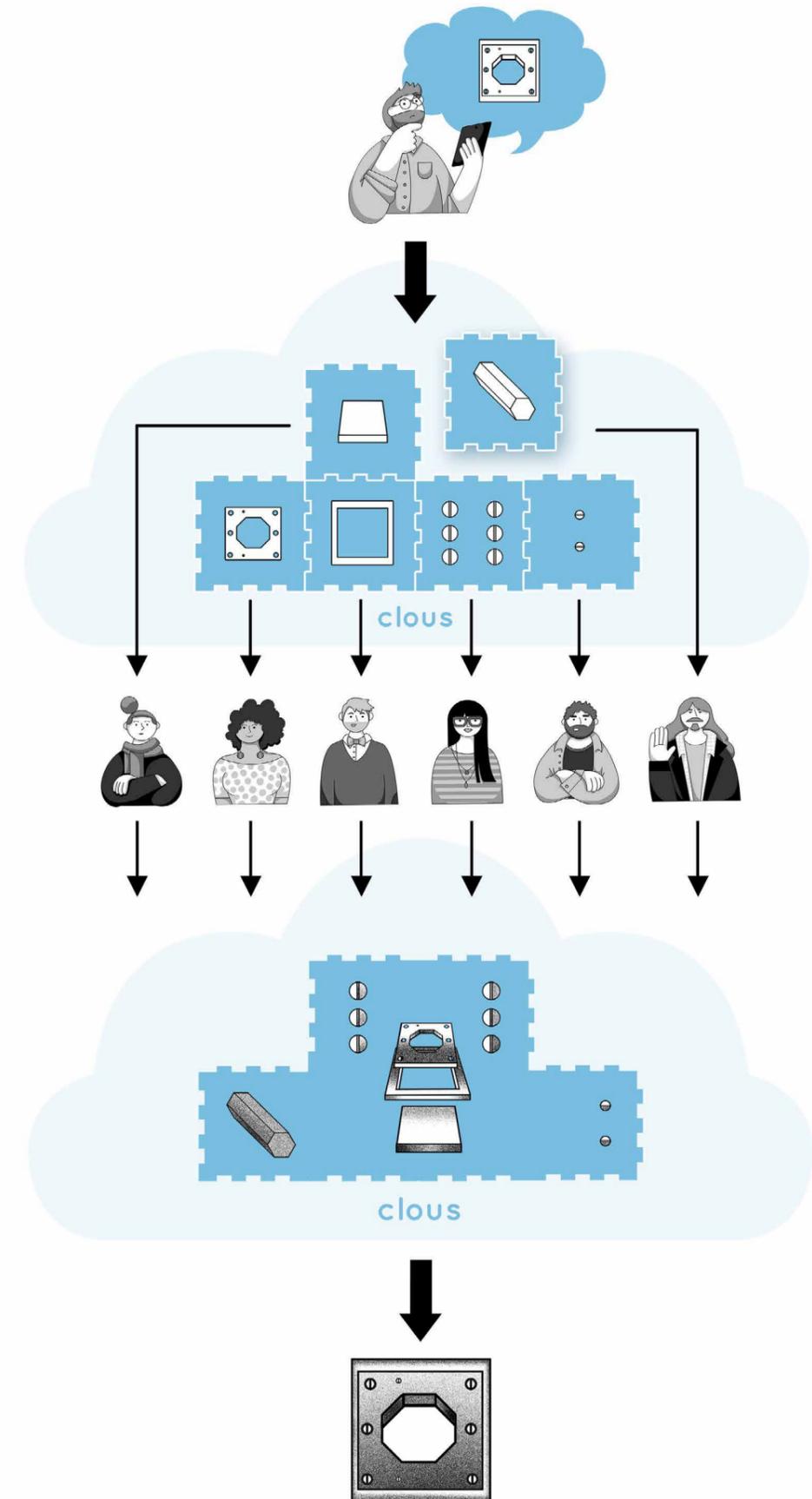
Am Anfang war das Wort: Um einen Algorithmus für die Erstellung von CAD-Modellen zu entwickeln, mussten die Forscher zunächst mit den Konstrukteuren sprechen. Denn das informelle Wissen der Entwickler musste formalisiert werden. Gepaart mit den Entwicklungshandbüchern übersetzten die Forscher dieses Wissen anschließend in die Algorithmen, sodass prozesssichere Ergebnisse erzeugt werden konnten. Die große Herausforderung lag bei der Implementierung unzähliger Sonderfälle. Hier galt es, zwischen dem exponentiell steigenden Aufwand für die Implementierung und der zu erwartenden Produktivitätssteigerung abzuwägen.

An diesem Punkt setzt die cloudbasierte Plattform Clous an. Clous erstellt ein Entwicklungsnetzwerk mit genau definierten Schnittstellen. Aus der Konstruktionsautomatisierung wird so der Teil übernommen, der es erst ermöglicht, dass Algorithmen angewendet werden können. Jedoch wird dann die kreative Lösungsfindung nicht mehr automatisiert, sondern aufbereitet, sodass mehrere Ingenieure parallel an der Aufgabe

arbeiten können. Diese »halbautomatische« Lösung ersetzt die sehr aufwendige Automatisierung der Modellierung. Damit stellt sie eine kreative, günstige Alternative auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) dar, um ihre Konstruktionsaufträge bearbeiten zu lassen.

Der Grundgedanke kommt aus dem Model-based Systems Engineering (MBSE), bei dem aus einem Systemmodell partiell Modelle über definierte Schnittstellen ausgeleitet werden können. MBSE beschäftigt sich vorwiegend mit der Fragestellung einer sehr komplexen multidomänen Produktentwicklung von mechatronischen Systemen. Clous adaptiert diese Fragestellung auf den Bereich der Konstruktion von mechanischen Modellen. In naher Zukunft soll diese aber auch auf weitere Domänen und komplexere Produkte erweitert werden.

Clous wächst gerade aus den Kinderschuhen heraus: Derzeit durchlaufen Claas Blume und Thomas Vorsatz (im Porträt auf Seite 10), die als Forscher am Fraunhofer IPK hinter dem Projekt stecken, den neuen Hightech Company Builder »Ahead« von Fraunhofer Venture. Sie sind das erste Team, das erfolgreich in die Phase II eingetreten ist. Als nächste Schritte sind die finale Teamentwicklung und die Weiterentwicklung des Produktes bis zur Marktreife vorgesehen. Am Ende des Prozesses steht die Gründung von Clous als eigenem Fraunhofer-Spin-off. ■



So funktioniert Clous (rechts): Ein Auftraggeber, meist ein produzierendes Unternehmen, benötigt die CAD-Konstruktion einer Maschine oder Anlage. Er legt einen Konstruktionsauftrag in der clous.platform an. Die clous.engine zerlegt diesen Konstruktionsauftrag in viele Teilaufträge, die dann unabhängig von den individuellen Auftragnehmern bearbeitet werden. Die Auftragnehmer sind dabei (freie) Konstrukteure und Konstruktionsbüros, die ihre Aufträge über die clous.platform beziehen. Nach Fertigstellung aller Teilaufträge werden diese auf die clous.platform zurückgespielt und von der clous.engine zu einer Gesamt-CAD-Konstruktion zusammengefügt. Die Alleinstellungsmerkmale von clous sind hierbei, dass durch die parallele Bearbeitung die CAD-Konstruktionszeit immens verkürzt wird und dabei das Intellectual Property jederzeit gewahrt bleibt, da jeder Auftragnehmer nur einen kleinen Teil der Gesamtkonstruktion kennt.

Ihre Ansprechpartner

Claas Blume
Telefon: +49 30 39006-164
claas.blume@ipk.fraunhofer.de

Thomas Vorsatz
Telefon: +49 30 39006-271
thomas.vorsatz@ipk.fraunhofer.de

Der Mensch im Mittelpunkt

Die Köpfe hinter der Wolke

Claas Blume und Thomas Vorsatz

Natürlich kommen die Revolutionäre der vernetzten Ingenieurarbeit aus Berlin, der heimlichen Startup-Hauptstadt Europas. Claas Blume und Thomas Vorsatz sind beide Kinder der Hauptstadt und der Fraunhofer Forschung – und dennoch recht verschieden. Nun machen sie mit Clous dem Gründergeist der Fraunhofer-Philosophie alle Ehre.

Claas Blume gründete bereits während seines Maschinenbau-Studiums an der TU Darmstadt sein erstes Startup, the HATS, ein Kreativunternehmen für die Entwicklung individualisierter Applikationen für Apple-Produkte. Damit tauchte er bereits tief in die Welt des Gründens, Fehlermachens, Lernens und Neustartens ein. Kaum mit dem Studium fertig ging er zum Fraunhofer IPK. Doch Claas Blume wollte mehr. Ihn trieb der Gedanke an, ein neues Unternehmen auf Basis der Technologien zu gründen, die ihn bei Fraunhofer so fasziniert hatten.

Auch Thomas Vorsatz studierte Maschinenbau. Nach mehrjähriger Tätigkeit in mehreren Unternehmen im Sondermaschinenbau als Konstrukteur führte ihn seine Hightech-Faszination ans Fraunhofer IPK in Berlin, wo er an der virtuellen Absicherung mithilfe von Multi-Domänen-Simulation als Teil des Virtual Engineering sowie später auch an der Implementierung neuer Technologien im Rahmen von Industrie-4.0-Projekten forschte. Inspiriert durch den Kontakt mit angehenden Ingenieuren aus aller Welt im Rahmen seines Lehrauftrages für CAD und CAE an der TU Berlin im internationalen Studiengang Global Production Engineering, wurde die technische und wirtschaftliche Verwertung von Ergebnissen für den Ingenieur immer mehr zu einer Art zweitem Forschungszweig. Eine Ausgründung schien ihm anfangs eine Verwertungsmöglichkeit, wurde aber bald zu einem Wirtschafts- und Lebensmodell für den Fraunhofer-Forscher, mit dem er die Faszination Technologie als

Unternehmer, Gestalter und Visionär selbst vorantreiben konnte.

Ein Startup-Bootcamp im Herbst 2018 machte aus den Grundüberlegungen ein erstes belastbares Konzept. Auf den F-Days, dem Vorläufer des heutigen AHEAD Company Building Programms von Fraunhofer Venture, pitchten sie ihre Ideen und entwickelten und vertieften eine gemeinsame Vision. Die Lösung der beiden Entrepreneure sollte nicht nur Hightech-Industrieanwendungen mit unternehmerischer Pioniertätigkeit, sondern auch die hochvernetzte und agile Sphäre digitaler Geschäftsmodelle mit der komplexen Welt der industriellen Produktion verbinden.

► **Das »4.0« für industrielle Konstruktionsprozesse**

Nach wie vor sind viele komplexe Konstruktionsprozesse ähnlich organisiert wie die Produktion des berühmten Ford-Modells T in den 30er Jahren: Ähnlich einem Fließband mit standardisierten Arbeitsstationen und definierten Abfolgen »fließen« Neuentwicklungen durch einen sequenziellen Prozess, der Kompetenzfeld an Kompetenzfeld und Abteilung an Abteilung reiht: Eine neuentwickelte Produktionsanlage startet im Konzeptentwurf, differenziert sich in die einzelnen Gewerke (Mechanik, Elektrik/Elektronik, Software) und durchläuft mehrere Schleifen der Konstruktion bis sie schließlich in der Erprobung landet.



Claas Blume



Thomas Vorsatz

In diesem »ford'schen Konstruktionsprozess« wirkt die Expertise der verschiedenen Akteure nur im Rahmen ihres streng definierten Arbeitsschrittes, nicht mehr in den Zuständigkeitsbereichen der anderen Akteure. Diese Limitierung erhöht einerseits das Risiko für Fehlentwicklungen und kostet andererseits viel Zeit und damit Geld, weil Probleme erst am Ende des Prozesses in der Erprobung identifiziert werden können und Feedback und Expertise quasi rückwirkend eingearbeitet werden muss. Hier setzt die Plattform Clous an:

Clous löst den komplexen und linearen Konstruktionsprozess in viele einzelne Projektbausteine auf, die über KI-Methoden miteinander verbunden sind und sich ständig aneinander anpassen. An die Stelle der groben industriellen Fließbandabfolge tritt bei Clous ein virtuelles Netzwerk aus Kleinprozessen, interagierenden Akteuren und einer permanenten digitalen Überwachung und Anpassung aller Teilprojekte aufeinander.

Auf diese Weise können viele Arbeitsschritte nahezu parallel durchgeführt werden. Der größte Kostenfaktor für ein konstruierendes Unternehmen, die Zeit von der Idee bis zum erfolgreichen Prototypentest, wird so auf einen Bruchteil reduziert.

► **Engineering nach dem Crowd-Prinzip**

Die Zerlegung der Gesamtsystematik in viele kleine Mikroprojekte erlaubt es Unternehmen auch, mittels Clous externe Ressourcen in den Konstruktionsprozess einzubinden, ohne die komplette Entwicklung preisgeben zu müssen. Der Schutz von IP-Rechten wird vom Clous-System quasi mit gemanagt und öffnet innerbetriebliche Innovationsprozesse damit auch für externe Experten. Die knappe Ressource fähiger Ingenieure, Entwickler und Fachexperten für den Konstruktionsprozess kann so flexibel integriert werden, entweder aus den eigenen Abteilungen oder über Partner oder Freiberufler aus dem Hightech-Ökosystem. Mittelfristig

soll Clous so eine ganze Plattformökonomie werden, über die die gesamte Wertschöpfungskette von der Beschaffung bis zur Produktion abgewickelt werden kann.

Derzeit arbeiten die beiden Gründer intensiv im Rahmen des AHEAD Company Building Programms von Fraunhofer Venture an der finalen Entwicklung von Team-, Markt- und Produktreifegrad, sodass sie Ende 2019 mit Clous live gehen können. ■

Bringt Licht in die Produktion

Digitale Vernetzung – zuverlässig, effizient, intelligent

Die Digitalisierung der Produktion durch die Vernetzung der Produktionssysteme und Prozesse eröffnet Unternehmen ein hohes Maß an Flexibilität. Das Fraunhofer-Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« zeigt, wie die digitale Vernetzung mittels optischer Drahtlostechnik die hohen Anforderungen im industriellen Umfeld effizient bedienen kann. Das Team des Leistungszentrums demonstrierte das Potenzial dieser Technologie und ihre Anwendung auf der diesjährigen Hannover Messe – und räumte damit den Think Tank Award der Fraunhofer-Gesellschaft ab.



Fraunhofer IPK-Institutsleiter Prof. Uhlmann und Bereichsleiter Prof. Kohl probieren auf der Hannover Messe die optische Drahtloskommunikation aus.

Für die intelligente digital vernetzte Produktion in der Smart Factory der Zukunft wird Informations- und Kommunikationstechnik zum bestimmenden Element. Eine derartige Vernetzung ermöglicht den ständigen Informationsaustausch und die Interaktion zwischen den beteiligten intelligenten Maschinen, Objekten, Prozessen und Menschen in der Wertschöpfungskette sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch unternehmensübergreifend in Echtzeit. Unternehmen erreichen so ein nie dagewesenes Maß an Effizienz und Flexibilität. Das Fraunhofer IPK entwickelt im Fraunhofer-Leistungszentrum

»Digitale Vernetzung« gemeinsam mit drei weiteren Berliner Fraunhofer-Instituten Technologien und Lösungen für die Vernetzung von Prozessen, Objekten, Menschen und Systemen und bietet vernetzte Technologie- und Serviceangebote für die digitale Transformation.

Ein aktuelles Highlight der Forschung und Entwicklung des Leistungszentrums ist eine Anwendungslösung für hoch performante, robuste und sichere Kommunikation in der Fabrik durch optische drahtlose Datenkommunikation mit sichtbarem Licht. Am Bei-

Der Mensch im Mittelpunkt

spiel einer miniaturisierten Produktionshalle wurde demonstriert, wie die digitale Vernetzung mehrerer Transportsysteme und Werkzeugmaschinen mittels optischer Drahtlostechnik die hohen Anforderungen im industriellen Umfeld effizient bedienen kann.

► Datenkommunikation mit sichtbarem Licht

»Optical Wireless Communication – OWC« bietet eine zukunftsfähige Alternative zu funkbasiertem WLAN. OWC nutzt Licht anstelle von Funk als drahtloses Medium und gewährleistet hohe Übertragungsgeschwindigkeiten mit geringer Latenz und hoher Bandbreite. OWC ist immun gegen elektromagnetische Störungen oder Interferenzen mit anderen Funknetzen. Die drahtlose Datenkommunikation mit Licht kann mittels multiple-input multiple-output (MIMO)-Konzepten erweitert werden und ist so bestens geeignet für den Einsatz als Kommunikationslösung für zukünftige Fabriken oder als robuste Industrie 4.0 Kommunikation im Bestand. Die in Fabrikhallen installierte Beleuchtungsinfrastruktur auf Basis von LEDs kann sehr einfach um die neue Datenübertragungsfunktionalität erweitert und für den Aufbau robuster, sicherer drahtloser Kommunikationsnetze genutzt werden.

► Effizienzsteigerung in der Produktion

Durch die Digitalisierung industrieller Produktionsprozesse werden Produktivitätssteigerungen und eine höhere Flexibilität bei der Herstellung immer individuellerer Produkte in kleiner werdenden Stückzahlen erzielt. In der digital integrierten Produktion im Sinne von Industrie 4.0 sind alle beteiligten Prozesse, Produktionsmittel und Produkte miteinander vernetzt. Maschinen und Betriebsmittel tauschen miteinander



In der miniaturisierten Produktionshalle wird demonstriert, wie die digitale Vernetzung mehrerer Transportsysteme und Werkzeugmaschinen mittels optischer Drahtlostechnik funktioniert.

der Daten aus und steuern autonom Fertigungsschritte. Die robuste, leistungsfähige, drahtlose Kommunikation in der Fabrik ist hierfür eine wichtige Voraussetzung. Bisherige funkbasierte Lösungen stoßen aufgrund von Interferenzen und Reflexionen in der Produktion an ihre Grenzen. Der Demonstrator des Leistungszentrums zeigt, dass mit drahtloser Datenkommunikation über Licht eine neue Kommunikationsplattform für den industriellen Einsatz geschaffen werden kann. Produktionsabläufe können flexibel aufeinander reagieren, Mitarbeitende informieren und sie in Entscheidungsprozesse einbeziehen. Große Datenmengen von und zu Maschinen und Prozessen können in Echtzeit übertragen werden. Die Steuerung von Anlagen sowie die Überwachung und Optimierung von Prozessen über eine

Cloud werden möglich. Dies bildet die Basis für daten- und wissensorientierte Dienstleistungen im Rahmen zukünftiger neuer Geschäftsmodelle in der produzierenden Industrie.

► Preisgekrönter Demonstrator

Der Demonstrator wurde erstmals auf der HMI 2019 präsentiert und beeindruckte nicht nur die Messebesucherinnen und -besucher: Auch die Jury der Think Tank Awards der Fraunhofer-Gesellschaft wurde auf das Exponat aufmerksam. So konnte das Team des Leistungszentrums am Ende der Messe einen der Preise für die besten Exponate auf den Fraunhofer-Gemeinschaftsständen mit zurück nach Berlin bringen. In Zukunft soll der Demonstrator auch interessiertem Publikum am Leistungszentrum gezeigt werden. ■



Glückliche Gewinner: Das LZDV-Team belegte den dritten Platz der Fraunhofer Think Tank-Awards

Fraunhofer-Leistungszentrum »Digitale Vernetzung«

Im Leistungszentrum bündeln die vier Fraunhofer-Institute FOKUS, HHI, IPK und IZM ihre Kompetenzen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Datenverarbeitung, Produktion und Mikroelektronik am Standort Berlin. Erst durch diese Zusammenarbeit der verschiedenen Fachdomänen lässt sich das Potenzial und der Mehrwert der digitalen Vernetzung als integrierte Gesamtlösung der Teilsysteme in der Produktion erschließen. Ziel ist es, in den Forschungsschwerpunkten Internet of Things, Cyber Physical Systems, Industrie 4.0 und 5G-Technologien Synergieeffekte zu nutzen und mit Technologien und Lösungen Unternehmen bei der digitalen Transformation zu unterstützen. Das Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« wird vom Land Berlin mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und durch die Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

Ihre Ansprechpartner

Eckhard Hohwieler
Telefon +49 30 39006-121
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

Felix Fehlhaber
Telefon +49 30 39006-226
felix.fehlhaber@ipk.fraunhofer.de

Digitale Prozessmodelle für die Fertigung

Ein Democenter in China zeigt leistungsfähige Lösungen

An moderne Fertigungssysteme werden immer höhere Erwartungen gerichtet. Die Systeme sollen auftragsindividuelle Produkte fertigen, Produktionskapazitäten dynamisch kommunizieren und sich möglichst einfach mit bestehenden Systemen verknüpfen lassen. Die einzelnen Maschinen werden so zunehmend zu Serviceanbietern in einer nicht länger linearen Produktionskette. In der Konsequenz gewinnen Softwareschnittstellen und die übergeordnete Fertigungssteuerung an Bedeutung. Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden, ohne dass der Planungs- und Entwicklungsaufwand überproportional steigt, bedarf es moderner Engineeringssysteme.

Im Rahmen des Sino-German Intelligence Manufacture Research Institute (SGIMRI) zeigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPK auf, wie sich Anlagenplanung, -engineering und -betrieb auf Basis eines durchgehenden Prozessmodells umsetzen lassen. Die Leistungsfähigkeit dieser Lösung demonstriert das Projektteam im SGIMRI-Democenter in Nanjing, China. Mobile Roboter transportieren hier Material

zwischen den unterschiedlichen Systemen innerhalb einer Modellfabrik. Sie versorgen so Werkzeugmaschinen, robotergestützte Bearbeitungsstationen sowie Handarbeitsplätze, um die verkettete Fertigung von Zahnradern zu demonstrieren.

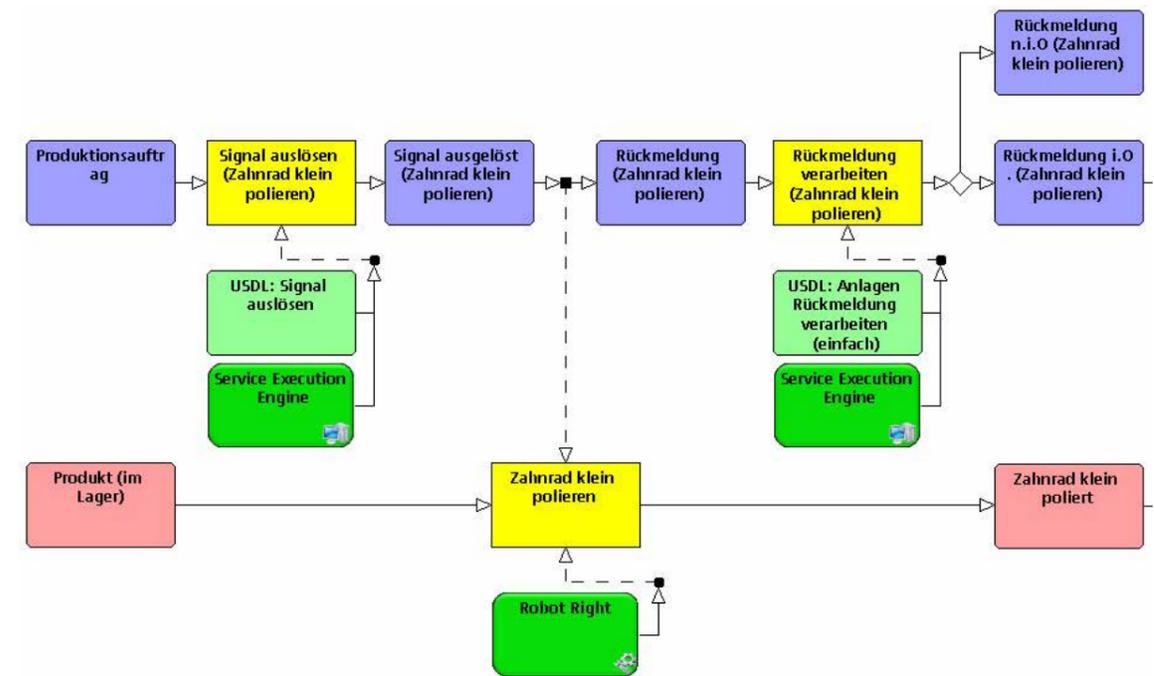
► Flexible cyber-physische Dienste

Die flexible Verkettung der Produktionssysteme steht dabei im Kontrast zu bisherigen,

monolithischen Systemarchitekturen. Statt des kompletten Fertigungsprozesses werden innerhalb der dienstbasierten Architektur einzelne Maschinen als cyber-physische Systeme dargestellt. Jedes System stellt dabei Fertigungs- oder Logistikdienste zur Verfügung, welche von den Produkten individuell in Anspruch genommen werden können. Schnittstellen auf Basis des Unified Architecture Standards der OPC Foundation (OPC UA) erlauben der übergeordneten Ablaufsteuerung Zugriff auf die Maschinendienste. Der Standard ermöglicht es, die angebotenen Dienstleistungen mit semantischen, maschinenlesbaren Informationen auszustatten. So kann die Ablaufsteuerung geeignete Dienstleister für spezifische Aufgaben identifizieren, mit den notwendigen Informationen versorgen und beauftragen. Dabei schwimmt zunehmend die Grenze



Rendering der flexiblen Produktionskette im SGIMRI-Democenter



Prozessmodell für das robotergestützte Polieren von Zahnradern

zwischen physischen und digitalen Dienstleistungen. Die Bearbeitung des Bauteils in einer Fertigungsmaschine wird über die gleiche Schnittstelle angefordert wie die cloud-basierte Auswertung eines Kamerabildes, um Parameter für eine Roboterbewegung zu ermitteln.

► MO²GO – ein Prozessmodell für alle Lebensphasen

Das zentrale Element für die intelligente Orchestrierung der Dienste stellt das am Fraunhofer IPK entwickelte Softwaresystem zur Unternehmensmodellierung MO²GO dar. In MO²GO werden die Strukturen, Leistungen, Prozesse und Daten eines Unternehmens in einem konsistenten Modell abgebildet und zielgerichtet zur Verfügung gestellt. Die methodische Basis dafür bildet die Integrierte Unternehmensmodellierung (IUM). Die Modelldarstellung enthält nur wenige Elemente und ist dadurch transparent und gut verständlich. Aufträge (Blau) steuern Dienste (Gelb) an. Die Dienste sind mit den eigentlichen Ressourcen (Grün) verbunden. Je nach Art der angebotenen Leistung wird ein Auftrag oder ein Produkt (Rot) durch den Prozess manipuliert.

Alle relevanten Informationen, die für prozessorientierte Aufgaben wichtig sind, wie

die Ausführung von Fertigungsabläufen, können im Modell hinterlegt und für die Ausführung genutzt werden. Der Anwender definiert seine Produkte, Aufträge und Ressourcen. Er verwendet diese zur Definition von Unternehmensstrategien, der Realisierung von Managementsystemen oder der Planung von Unternehmensarchitekturen. MO²GO und die zugrunde liegende Methodik erlauben eine aufgabenorientierte Verfeinerung des Modells. So bleibt der Überblick bei gleichzeitiger Abbildung von komplexen Strukturen gewahrt.

► Komplexe Prozesse – einfache Integration

Eine dienstbasierte Architektur bietet eine Reihe von Vorteilen. So erlaubt die Modularisierung der Systeme eine hohe Wiederverwendbarkeit einzelner Funktionsbausteine. Hierdurch wird die Austauschbarkeit der Module gewährleistet und das Testen der spezifizierten Funktionalität verbessert. Im Rahmen des SGIMRI-Projektes ermöglicht dies unter anderem, die Transportroboter in den regelmäßigen Ladepausen durch ein verfügbares Modell zu substituieren. Die softwareseitige Abstraktion stellt zudem sowohl die Integration als auch die Austauschbarkeit unterschiedlicher Hersteller sicher. Sollen

weitere Maschinen eines anderen Herstellers zum Einsatz kommen, müssen diese lediglich mit der OPC UA-Schnittstelle versehen werden. Da sich der Funktionsumfang der einzelnen Schnittstellen in Grenzen hält, können diese vor dem Einsatz robust getestet werden, ohne die aktive Fertigung zu beeinflussen. Das Prozessmodell kann anschließend ohne Änderung mit den neuen Maschinen arbeiten. Der Preis für diese Flexibilität ist eine weitere Abstraktionsschicht, die das Zusammenspiel der Dienste orchestriert. Der Einsatz des integrierten MO²GO-Prozessmodells erlaubt es, diese Abstraktionsschicht auf Basis der vorhandenen Planungsdaten automatisiert zu erstellen. So können dienstbasierte Architekturen auch für komplexe Produktionsprozesse erfolgreich umgesetzt werden. ■

Ihre Ansprechpartner

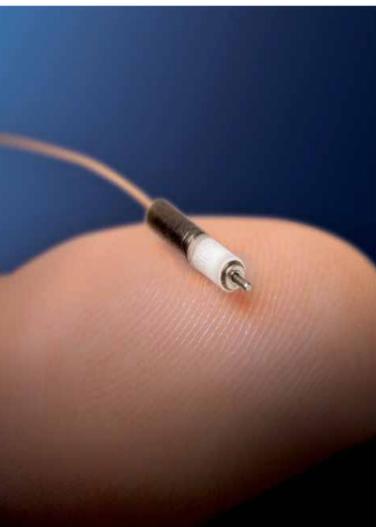
Oliver Heimann
Telefon +49 30 39006-327
oliver.heimann@ipk.fraunhofer.de

Jan Torka
Telefon +49 30 39006-156
jan.torka@ipk.fraunhofer.de

Kleine Wunder

Einzel- und Kleinstserienfertigung miniaturisierter Systeme

Miniaturisierte Systeme sind fester Bestandteil der modernen Produktwelt. Sowohl im B2B-Sektor als auch im B2C-Sektor erfahren sie hohe Umsatzsteigerungen. Hauptmärkte und -branchen sind derzeit die Medizintechnik, die Analytik und die Messtechnik. In den nächsten Jahren sind besondere Steigerungsraten in den Bereichen der personalisierten Medizin, der Landwirtschaft, der Umwelttechnik sowie in den vielfältigen Anwendungen für den Consumermarkt zu erwarten. Wie können fertigende Unternehmen die steigende Nachfrage bedienen?



Miniaturisierte Antriebe (links) stehen für unterschiedliche Anwendungen zur Verfügung. Beispielsweise werden miniaturisierte Stellmotoren patientenspezifische Lösungen wie diese Greifprothese (rechts) optimieren. (© Faulhaber)

Sogenannte miniaturisierte Systeme sind nicht zu verwechseln mit klassischen Mikrosystemen. Unter Mikrosystemen versteht man üblicherweise Systeme mit einem Volumen von etwa einem Kubikzentimeter, in die unterschiedliche Funktionen zur Sicherstellung einer gewünschten Funktionalität integriert werden. Miniaturisierte Systeme hingegen sind verkleinerte funktionelle Versionen bestehender makroskopischer Systeme. Sie funktionieren anwendungssicher und reproduzierbar genauso wie ihre großen Gegenparts, aber auf einem wesentlich kleineren Raum.

Die Miniaturisierung erweitert das Anwendungsspektrum bestehender Prinzipien für neue Märkte und Branchen. Mit ihrer Hilfe

können Geräte mobiler, handlicher und einfacher bedienbar gestaltet werden. Diese großen Vorteile werden in naher Zukunft mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu einer steigenden Nachfrage an großen Stückzahlen von Miniaturen führen. Eine stärkere Automatisierung der Produktion wird damit eine wirtschaftlich attraktivere Alternative, um die Kosten für die Produktion pro Einheit zu senken.

Eine solche Miniaturisierung stellt die Hersteller vor einige Herausforderungen. Bereits in den Phasen der vorwettbewerblichen Forschung und Entwicklung sowie der prototypischen Produktion sind signifikante Unterschiede zu bisherigen Produkt- und Produktionsansätzen zu berücksichtigen.

Am Ende dieser Phase soll die Überführung von erarbeitetem Wissen in zukünftige Produktionsprozesse stehen, die durch ein sehr hohes Maß an Digitalisierung und Nutzung von Algorithmen zur Produktionsoptimierung geprägt sind (*sehr anschaulich im Projekt Clous, das auf Seite 8 vorgestellt wird*).

► Digitalisierung in der Montage

Vor allem die Hersteller von Messgeräten, Geräten für die Medizintechnik und Ausrüstungen für die Raumfahrt begleiten schon seit längerer Zeit Produktionsprozesse konsequent digital. Dies dient einerseits dazu, bestimmte Produkte rückverfolgbar zu machen. Andererseits soll die Abhängigkeit vom Wissen einzelner Mitarbeiter dahingehend minimiert werden, dass Expertise

erfordernde Prozessschritte durch adäquate Beschreibung und Nutzerleitung auch von Nicht-Experten ausgeführt werden können. Diese Prozesse werden derzeit sehr häufig in Form einer »hochgezüchteten Manufaktur« von Spezialisten ausgeführt. In Zukunft soll ihre Komplexität auf das Niveau einer angepassten, aber »normalen« Ausbildung reduziert werden.

Die Produktion miniaturisierter Bauteile hängt besonders von Montageprozessen ab. Anwendungen, bei denen Einzel- oder Kleinstserienfertigung die Norm ist, sollten so gestaltet werden, dass sie für Produktfamilien flexibel einsetzbar sind und mit minimalem Montageaufwand das gewünschte Ergebnis erzielen. Ziel seitens des jeweiligen Produktes ist die Funktionssicherheit. Zielgrößen der Montageprozesse sind zum Beispiel die relative Genauigkeit der Position der Komponenten, die absolute Genauigkeit der Position von Komponenten zu Bezugsstrukturen, sowie die Engineering- und Implementierungskomplexität des Montageprozesses, des Montageequipments und der erforderlichen Mess- und Kontrollprozesse.

► Fallstudie Spektrometer

Ein Team am Fachgebiet Mikro- und Feingeräte des IWF der TU Berlin exerzierte die Anforderungen an die Einzel- und Kleinstserienfertigung miniaturisierter Systeme am Beispiel eines miniaturisierten Spektrometers durch. Dieses wird für die Detektion bestimmter chemischer Substanzen in Flüssigkeiten eingesetzt. In der Fallstudie werden wichtige Fragestellungen aufgeworfen und zumindest schon teilweise beantwortet, die im digitalisierten Montageprozess zu lösen sind.

Die Hauptforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler besteht darin, dass die Funktionalität des Spektrometers ohne zeitaufwendige Kontrollvorgänge im Produktionsprozess sichergestellt wird. Das Spektrometer selbst besteht zwar aus wenigen Komponenten, aber es werden höchste Ansprüchen an die relative Genauigkeit der



Miniaturisiertes Spektrometer

Position der optischen Elemente Lichtquelle, Filter, Gitter und Spiegel gestellt. Darüber hinaus muss das aus den vorgenannten Elementen bestehende Subsystem in Relation zum Detektor justiert werden. Wenn man bedenkt, dass theoretisch jedes Element in jeweils drei Richtungen translatorisch und rotatorisch Fehlstellungen aufweisen könnte, heißt das, dass allein aus dem Montageprozess 65 voneinander unabhängige Fehlereinflüsse resultieren können. Diese potenziellen Fehler sollen durch geeignete Maßnahmen vermieden werden, um den Prozess reproduzierbar zu beherrschen. In der genannten Fallstudie wählte das Forscherteam hierfür eine Kombination der folgenden vier Ansätze: Erstens ist es gelungen, zwei der Elemente in einer Komponente zu vereinen. Zweitens trägt die Nutzung klassischer passiver und aktiver Positionierhilfen in Form von Markierungen und Vorrichtungen zur Reduktion der Fehlermöglichkeiten bei. Drittens wird die abschließende Funktionsprüfung mit einem für die Hauptkomponente »Detektor« optimierten Korrekturzyklus unter Fixierung sämtlicher vorangehender Einflüsse eingesetzt. Viertens unterstützt eine auf den späteren Produktionsprozess adaptierbare Datenbank den situationsgerechten Einsatz des Korrekturzyklus. Die Datenbank verknüpft Fehlermerkmale mit deren Abhilfemaßnahmen und kann damit direkt für Maßnahmen zur Funktionssicherung eingesetzt werden.

Erkennbare Herausforderungen beim Transfer des grundsätzlichen Vorgehens zur Prozessoptimierung bestehen in der Datenerhebung für die notwendige Datenbank. Dieses erfordert in bestehenden manuell geprägten Prozessen insbesondere die Mitwirkung der Beteiligten. Es konnte jedoch am Beispiel der Produktion von Thermographie-Kameras nachgewiesen werden, dass der Einsatz der umfangreichen Analyse bestehender Daten und die damit verbundene Erweiterung der Datenbasis unter Beachtung der vorgegebenen Zielgrößen von Prozess und Produkt zu einer deutlichen Steigerung der Funktionssicherheit miniaturisierter Systeme führen. ■

Ihre Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Dirk Oberschmidt
Telefon: +49 30 314 22006
dirk.oberschmidt@tu-berlin.de

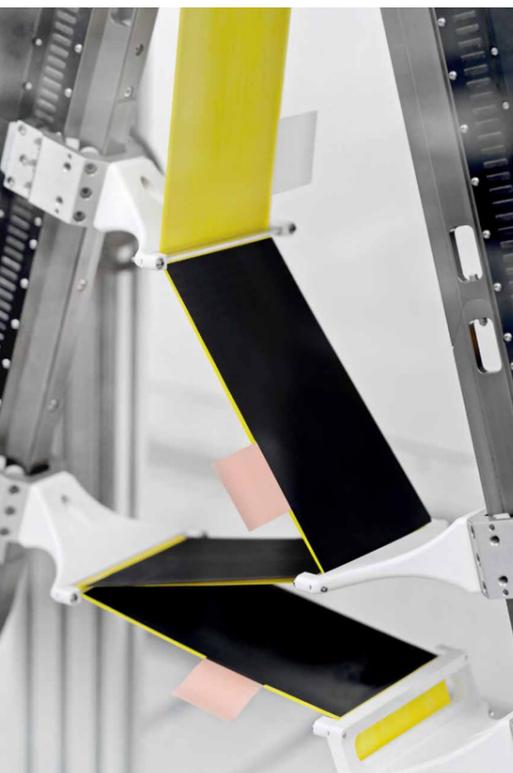
Prof. Dr.-Ing. Franz Dietrich
Telefon: +49 30 314 22014
f.dietrich@tu-berlin.de

Der Mensch im Mittelpunkt

Batteriezellen 2,5 mal effizienter produzieren

Kontinuierliche z-Faltung steigert den Durchsatz für Unternehmen

»Wir haben das Ziel, bis zum Jahre 2030 rund 30 Prozent der weltweiten Nachfrage nach Batteriezellen aus deutscher und europäischer Produktion zu beliefern«, so Bundesminister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier in einem Pressestatement bei der Vernetzungskonferenz Elektromobilität im November 2018. Um die hohen Kosten der Batteriezellen zu verringern und so diesem Ziel näher zu kommen, suchen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam nach effizienteren Produktionsmethoden. Mit dabei sind Forscherinnen und Forscher des IWF der TU Berlin.



Funktionsdemonstrator der patentierten z-Faltung von Bandmaterialien (© TU Berlin/Arne Glodde)

Lithium-Ionen-Batteriezellen sind Schlüsselemente der Elektromobilität und ein Hauptkostenfaktor für Elektrofahrzeuge. Bei diesen entfallen ungefähr 40 Prozent der Wertschöpfung auf die Batterie, wobei davon allein bis zu 80 Prozent die Batteriezellen ausmachen. Die hohen Kosten der Batteriezellen werden unter anderem durch die derzeit ineffiziente Produktion verursacht. Ein neues an der TU Berlin entwickeltes Produktionsverfahren, die sogenannte kontinuierliche z-Faltung, verringert Zeit und Kosten der Herstellung. Damit können Lithium-Ionen-Akkus in Zukunft günstiger und schneller produziert werden.

Batteriezellen für E-Autos bestehen aus Elektroden-Separator-Verbänden, also dünnen Elektrodenfolien und extrem dünnen dazwischenliegenden Separatorfolien aus Kunststoff. Sie werden in Form einer Z-Struktur in der Batterie angeordnet. Diese Anordnung ermöglicht eine sehr hohe Energiedichte im Vergleich zu anderen Verbundbauweisen, sodass E-Autos möglichst viel Energie aus einer Batterieladung ziehen und dementsprechend weit gefahren werden können, bis die Batterie wieder geladen werden muss.

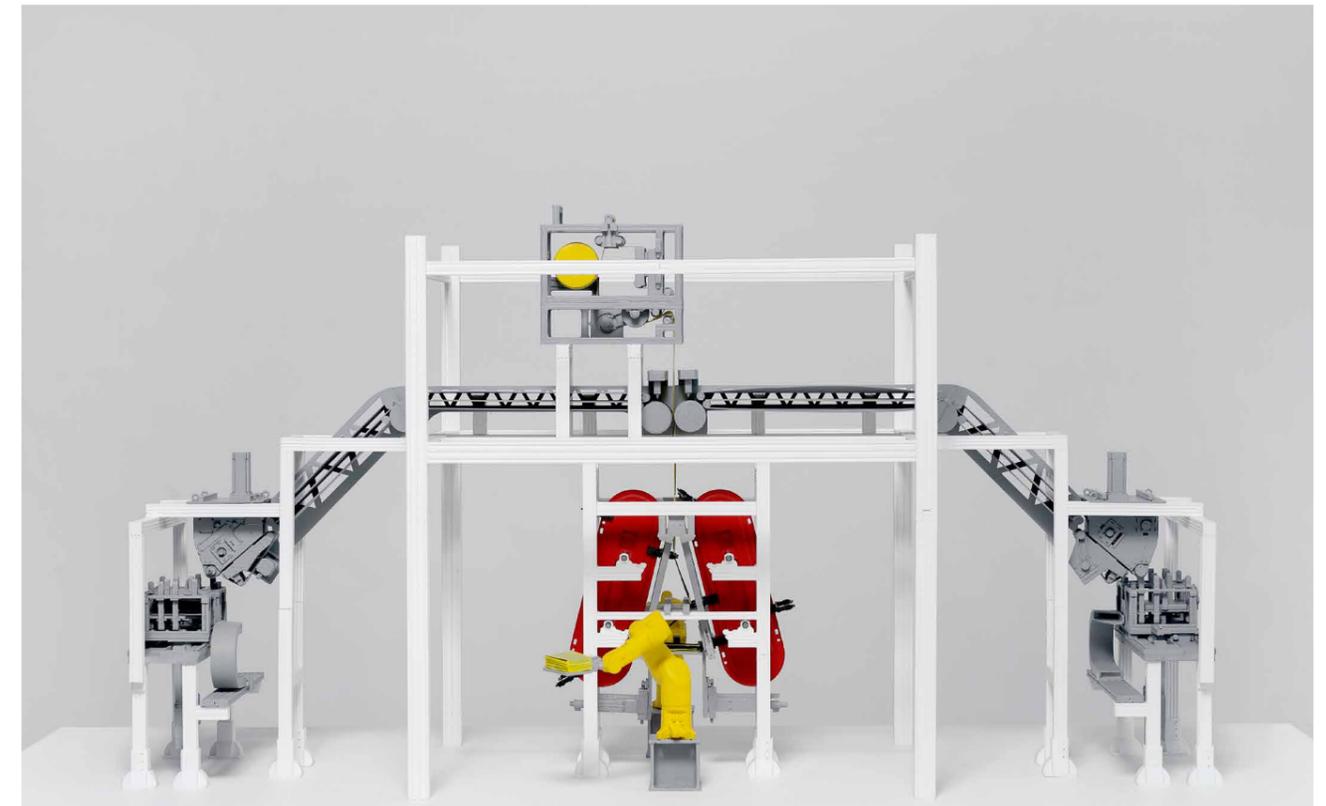
Bisherige Verfahren der Herstellung dieser Batterien beinhalten »Pick-and-Place«-Bewegungen. Dabei setzen Roboter die Elektroden- und Separatorfolien durch Aufgreifen und Positionieren Stück für Stück aufeinander.



In der Natur dieses Vorgangs liegen zeitraubende Bewegungen und Stillstände, wenn die Robotersysteme vor- und zurückfahren. Die benötigte Zeit führt zu einer Durchsatzlimitierung und so zu einem kostentreibenden Prozessschritt in der Batteriezellenproduktion.

Am IWF der TU Berlin haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Verfahren entwickelt, das durch eine kontinuierliche Materialbewegung Stillstandzeiten im Verfahrensablauf vermeidet und dadurch eine Durchsatzsteigerung im Vergleich zum internationalen Stand der Technik um rund 150 Prozent erreichen soll. Das bedeutet, dass in der Zeit, in der heute 100 Batterien produziert werden, in Zukunft mit dem neuen Verfahren 250 Batterien hergestellt werden könnten. Der Einsatz von Transportsystemen mit linear umlaufenden Greifern erlaubt eine kontinuierliche Faltenerzeugung. Die Elektroden liegen dabei als zugeschnittene Folien und die Separatorfolie als Bandmaterial vor.

Das Forschungsprojekt mit dem durch das Zentrum für geistiges Eigentum der TU Berlin patentierten Verfahren befindet sich



Miniaturmodell des Demonstrators zur durchsatzgesteigerten Batteriezellproduktion (© TU Berlin/Arne Glodde)

momentan in einer Demonstrationsphase. In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt KontiBAT wird aktuell ein Demonstrator entwickelt, der das Funktionsprinzip der kontinuierlichen Z-Faltung belegt. Der im Test befindliche Demonstrator stellt am Projektende mit der anvisierten Durchsatzsteigerung eine Sprunginnovation für den Markt der Batteriezellproduktion dar.

Nach Projektende soll der Demonstrator mit Praxispartnern im Anlagenbau, der Systemintegration und Zellherstellung zu einem seriennahen Prototyp weiterentwickelt werden. Das Projektteam sucht aktuell nach Kooperationspartnern aus der Industrie, um die Innovation gemeinsam weiter in die Anwendung zu überführen, als auch aus der Wissenschaft, um das Verfahren in einem Folgeprojekt weiterzuentwickeln und auf andere Anwendungsgebiete zu übertragen. Für Fragen zur Lizenzierung steht das Zentrum für geistiges Eigentum der Technischen Universität Berlin zur Verfügung. ■

**DIE NEUE
HIGHTECH
STRATEGIE**
Innovationen für Deutschland

GEFÖRDERT VOM

 **Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Danksagung

Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), welches das Projekt »KontiBAT« (Förderkennzeichen 03VP01480) im Rahmen der Förderbekanntmachung »Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+« fördert.

Ihre Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Franz Dietrich
Telefon: +49 30 314 22014
f.dietrich@tu-berlin.de

Muhammed Aydemir
Telefon: +49 30 314 79285
aydemir@tu-berlin.de

Der Mensch im Mittelpunkt

Bauteile per App identifizieren

KI-unterstützte Bildverarbeitung auf dem Smartphone

Die neuesten Technologien in der digitalen Bildverarbeitung machen möglich, was vor ein paar Jahren noch undenkbar war: Computer erkennen Objekte mittlerweile mit höherer Präzision als der Mensch. Die Werkzeuge aus der Grundlagenforschung müssen jedoch erst fit gemacht werden für die Industrie. Am Fraunhofer IPK wird das Potenzial von neuronalen Netzen in der Bildverarbeitung erforscht und erfolgreich angewendet.

► KI im Alltag

Sie ist das aktuelle Thema der Stunde: Künstliche Intelligenz. Viele Methoden, die auf ihr beruhen, finden sich bereits im alltäglichen Leben wieder. Zu den bekanntesten Produkten im Bereich der intelligenten Spracherkennung zählen Apples Siri und Amazons Alexa. Aber auch in der Bildverarbeitung halten Methoden der KI Einzug. Die Reiseplattform Kayak analysiert beispielsweise Hotelbilder, damit Nutzer nach Kriterien wie der Zimmeraussicht suchen können. Die hierbei verwendeten neuronalen Netze zählen zu den Methoden der künstlichen Intelligenz und weisen großes Potenzial für die Anwendung bei der Bildverarbeitung auf.

► Kein Lernen ohne Daten

Gerade im Bereich logistischer Prozesse besteht ein großer Bedarf an intelligenten, bildgestützten Lösungen. Eine zentrale Aufgabe ist die Beantwortung der Frage »Was ist auf dem Bild zu sehen?«. Durch standortübergreifende Produktion und Zulieferfirmen steigt der logistische Aufwand für produzierende Unternehmen kontinuierlich an. Nicht selten werden am Wareneingang lose Einzelteile ohne Verpackung, ohne Typenschilder oder ohne Barcodes vorgefunden. Die Wiedererkennung dieser Objekte ist nur mit Expertenwissen oder manueller, zeitaufwändiger Suche möglich. Zur Unterstützung dieser Prozesse ist es notwendig, die betreffenden Objekte zu digitalisieren. Vor allem bildhafte Daten, aber auch Informationen über das Objektgewicht oder das Verpackungsvolumen sind einfach zu erfassende Informationen, die aber für logistische Anwendungen essenziell sind. Am Fraunhofer IPK wurde für diese Aufgabe der Logic.Cube entwickelt. Die Objekte werden in die würfelförmige Vorrichtung gelegt und dort mit bis zu neun Industriekameras zeitgleich aufgenommen. Das so entstandene Bilderset kann durch Bildverarbeitungsalgorithmen dazu genutzt werden, um die äußeren Abmaße, also das Verpackungsvolumen, automatisiert zu bestimmen. Eine integrierte Waage vermisst das Objektgewicht bis auf ein Gramm genau.



Der Logic.Cube dient als Erfassungs- und Wiedererkennungssystem in industriellen und logistischen Prozessen.

Mithilfe der so erfassten Daten kann ein KI-basiertes Assistenzsystem bei der Teilwiedererkennung unterstützen. Auf Grund der hohen Anzahl an zu unterscheidenden Teilen, der hohen Vielfalt, aber auch der starken Ähnlichkeit braucht es robuste Methoden zur Wiedererkennung.

► Von der Forschung in die Fabrik

Sogenannte Convolutional Neural Networks (CNNs) sind neuronale Netze, die speziell für die Bildverarbeitung entwickelt wurden. In der Grundlagenforschung sind sie aktuell die erfolgreichsten Werkzeuge für Klassifikations- und Detektionsaufgaben. CNNs gehören im Bereich des Maschinellen Lernens zu den Methoden des überwachten Lernens. Sie benötigen Trainingsdaten, auf deren Grundlage sie spezielle Muster erlernen können. Die bedeutet in der praktischen Anwendung, dass für jedes Objekt, das wiedererkannt werden soll, bereits bildhafte Daten existieren müssen. Zusätzlich muss gekennzeichnet sein, welches Objekt auf dem Bild zu sehen ist. Üblicherweise werden diese großen Netzstrukturen mit hunderten von Bildern für jedes Objekt angelernt. In industriellen Anwendungen stellt das Sammeln und Kennzeichnen solch großer Datenmengen jedoch einen hohen Kostenfaktor dar. Mit Techniken wie dem Transfer Learning (gezielte Anwendung von Vorwissen) oder der Data Augmentation (künstliche Erweiterung der eigenen Daten) können mit bereits wenig Trainingsdaten gute Wiedererkennungsraten erzielt werden. Somit dient das neuronale Netz anfänglich als Assistenzsystem, das den Suchbereich für unbekannte Teile stark einschränkt. Mit jeder Wiedererkennung entstehen jedoch mehr Bilder, die gespeichert werden und so das System durch erneutes Training stetig verbessern. Die Kosten für das Sammeln und Kennzeichnen von Trainingsdaten können somit stark verringert werden.



Die österreichische Bundesministerin für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort Dr. Margarete Schramböck lässt sich die App für die Bauteilewiedererkennung demonstrieren.

► Flexibilisierung durch Cloud-Dienste

Nicht immer ist ein fester Standort für Identifikationssysteme wie den Logic.Cube aus Platzgründen möglich oder wirtschaftlich. Deshalb verwendete das Fraunhofer IPK-Team die grundlegende Bildverarbeitungsmethode dieser Technologie als Basis, um eine flexiblere, einfacher anwendbare und günstigere Alternative zu entwickeln: eine App.

Eine cloudbasierte Client-Server-Architektur ermöglicht es, Bilder eines unbekanntes Objekts mit einem mobilen Endgerät aufzunehmen. Anschließend wird das Foto mit der speziell dafür entwickelten Smartphone-App an einen Server gesendet. Hier erstellt ein CNN auf Grundlage des gesendeten Bildes eine sortierte Vorschlagsliste, die zur Einschränkung des Suchbereichs dient. Diese Liste wird anschließend an den Anwender zurückgesendet. Durch die serverseitige Auslagerung der Bildverarbeitung können auch Tablets oder Laptops mit Webcam als mobiles Endgerät genutzt werden.

Die Qualität der Bildaufnahme spielt hierbei eine entscheidende Rolle. So variieren die Wiedererkennungsgenauigkeiten der Objekte je nachdem, ob sie klar zu erkennen und gut beleuchtet sind oder ob sie teilweise verdeckt wurden. Der Nutzer oder die

Nutzerin bekommt somit auch ein Gefühl für das Verhalten der KI.

Der Fokus für zukünftige Arbeiten liegt weiterhin darauf, das Potenzial für Künstliche Intelligenz in der Bildverarbeitung aufzuzeigen und für Produktions- und Logistikprozesse nutzbar zu machen. Dabei sollen auch für Nicht-Fachleute diese Methoden verständlich gemacht werden, um die Akzeptanz für die Nutzung von KI-Methoden zu stärken. ■

99,44 %



88,45 %



47,67 %



Je nachdem wie der Anwender das Objekt fotografiert, ändern sich die Wiedererkennungsraten des CNNs.

Ihr Ansprechpartner

Jan Lehr

Telefon: +49 30 39006-483

jan.lehr@ipk.fraunhofer.de

Digitaler Goldstaub

Mit Blick auf China, Japan und USA, die laut einer Studie von Boston Consulting aus dem Jahr 2018 auf dem Gebiet Künstliche Intelligenz (KI) schon lange kräftig aufrüsten, ist in Europa Aufwachen angesagt. Einen Weckruf startet daher Prof. Jörg Krüger, Leiter des Fachgebiets Industrielle Automatisierungstechnik am IWF der TU Berlin und Bereichsleiter Automatisierungstechnik am Fraunhofer IPK. Der Automatisierungsexperte sagt: »Wir müssen einfachere Strukturen der Automatisierung schaffen, mit denen sich die Komplexität maschineller Lernverfahren besser verstehen und beherrschen lässt.«



Prof. Jörg Krüger leitet das Geschäftsfeld Automatisierungstechnik am Fraunhofer IPK und das Fachgebiet Industrielle Automatisierungstechnik am IWF der TU Berlin.

Herr Professor Krüger, wie und wann hatten Sie Ihren ersten Kontakt zu KI?

Jörg Krüger: Das geschah 1992, als ich mich mit künstlichen neuronalen Netzen bei der Diagnose von Werkzeugmaschinenachsen beschäftigte. Heute bin ich fasziniert von den enormen Fortschritten durch Deep Learning (Teilbereich des Machine Learning, der neuronale Netze und große Datenmengen nutzt, Anm. des Autors) und Convolutio-

nal Neural Networks (laut Wikipedia ein von biologischen Prozessen inspiriertes Konzept im Bereich des maschinellen Lernens, Anm. des Autors), die zum Teil die menschlichen Fähigkeiten in der Muster- und Bildererkennung bei der Verarbeitung von Audio- und Videodaten bereits übertreffen.

Prof. Armin Grunwald, Leiter des Büros für Technologiefolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), hat ein Buch veröffentlicht mit dem Titel »Der unterlegene Mensch: Digitalisieren wir uns mit Algorithmen, künstlicher Intelligenz und Robotern selbst weg?«. Was halten Sie von den pessimistischen KI-Ansichten des Autors?

Jörg Krüger: Ich verstehe seinen skeptischen Blick auf die teilweise Undurchschaubarkeit dieser Systeme, denn deren Komplexität nimmt weiter zu. Wir müssen einfachere Strukturen der Automatisierung schaffen, mit denen sich die Komplexität maschineller Lernverfahren besser verstehen und beherrschen lässt. Es geht darum, ob Produzenten einem lernenden System soweit vertrauen können, dass sie es in der Produktion »scharf schalten«. Weil sich Aus- und Weiterbildung aber oft nicht schnell genug an diese schnelle Entwicklung in der Forschung anpassen, gelingt es uns nur mit erheblicher Verzögerung, entsprechende Fähigkeiten zur Beherrschung der Komplexität aufzubauen und Vertrauen in diese neuen Technologien zu schaffen. Das

alles schürt natürlich die Vorstellung, dass der Mensch irgendwann unterliegt.

Und dann steht der Produzent vor einem Big Data-Gebirge. Wie geht er damit um?

Jörg Krüger: Es kommt sehr darauf an, um welche Art von Daten es sich handelt und welche Zielsetzung der Produzent verfolgt. So ging es einem Anwender darum, per Bildererkennung 50.000 bis 60.000 Teile in einem Lager zu erkennen und zu verwalten. Bisher übernimmt ein Lagerarbeiter die Arbeit, bei der er die Teile anhand eines Kataloges identifiziert und sortiert. Wir ließen von jedem Teil nur eine begrenzte Anzahl von Aufnahmen machen, die zum Erfassen einer neuronalen Netzstruktur eigentlich nicht ausreichen. Doch wir stellten fest, dass sich mit vortrainierten Netzen auf Basis nichtindustrieller Bilddaten in Kombination mit wenigen industriellen Bauteildaten schon früh akzeptable Erkennungsquoten für Assistenzfunktionen erzielen lassen.

Das KI-System arbeitet dann als halbautomatischer Assistent, der dem Lagerarbeiter jeweils die fünf wahrscheinlichsten Teile anzeigt. Dank dieser Assistenz arbeitet er nun deutlich effizienter und genauer. Das funktioniert aber nur, wenn man die Prozesse sehr genau kennt. Daher lautet meine Botschaft: Nicht nur in Hard- und Software investieren, sondern auch systematisch das so genannte Domänenwissen der Produkti-

oner nutzen. Menschen müssen außerdem lernen, Vorgänge in der Fabrik zu bewerten und zu entscheiden, welche Aufgaben die KI übernimmt. Generell ist das Einbeziehen des Domänenwissens aus der Produktion elementar, um neue Wertschöpfungspotenziale schnell und systematisch zu identifizieren.

Clevere Assistenz ist ein Aspekt, was hat KI noch zu bieten?

Jörg Krüger: Die in den Firmen erzeugten Daten sind für mich digitaler Goldstaub. Viele Unternehmen sind sich aus meiner Erfahrung noch nicht bewusst, welche Wertschöpfungspotenziale sie damit erschließen können. Die Werkzeuge für das maschinelle Lernen werden immer leistungsfähiger. In der Produktion sollten wir nun systematisch die Daten und das Domänenwissen verbinden, um die Prozesse weiter zu verbessern und effizienter zu werden. Dieses Thema möchte ich mit den Kollegen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP) forciert angehen. Wir sollten zum Beispiel unseren Fokus nicht wie früher auf die Erhöhung der Erkennungsquoten mithilfe von maschinellen Lernverfahren richten, sondern einerseits systematischer als bisher die vorhandenen Produktionsdaten auf ihr Potenzial zum maschinellen Lernen analysieren und andererseits auch systematischer die daraus resultierenden Potenziale zur Effizienzsteigerung in der Produktion ableiten.

Ich empfehle dazu das Youtube-Video des kanadischen Wissenschaftlers Ajay Agrawal beziehungsweise sein Buch Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Hier kann ein Automatisierer oder Produzent die Chancen von KI aus der ökonomischen Perspektive kennenlernen, um den digitalen Goldstaub im eigenen Unternehmen zu entdecken. Es entstehen plötzlich völlig neue Wertschöpfungsmo-

delle und Nischen für kleine Unternehmen sowie vor allem für Start-ups.

Welche Rolle spielen Sensoren?

Jörg Krüger: Die »Sensorisierung« ist in der Regel der erste Schritt, um Daten für das Lernen zu gewinnen. Je leistungsfähiger und günstiger die Werkzeuge für das maschinelle Lernen sind, umso wertvoller werden die Daten, mit denen dies geschieht. Gerade im Bereich der Sensorisierung sind ja durch die Forschung und Entwicklung in Bezug auf Industrie 4.0 große Fortschritte zu sehen – eine gute Voraussetzung, um jetzt den nächsten Schritt zum maschinellen Lernen in der Produktion zu machen.

Wie sehen unsere Chancen aus gegenüber Ländern wie China, die ja enorme Beträge in KI stecken?

Jörg Krüger: Die Investitionen in KI-Infrastrukturen, die gerade aus China bekannt werden, sind in der Tat beeindruckend: kaum vorstellbar, hier aus Deutschland in der gleichen Dimension mithalten zu können. Im internationalen Wettbewerb sehe ich jedoch für Deutschland eine gute Zukunftschance darin, mit strukturierter Ingenieur-Denkweise an das Thema der industriellen Nutzung von KI bzw. dem maschinellen Lernen heranzugehen. In dieser Form sollten wir in Zukunft auch unsere weltweit sehr gute Position im Bereich der Automatisierung weiterentwickeln und erhalten können. ■

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP wird am Freitag, den 13. September 2019 auf dem XVI. Internationalen Produktionstechnischen Kolloquium in Berlin ein **Standpunktpapier** zum Thema **KI-unterstützte Produktion vorstellen**. Darin werden Chancen und Risiken der Künstlichen Intelligenz (KI) für das produzierende Gewerbe erstmals umfassend beleuchtet. Darüber hinaus zeigt die WGP praktische Wege auf, wie KI in die Produktion integriert werden kann. Das Standpunktpapier soll ein Weckruf an Unternehmen sein, sich mit Fragen der KI praktisch auseinanderzusetzen und enthält konkrete Handlungsempfehlungen für die Einführung der Technologien in der Praxis.

Das Interview führte der Journalist Nicolas Fecht im Auftrag der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik. Es wird hier in leicht angepasster Form veröffentlicht.

Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Telefon: +49 30 39006-178
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

Plattform Industrie 4.0

Das Netzwerk für den digitalen Wandel der Industrie

Die digitale Transformation der Industrie gestalten: Das ist der Leitgedanke der Plattform Industrie 4.0 – einem der größten Industrie 4.0-Netzwerke weltweit. In der Plattform arbeiten über 350 Akteure aus Wirtschaft, Verbänden, Wissenschaft, Gewerkschaften und Politik gemeinsam in drei zentralen Handlungssträngen: Fachliche Vordenkerschaft, (inter-)nationale Kooperationen und Unterstützung des Mittelstands beim Praxistransfer. Die Plattform Industrie 4.0 ist Netzwerkpartner beim Produktionstechnischen Kolloquium 2019.

► Fachlich vordenken

Das Expertennetzwerk der Plattform versteht sich als fachlicher Vordenker bei allen Fragen rund um Industrie 4.0. Aus Forschungs- und Praxiserkenntnissen werden Konzepte und Handlungsoptionen zur Umsetzung von Industrie 4.0 erarbeitet. Sechs Arbeitsgruppen befassen sich mit den Themen Standardisierung, Anwendungsszenarien, IT-Sicherheit, Recht, Arbeit sowie Geschäftsmodellen. Sie liefern dazu Handlungsempfehlungen, Leitfäden und Diskussionspapiere.

► Internationale Impulse setzen

Die Plattform Industrie 4.0 hat Industrie 4.0 international als Marke etabliert und gibt Impulse in den internationalen Diskurs zur Digitalisierung der Produktion. Zahlreiche Kooperationen mit nationalen und internationalen Allianzen sind aus der Arbeit der Plattform hervorgegangen. Über strategische Partnerschaften im Bereich der Digitalisierung ist die Plattform in Deutschland mit beispielsweise der Plattform Lernende Systeme und dem International Dataspace ver-

netzt. International kooperiert die Plattform mit Initiativen aus Australien, China, Frankreich, Italien, Japan, Österreich, Mexiko, Niederlande, Schweiz, Tschechien, USA sowie auf G7/20- und EU-Ebene.

► Kleine und mittlere Unternehmen vernetzen und unterstützen

Die Plattform Industrie 4.0 bietet und koordiniert Informations- und Vernetzungsangebote für kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland. Mit über 350 Beispielen sowie einer Übersicht an Testzentren veranschaulicht die Online-Landkarte der Plattform, wo Industrie 4.0-Lösungen bereits heute erfolgreich umgesetzt werden. Mit Hilfe des vom Bundeswirtschafts- und Bundesforschungsministerium gegründeten Transfer-Netzwerks Industrie 4.0 werden regionale und nationale Angebote vernetzt, um Synergien zu erzielen. In Kooperation mit den Industrie- und Handelskammern sowie den Verbänden ZVEI, VDMA und Bitkom hat die Plattform zudem Informations- und Transferformate für den Mittelstand entwickelt.

■ Plattform Industrie 4.0 online:

www.plattform-i40.de

Ihre Ansprechpartnerin

Janina Henning
j.henning@plattform-i40.de



► Die Zukunft digitaler Ökosysteme gestalten

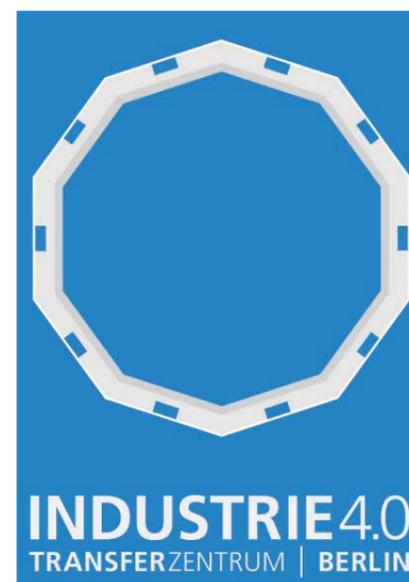
Das Leitbild 2030 für die Industrie bietet den inhaltlichen Rahmen für die Aktivitäten der Plattform Industrie 4.0. Das Leitbild beschreibt, wie offene, digitale Ökosysteme auf eine Art und Weise gestaltet werden können, die unseren gesellschaftlichen Grundwerten und einer sozialen Marktwirtschaft entsprechen.

Den Gesamtprozess der Plattform Industrie 4.0 verantwortet die Leitung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, gemeinsam mit ausgewählten Spitzenvertretern aus Wirtschaft, Gewerkschaft und Wissenschaft. ■

Industriennahe Forschung zum Anfassen

Das neue Industrie 4.0 Transferzentrum Berlin

Seit weit mehr als einem Jahrzehnt ist die digital integrierte Produktion der zentrale Forschungsschwerpunkt am Fraunhofer IPK. Mit der Eröffnung des Industrie 4.0 Transferzentrums Berlin unterstreicht das Institut einmal mehr seine Leistungsfähigkeit in der Entwicklung von Technologien für die digitale Transformation. Ab September 2019 können sich Interessierte aus Industrie, Wissenschaft und Politik im neuen Transferzentrum live über den aktuellen Forschungsstand informieren.



Präsentiert werden Lösungen verschiedener Technologie-Reifegrade. Damit ist das Transferzentrum gleichermaßen Leistungsschau und Zukunftsvision. Es gewährt Einblicke in die gesamte Bandbreite der Industrie 4.0-Forschung am Fraunhofer IPK.

Forschung für digital integrierte Produktion am Fraunhofer IPK ist stets humanzentriert. Gezeigt werden deshalb vor allem auch Technologien, die die Arbeit der Werkerin und des Werkers vereinfachen und eine intuitive Steuerung softwarebasierter Anlagen und Roboter möglich machen.

Besucherinnen und Besucher, die sich über die intelligente Vernetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette informieren wollen, kommen genauso auf ihre Kos-

ten wie diejenigen, die auf der Suche nach Lösungsansätzen für singuläre Problemstellungen bei der digitalen Transformation ihres Unternehmens sind.

Insgesamt neun Demonstratoren machen Industrie 4.0 im Transferzentrum Berlin erlebbar. Folgende Themen werden präsentiert:

► Virtual Reality und Digitaler Zwilling

Entwicklung von Produkten mit virtuellen Prototypen und der Produktionsumgebung als digitalem Zwilling

► Smart Scratch

Gestenbasierte Roboterprogrammierung, für die keine Robotik- oder Programmierkenntnisse notwendig sind

► Gestenbasierte Roboterprogrammierung

Intuitive und schnelle Einrichtung neuer Fertigungsaufgaben dank einer Kombination aus Gestenerfassung und Augmented Reality

► Industrie 4.0 aus dem Koffer

Schnelle Vernetzung von Maschinen und Anlagen zur auftragsindividuellen Einplanung und einfachen Nachverfolgung von Spezialaufträgen

► Sensorik in additiven Bauteilen

Wirkstellennahe Ausrüstung komplexer Bauteilgeometrien mit Sensorik

► ErgoJack

Softorthese mit Echtzeit-Bewegungserkennung und Feedback zur ergonomischen Haltungsverbesserung

► Digital Maintenance

Detektion von Schäden an einer Kugelumlaufspindel mittels Machine Learning

► Intelligente Produktionsumgebung

Demonstration einer Produktionsumgebung der Zukunft

► Smart Service Customization

Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle mittels Data Analytics

Ihr Ansprechpartner

Claudio Geisert
Telefon: +49 30 39006-133
claudio.geisert@ipk.fraunhofer.de

► Neuer Einsatz für den ePuzzler

Fraunhofer IPK und Fundación IWO präsentierten erste Erfolge bei der virtuellen Rekonstruktion von durch Terror zerstörten Archivalien



Eindrucksvoller Rahmen für ein beeindruckendes Projekt: Die Veranstaltung fand im Wappensaal des Roten Rathauses statt.

Am 7. August 2019 wurden im Berliner Roten Rathaus erste Ergebnisse eines deutsch-argentinischen Kooperationsprojekts vorgestellt. In dem Projekt werden jüdische Kulturgüter automatisiert wiederhergestellt, auch dank einer neuen Scantechnologie.

In einer vom Auswärtigen Amt geförderten Pilotphase gelang es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Fraunhofer IPK, erste Stichprobendokumente aus der Bibliothek der Fundación IWO (Idisher Visnshaftlejer Institut – Instituto Judío de Investigaciones) zu rekonstruieren. Diese wurden beschädigt, als 1994 in Buenos Aires ein Bombenanschlag auf das Gebäude der Asociación Mutual Israelita Argentina (AMIA), der Zentrale der jüdischen Gemeinde in Argentinien, verübt wurde.

Seit dem Anschlag steht das IWO vor der Herausforderung, Millionen von Fragmenten in ihren Originalzusammenhang zurückzubringen. Neben dem Beschädigungsgrad schließt schon die Menge der einzelnen Teile eine manuelle Rekonstruktion aus. Hier kommt das Fraunhofer IPK in Berlin ins Spiel. Mithilfe des ePuzzlers, einer

am IPK entwickelten Software, sollen die Bestände automatisiert rekonstruiert werden. Kern des ePuzzlers sind modernste Bildverarbeitungs- und Mustererkennungsalgorithmen, auf deren Basis gescannte Papierfragmente ohne Vorlage virtuell zu vollständigen Seiten zusammengesetzt werden können.

Das Projekt profitiert enorm von jüngsten Entwicklungsfortschritten bei der Digitalisierung von Papierfragmenten. Gemeinsam mit der Firma MFB MusterFabrik Berlin GmbH hat das Fraunhofer IPK einen neuartigen Dokumentenscanner entwickelt, der Papierfragmente nahezu jeder Form und Größe hochauflösend sowie farb- und geometrietreu gegenüber den Originalen erfasst. Dies ist notwendig, um Beziehungen zwischen den Teilen, wie zum Beispiel identische Pigmentierung oder benachbarte Kanten zuverlässig zu erkennen. Gleichzeitig erreicht das Gerät eine hohe Durchsatzrate sowohl bei der Zuführung der Originale als auch bei der Bildaufnahme. Ein Scanner, der all diese Qualitätsmerkmale aufweist, ist am Markt bisher nicht verfügbar.



Festlicher Abschluss im Säulensaal des Roten Rathauses

Seit Anfang 2019 wird im Rahmen der Pilotphase des IWO-Projekts erstmals die neue Scantechnologie für eine Stichprobenanalyse von Dokumenten mit unterschiedlichen Zerstörungsgraden angewendet. Unter den bisher digitalisierten und erfolgreich rekonstruierten Papieren befinden sich bedeutende Zeugnisse der ostjüdischen Kultur und bislang nicht publizierte Manuskripte von Shoa-Überlebenden. Auf der Veranstaltung im Roten Rathaus ordneten hochrangige Vertreter und Vertreterinnen des IWO aus Buenos Aires die Rekonstruktionsergebnisse ein und zeigten deren Bedeutung auf. Der ePuzzler hatte seine Leistungsfähigkeit zuvor schon in mehreren Projekten unter Beweis gestellt. Ursprünglich war er entwickelt worden, um zerstörte Akten des DDR-Staatssicherheitsdienstes wieder lesbar zu machen. Später wurde er unter anderem bei der Wiederherstellung der beim Einsturz des Historischen Archivs der Stadt Köln im Jahr 2009 zerstörten Dokumente eingesetzt sowie für die Rekonstruktion des mittelalterlichen Gebetbuches Narek in Jerewan, Armenien.

Die Präsentation des IWO-Projekts am 7. August im Roten Rathaus erfolgte in Kooperation mit der Senatskanzlei Berlin und dem Auswärtigen Amt im Rahmen des 25. Jubiläumsjahres der Städtepartnerschaft Berlin – Buenos Aires.



(von oben) Silvia und Chaskiel Hansman, Archivarin und Präsident der Fundación IWO, berichteten von den Folgen des Terroranschlags für die jüdische Erinnerungskultur. Dr. Bertram Nickolay leitet am Fraunhofer IPK das Projekt zur virtuellen Rekonstruktion der zerstörten Archivalien. Eine Podiumsdiskussion bildete den Abschluss des Vortragsprogramms.

■ Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay
Telefon: +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

► Früh übt sich...

... wer zum Thema Produktentwicklung forschen will

Das Fraunhofer IPK engagiert sich für die Nachwuchsförderung. Im Juni und Juli dieses Jahres wurden einigen Schülern und einer Schülerin Einblicke in Forschung und aktuelle Projekte des Geschäftsfeldes Virtuelle Produktentstehung ermöglicht. Vier Acht- und Neuntklässler verschiedener Berliner Gymnasien und eine Elftklässlerin der Deutschen Schule Quito aus Ecuador verbrachten ihr Schulpraktikum von zwei bzw. vier Wochen in der Abteilung für Informations- und Prozesssteuerung (IPS).

Mit minimalen Vorkenntnissen zum Thema Produktentwicklung begannen die Berliner Schüler ihr Praktikum. Den Praktikanten wurde die Aufgabe gestellt, einen Demonstrator für die Forschungsthemen der Abteilung zu konzipieren und zu bauen. Sie sollten eigenständig als Team verschiedene Methoden erarbeiten und anwenden, um neben ihren technologischen Kenntnissen auch ihre Teamfähigkeit, Selbstständigkeit und strukturiertes Arbeiten zu verbessern. Dabei lernten sie insbesondere, wie ein Produktentwicklungsprozess abläuft, welche Hilfsmittel die virtuelle Produktentstehung bietet und welche aktuellen Themen wie Nachhaltigkeit und Smart Services dabei berücksichtigt werden müssen. Den Demonstrator entwickelten sie mithilfe von Methoden aus dem Bereich des Design Thinkings, wie Persona-Entwicklung, Customer Journeys und Prototypenbau. Um die Forschungsthemen zu verstehen und auch darstellen zu können, führten die Schüler Interviews mit den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung.

Anschließend durften die Schüler selbst verschiedene Domänen der Produktentwicklung, wie 3D-Modellierung, Prototypenbau, Elektronik- und Softwareentwicklung, ausprobieren und ihre selbst entwickelten Ideen umsetzen. Am Ende der zwei Wochen präsentierten die Schüler ihr Konzept und den Prototypen des Demonstrators sowie eine dazugehörige Android-App mit den integrierten Interviewvideos vor der gesamten Abteilung.

In den darauffolgenden vier Wochen wurden der Prototyp und die App von einer weiteren Schülerpraktikantin weiterentwickelt. Hierbei lag der Fokus auf der Anpassung und Umsetzung des bereits vorhandenen Demonstrators. Die Schülerin lernte Grundzüge der App-Programmierung, Elektronik und 3D-Modellierung und implementierte selbst eine Steuerung zur Bewegung von Bauteilen des Demonstrators. Aus Sicht aller Beteiligten waren die insgesamt sechs Wochen auf jeden Fall ein voller Erfolg.



»Ich werde auf jeden Fall [in der Schule] erzählen, dass wir eine eigene App entwickelt haben.« (Niclas Plietz)

»Vorher wusste man gar nichts, und jetzt hat man hier alles selber gestaltet. Das ist schon ein krasses Gefühl.« (Fouad Foda)

»Gefühlt haben wir in den letzten zwei Wochen zehnmal mehr gelernt als im letzten Schuljahr.« (Oskar Xylander)



■ Ihre Ansprechpartnerin

Theresa Riedelsheimer
Telefon: +49 30 39006-219
theresa.riedelsheimer@ipk.fraunhofer.de

► Mobilität der Zukunft

... muss produziert werden

Wie muss sich die deutsche Automobilindustrie angesichts von Veränderungen durch Digitalisierung, Markt, Mensch und neuen Antriebstechnologien wandeln? Wie werden die neuen Fahrzeuge aussehen? Sind sie elektrisch, durch fossile Brennstoffe angetrieben, automatisiert oder fahren sie sogar autonom? All das ist heute mit Bestimmtheit noch nicht vorhersagbar. Eine Sache, die im Gegensatz dazu deutlich vorhersagbar ist, ist der Handlungsbedarf für die Sicherung und den Ausbau des Produktionsstandortes Deutschland. In ihrem Whitepaper stellt die Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion Optionen und einen konkreten Lösungsraum vor.

Die Studie steht zum kostenlosen Download zur Verfügung:
www.automobil.fraunhofer.de/de/FormularDownload.html



FRAUNHOFER-ALLIANZ AUTOMOBILPRODUKTION



■ Ihr Ansprechpartner

Eckhard Hohwieler
Telefon: +49 30 39006-121
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

► Neues aus unserer Forschung

PTZ-Jahresbericht 2018 / 2019 erschienen

Sie wollen Forschung jenseits der Schlagworte? Lesen Sie den Jahresbericht 2018 / 2019 des Produktionstechnischen Zentrums (PTZ) Berlin!

Die Digitalisierung sowie die Vernetzung in der Industrie schreiten konsequent voran. Damit einhergehend entwickeln sich neue Möglichkeiten im Bereich des Cross Research Developments, in dessen Zentrum in diesem Jahr das Querschnittsthema »Additive Fertigung« gestellt wird. Auch die »Digitale Vernetzung« nimmt weiter Fahrt auf. Zahlreiche Projekte, die in diesem Rahmen durchgeführt werden, stellen wir Ihnen in unserem Jahresbericht vor.

Der Jahresbericht steht zum kostenlosen Download zur Verfügung:
s.fhg.de/ipk-JB18



WIR
OPTIMIEREN
PRODUKTION

AUS UNSERER FORSCHUNG
PRODUKTIONSTECHNISCHES ZENTRUM BERLIN
2019
2018

■ Ihre Ansprechpartnerin

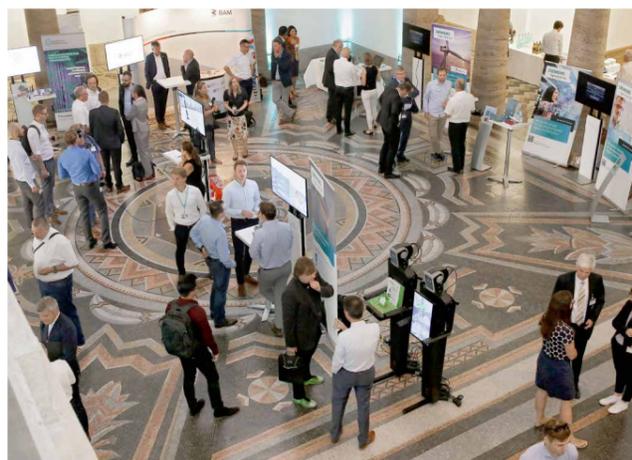
Katharina Strohmeier
Telefon: +49 30 39006-331
katharina.strohmeier@ipk.fraunhofer.de

► Let's Talk Innovation

Pläne für das Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science vorgestellt

Unter dem Motto »Let's Talk Innovation« fiel am 27. Juni 2019 der offizielle Startschuss für die Kooperation von 26 Unternehmen und Forschungsinstitutionen zum Aufbau des Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science. Bei der Veranstaltung in der eindrucksvollen Siemens-Mosaikhalle in Berlin gaben Vertreter der vier größten Partner TU Berlin, Fraunhofer-Gesellschaft, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung sowie Siemens erste Einblicke in die Pläne für die Institution, die als Forschungsarm des Siemensstadt-Projekts die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Industrie bildet. Der Berliner Senat, der das Projekt von Beginn an unterstützt, war unter anderem durch den Staatssekretär für Wissenschaft und Forschung Steffen Krach vertreten.

Fraunhofer IPK-Leiter Prof. Dr. Dr. Eckart Uhlmann erläuterte bei einer Panel-Diskussion die Rolle der Fraunhofer-Gesellschaft im Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science. Als Einrichtung der anwendungsorientierten Forschung ist sie das Bindeglied zwischen der Grundlagenforschung und dem Endanwender und bringt mit ihren vier Berliner Fraunhofer-Instituten FOKUS, HHI, IPK und IZM vor allem Kompetenzen in den Technologiebereichen Digitalisierung und Additive Manufacturing in das Centre ein. Wie gelungene Kooperationen zwischen Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung sowie Endanwendern aussehen, erörterte Prof. Uhlmann anhand des reichhaltigen Erfahrungsschatzes des Fraunhofer IPK, zum Beispiel im Bereich Maintenance, Repair and Overhaul.



Oben (v. l. n. r.): Panel-Diskussion mit Moderatorin Lydia Bierwirth, Prof. Ingomar Kelbassa, Dr. Karina Rigby (alle Siemens), Prof. Ulrich Panne (BAM), Prof. Christian Thomsen (TU Berlin), Prof. Eckart Uhlmann (Fraunhofer IPK). Mitte und unten: Ausstellung der Partner des Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science. (© Siemens)

■ Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr. Dr. Eckart Uhlmann
Telefon: +49 30 39006-100
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

► Termine

Mehr Können – Veranstaltungen 2019

Unsere Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung präsentieren wir regelmäßig auf Messen, Konferenzen, Technologietagen, Industrieworkshops und in Seminaren. Wo und wann Sie mit uns ins Gespräch kommen können, verrät Ihnen unser Terminkalender.

12. – 13. September 2019	PTK 2019: Digital Integrierte Produktion – Lösungen aus Berlin/Brandenburg
23. – 27. September 2019	Fraunhofer-Zertifikatsprogramm PLM Professional
26. September 2019	IAK Keramikbearbeitung
26. September 2019	Workshop: Future Qualification Morning
Oktober 2019	International Master (M. Sc.) Global Production Engineering
22. Oktober 2019	Workshop: Modellbasiertes Systems Engineering
25. Oktober 2019	Seminar: Wissensmanagement im Kontext der ISO 9001:2015
06. – 08. November 2019	Seminar: Grundlagen der industriellen Bauteilreinigung
08. November 2019	Workshop: Der Arbeitsplatz der Zukunft
13. – 14. November 2019	Seminar: Doppelseitenplanschleifen mit Planetenkinematik
14. November 2019	Industrieworkshop: Lifecycle Monitoring
21. – 22. November 2019	Seminar: Wissensbilanz Made in Germany
28. – 29. November 2019	Workshop: Kantenworkshop
4. Dezember 2019	IAK: Nachbereitung von additiv gefertigten Bauteilen

Detaillierte Informationen zu allen Veranstaltungen und Möglichkeiten zur Anmeldung finden Sie unter

☞ www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung

TIPP ► Grundlagen der industriellen Bauteilreinigung

Seminar, 6. - 8. November 2019, PTZ Berlin

Die Reinigungstechnik ist ein fester Bestandteil in der Prozesskette zur Herstellung eines Produkts und ein wichtiges Querschnittsthema für den Maschinen- und Anlagenbau sowie für die Produktions- und Verfahrenstechnik. Reinigungstechnisches Wissen kann nicht in einem Ausbildungsberuf oder Studium erlernt werden, somit fehlt es in der Industrie an qualifiziertem Know-how und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Dieses fehlende Wissen zum methodischen und systematischen Vorgehen in der Reinigungstechnik können Sie bei der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik erlernen. Die Fachleute der Allianz Reinigungstechnik stellen bewusst nicht bestimmte Verfahren, Anwendungen oder Branchen in den Vordergrund. Ihr Ziel ist vielmehr eine bedarfsorientierte, unternehmens- und anwendungsneutrale Schulung zu den folgenden Fragestellungen:

- Wie gehe ich Reinigung an?
- Wie gliedert sich die Reinigung in die Produktionskette ein?
- Welche Reinigungsverfahren stehen mir zur Verfügung?
- Wie messe ich die Sauberkeit meines Bauteils?
- Welche Möglichkeiten der Qualitätssicherung habe ich?



Entlang dieser Fragestellungen erlernen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine methodische Herangehensweise zur Lösung von Reinigungsaufgaben und erwerben theoretische Grundlagen zu Reinigungssystematik, -verfahren, -analytik und Qualitätsmanagement.

Weitere Informationen und Anmeldung:

☞ www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung

Kurzprofil

Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin

Das Produktionstechnische Zentrum PTZ Berlin umfasst das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der Technischen Universität Berlin und das Fraunhofer -Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK.

Im PTZ werden Methoden und Technologien für das Management, die Produktentwicklung, den Produktionsprozess und die Gestaltung industrieller Fabrikbetriebe erarbeitet. Zudem erschließen wir auf Grundlage unseres fundierten Know-hows neue Anwendungen in zukunftsreichen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik.

Besonderes Ziel des PTZ ist es, neben eigenen Beiträgen zur anwendungsorientierten Grundlagenforschung neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu entwickeln. Das PTZ überführt die im Rahmen von Forschungsprojekten erzielten Basisinnovationen gemeinsam mit Industriepartnern in funktionsfähige Anwendungen.

Wir unterstützen unsere Partner von der Produktidee über die Produktentwicklung und die Fertigung bis hin zur Wiederverwertung mit von uns entwickelten oder verbesserten Methoden und Verfahren. Hierzu gehört auch die Konzipierung von Produktionsmitteln, deren Integration in komplexe Produktionsanlagen sowie die Innovation aller planenden und steuernden Prozesse im Unternehmen.



Ihre Ansprechpartner im PTZ Berlin

Unternehmensmanagement, Nachhaltige Unternehmensentwicklung
Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl
Telefon: +49 30 39006-233
holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

Virtuelle Produktentstehung, Industrielle Informationstechnik
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark
Telefon: +49 30 39006-243
rainer.stark@ipk.fraunhofer.de

Produktionssysteme, Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Telefon: +49 30 39006-101
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

Füge- und Beschichtungstechnik (IPK)
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier
Telefon: +49 30 8104-1550
michael.rethmeier@ipk.fraunhofer.de

Beschichtungstechnik (IWF)
Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Rupprecht
Telefon: +49 30 314-25176
rupprecht@tu-berlin.de

Automatisierungstechnik, Industrielle Automatisierungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Telefon: +49 30 39006-178
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

Montage- und Handhabungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Franz Dietrich
Telefon: +49 30 314-22014
f.dietrich@tu-berlin.de

Qualitätswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem
Telefon: +49 30 314-22004
roland.jochem@tu-berlin.de

Fraunhofer - Innovationscluster

LCE Life Cycle Engineering
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Telefon: +49 30 39006-100
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

Next Generation ID
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Telefon: +49 30 39006-178
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

Fraunhofer -Allianzen

**AdvanCer
Hochleistungskeramik**
Christian Schmiedel
Telefon: +49 30 39006-267
christian.schmiedel@ipk.fraunhofer.de

autoMOBILproduktion
Dipl.-Ing. Eckhard Hohwieler
Telefon: +49 30 39006-121
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

Big Data und Künstliche Intelligenz
Dipl.-Ing. Kai Lindow
Telefon: +49 30 39006-214
kai.lindow@ipk.fraunhofer.de

Generative Fertigung
Dr.-Ing. André Bergmann
Telefon: +49 39006-107
andre.bergmann@ipk.fraunhofer.de

Numerische Simulation von Produkten, Prozessen
Sebastian Uhlemann
Telefon: +49 30 39006-124
sebastian.uhlemann@ipk.fraunhofer.de

Reinigungstechnik
Dr.-Ing. Sascha Reinkober
Telefon: +49 30 39006-326
sascha.reinkober@ipk.fraunhofer.de

SysWasser
Dipl.-Ing. Gerhard Schreck
Telefon: +49 30 39006-152
gerhard.schreck@ipk.fraunhofer.de

Verkehr
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann (komm.)
Telefon: +49 30 39006-101
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

Arbeitskreise

Berliner Runde (Werkzeugmaschinen)
Simon Thom, M. Sc.
Telefon: +49 30 314-24456
simon.thom@iwf.tu-berlin.de

Keramikbearbeitung
Alexander Eulitz, M. Sc.
Telefon: +49 30 314-24963
eulitz@iwf.tu-berlin.de

Mikroproduktionstechnik
Dr.-Ing. Mitchel Polte
Telefon: +49 30 39006-434
mitchel.polte@ipk.fraunhofer.de

Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe
Gerret Christiansen
Telefon: +49 30 314-24963
gerret.christiansen@iwf.tu-berlin.de

Kompetenzzentren

Additive Fertigung
Dr.-Ing. André Bergmann
Telefon: +49 39006-107
andre.bergmann@ipk.fraunhofer.de

**Anwendungszentrum
Mikroproduktionstechnik (AMP)**
Dr.-Ing. Julian Polte
Telefon: +49 30 39006-433
julian.polte@ipk.fraunhofer.de

Benchmarking
Dr.-Ing. Ronald Orth
Telefon: +49 30 39006-171
ronald.orth@ipk.fraunhofer.de

**Leistungszentrum
Digitale Vernetzung**
Geschäftsstelle
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Telefon: +49 30 39006-101
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

PDM/PLM
Dr.-Ing. Kai Lindow
Telefon: +49 30 39006-214
kai.lindow@ipk.fraunhofer.de

Prozessmanagement
Prof. Dr.-Ing. Thomas Knothe
Telefon: +49 30 39006-195
thomas.knothe@ipk.fraunhofer.de

Simulation und Fabrikplanung
Prof. Dr.-Ing. Thomas Knothe
Telefon: +49 30 39006-195
thomas.knothe@ipk.fraunhofer.de

dip – Digital Integrierte Produktion
Dipl.-Ing. Eckhard Hohwieler
Telefon: +49 30 39006-121
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

**Veranstaltungsmanagement
MEHR KÖNNEN**
Claudia Engel
Telefon: +49 30 39006-238
claudia.engel@ipk.fraunhofer.de

Virtual Reality Solution Center (VRSC)
Dipl.-Sporting. Andreas Geiger
Telefon: +49 30 39006-109
andreas.geiger@ipk.fraunhofer.de

Wissensmanagement
Dr.-Ing. Ronald Orth
Telefon: +49 30 39006-171
ronald.orth@ipk.fraunhofer.de

**Zentrum für Innovative
Produktentstehung (ZIP)**
Dr.-Ing. Kai Lindow
Telefon: +49 30 39006-214
kai.lindow@ipk.fraunhofer.de