

interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | AUSGABE 2.2020

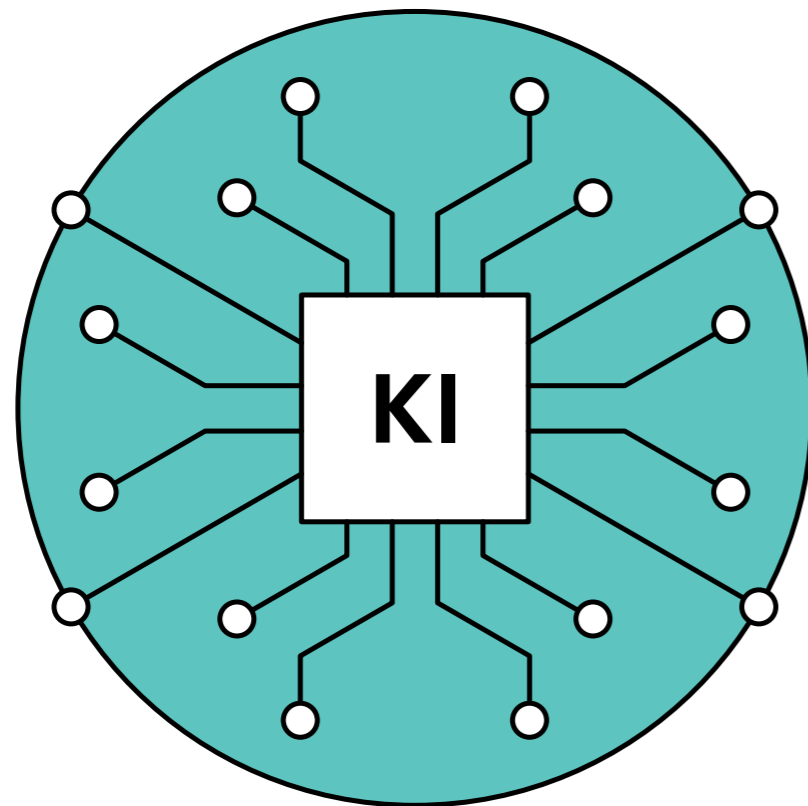
xAI - Einblicke in die Blackbox

Exoskelette für den Gesundheitsschutz

Seviceroboter für Desinfektion und Reinigung

Bereit für KI?

Wir unterstützen Sie dabei.



www.ipa.fraunhofer.de/ki

Liebe Freunde und Kunden des IPA,

ein schwieriges Jahr geht zu Ende. Für nicht wenige Menschen auf der Welt war es in vielerlei Hinsicht ein katastrophales Jahr.

Die Pandemie brachte aber nicht nur Krankheit, Verluste und Einschränkungen, sondern auch Chancen. Wir haben erlebt, worauf wir gut verzichten können und wie essenziell sozialer Zusammenhalt – aber auch die Wissenschaft sind. Wir haben gelernt, unsere Zeit bewusster einzusetzen. Dabei meinen wir nicht nur die vielen Dienstreisen, die durch Videokonferenzen ersetzt wurden, sondern vor allem die Kreativität und Effektivität, die durch sinnstiftende Arbeitsorganisation im Spannungsfeld zwischen Privatleben und Beruf entstanden ist. Das Gelernte wird die Arbeitswelt nachhaltig verändern, auch wenn wir den persönlichen Kontakt mit Ihnen allen sehr vermissen.

Wir hoffen alle auf die Wirksamkeit der Impfstoffe und Medikamente, damit wir in Zukunft auch wieder in unterschiedlicher Weise zusammenkommen können und wieder freier über die Gestaltung unseres privaten aber auch beruflichen Lebens entscheiden können.

Die Digitalisierung hat während der Pandemie einen enormen Schub erhalten. In dieser Interaktiv-Ausgabe rücken wir deshalb Maschinelles Lernen in den Fokus. Die Titelgeschichte gibt Einblick in die Blackbox KI und Marco Huber erläutert, wie maschinelle Lernverfahren erklärbar werden. Weitere Artikel zur KI und Digitalisierung runden den Schwerpunkt ab.

Besonders lesenswert ist auch der USA-Reisebericht von Simon Schumacher, der auszog, um das MIT kennenzulernen, aber dann aufgrund der Ereignisse viel früher als geplant zurückkehren musste. Gelohnt hat sich der Aufenthalt in Cambridge für ihn aber dennoch. Lesen Sie ab S. 30 warum.

Wir setzen nicht nur in der Forschung auf Digitalisierung. Wir wollen auch mit Ihnen verstärkt digital kommunizieren. Dazu bauen wir zurzeit die Online-Version unserer Kundenzeitschrift Interaktiv zur zentralen Nachrichtenplattform des Fraunhofer IPA aus. Sie wird künftig also nicht mehr nur das Pendant zum gedruckten Heft sein, sondern, vielmehr völlig unabhängig davon, fortlaufend und stets aktuell, über alles berichten, was sich bei uns am Institut ereignet und für Sie relevant ist. In diesem Zusammenhang möchten wir all denjenigen danken, die an unserer Umfrage diesbezüglich teilgenommen haben. Das Interesse hat uns sehr gefreut und wir werden die Ergebnisse sorgfältig auswerten und umsetzen.

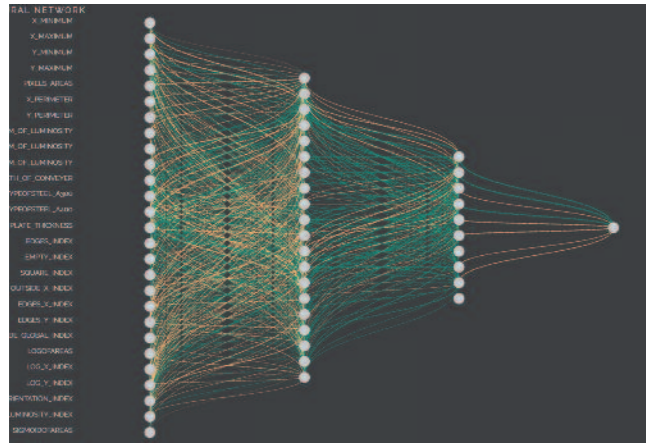
Nun wünschen wir Ihnen allen eine interessante Lektüre, einen schönen Jahresausklang und alles Gute – vor allem Gesundheit – fürs neue Jahr.

Ihr Thomas Bauernhansl und Alexander Sauer



Alexander Sauer

Thomas Bauernhansl



10
**Einblicke in die Blackbox:
 Maschinelle Lernverfahren
 erklärbar machen**

Künstliche Intelligenz kommt immer häufiger auch in sicherheitskritischen Anwendungen zum Einsatz. Deshalb ist das Wissen darüber, wie sie zu ihren Entscheidungen kommt, essenziell. Forschung und Industrie haben das erkannt und arbeiten daran, dass die Blackbox-Algorithmen von heute künftig neben dem Ergebnis auch einen nachvollziehbaren Lösungsweg liefern.



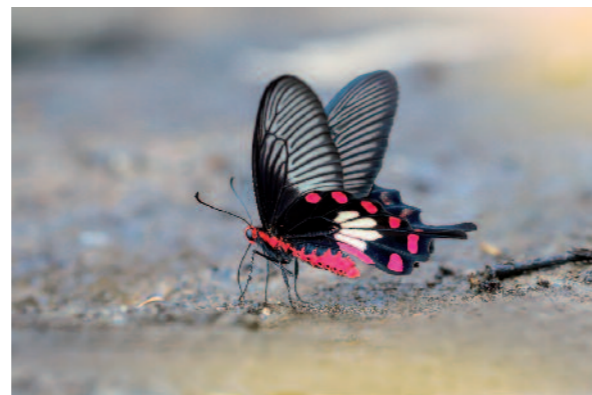
40
»Unser Hygienebewusstsein wird sich nachhaltig ändern«

Die Pandemie beschleunigt aktuell so manche Technologieentwicklung. Auch Desinfektions- und Reinigungsroboter erfahren seither großes Interesse. Mit diesen beschäftigt sich Dr. Birgit Graf, Leiterin der Gruppe Haushalts- und Assistenzrobotik, seit vielen Jahren. Im Interview spricht sie über den neuesten Roboter »DeKonBot«, ihr gerade begonnenes und bisher größtes Forschungsprojekt »MobDi« sowie Entwicklungen zur Robotik in der Gesundheitsbranche.



28
**Kraftvoll und gesund dank
 Hightech**

Das Fraunhofer IPA entwickelt seit rund einem Jahrzehnt Exoskelette. Dabei steht der Gesundheitsschutz von Arbeitern in Fabriken und Werkhallen im Vordergrund. Die Entwicklungen reichen vom passiven Exoskelett ohne Antriebe über das »Stuttgarter Exo-Jacket«, das Arme und Schultern aktiv unterstützt, bis zur Vision einer ergonomischen Montage 4.0 für die vernetzte Fabrik.



46
**Vorbilder aus der Natur:
 Worin besteht ihr Mehrwert?**

Ingenieure und Betriebswirte in der Industrie überzeugen nicht schöne Worte und Hypothesen bei ihren Entscheidungen, einen biologisch inspirierten Weg zu gehen und zu finanzieren. Die Industrie versteht den Mehrwert rein zahlenbasiert. Zwei Beispiele der bionischen Umsetzung präsentieren diesen.

Editorial

Von Thomas Bauernhansl und Alexander Sauer

3

Plattform

Nachrichten und Notizen

6

Titel

Maschinelle Lernverfahren erklärbar machen

10

FuE

Rechenleistung für höchste Ansprüche

16

KI macht's möglich: Kundenwünsche von morgen, schon heute eingeplant

18

3 Fragen an Dr. Jens Ottnad, Trumpf Werkzeugmaschinen

19

Wie kann die digitale Transformation in KMU gelingen?

20

Interview

Mit Dr. Andreas Bildstein zur Digitalisierung im Mittelstand

22

FuE

Digitale Helfer für die Montageautomatisierung

26

Blickpunkt

Kraftvoll und gesund dank Hightech

28

Reportage

Von Simon Schumacher, »Transatlantische Kooperation zur Zukunft der Arbeit«

30

FuE

Risiken bei der Fabrikplanung minimieren

34

Digitale Daten richtig erfassen und nutzen

36

StationConnector wird marktreif

39

Im Gespräch

Mit Dr. Birgit Graf, »Unser Hygienebewusstsein wird sich nachhaltig ändern«

40

FuE

Maßgeschneiderter reinheitstauglicher Maschinenanzug

43

Kommentar

Von Marc Friedrich, »Krisen sind wichtig«

44

FuE

Vorbilder aus der Natur: Worin besteht ihr Mehrwert?

46

Industrie 4.0 für Galvanikanlagen

49

Von der Idee zum Produkt

50

Neue Herausforderungen bei der Lackieranlagenplanung

53

Impressum

54

Fraunhofer IPA eröffnet Außenstelle in Schweinfurt



Künstliche Intelligenz (KI) für eine nachhaltig optimierte Wertschöpfung, kurz »KI-noW«, – unter dieser Überschrift überführen ab sofort Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Erkenntnisse und Ergebnisse der angewandten Forschung in die industrielle Praxis.

Ziel ist die Entwicklung durchgängiger Szenarien, die Unternehmen aufzeigen, welchen Nutzen der Einsatz Künstlicher Intelligenz für das produzierende Gewerbe hat und wie eine Integration entsprechender Anwendungen in den laufenden Betrieb erfolgen kann. Im Zuge der ganzheitlichen Einführung soll gezeigt werden, wie KI, aufbauend auf einer umfassenden, vernetzten Datenbasis, in der modernen Produktion eingesetzt

und dem Menschen als »mächtiges« Werkzeug bereitgestellt werden kann. Dabei werden die drei Bereiche Fertigung, Montage und Supportprozesse adressiert.

»Die enge Vernetzung mit anderen bayerischen Fraunhofer-Einrichtungen, die überregionale Einbindung in das KI-Netzwerk Bayern sowie die Kooperation auf lokaler Ebene mit der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt (FHWS) bieten mit einer engen Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen optimale Voraussetzungen für den erfolgreichen Aufbau unserer neuen Arbeitsgruppe«, erklärt Professor Frank Döpfer, der die Arbeitsgruppe KI-noW und darüber hinaus auch die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation in Bayreuth verantwortet.

Am 22. Oktober fand die offizielle Einweihung des Gebäudes statt. Für ein Pressegespräch waren Schweinfurts Oberbürgermeister Sebastian Remelé (links im Bild) und Prof. Frank Döpfer vor Ort. Quelle: Stefan Pfister

Weitere Informationen: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/ki-forschungsteam-nimmt-arbeit-auf.html>

App »Virus Fighter's Handbook« ausgezeichnet



Die App »Virus Fighter's Handbook« gewinnt in der Kategorie »Learning Material« der »Give a Breath«-Challenge, einem von Munich Re (Group) und der Fraunhofer-Gesellschaft ausgelobten Ideenwettbewerb. Sie vermittelt Lerninhalte zu Beatmung, Covid19 sowie Hygienemaßnahmen und gibt Informationen zu den Beatmungsgeräten und -masken, die die Gewinner der anderen beiden Kategorien der Challenge entwickelt haben. Programmiert haben die App Forscher der Mannheimer Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB, die zum Fraunhofer IPA gehört, zusammen mit Festo und mehreren Ärzten. Nach einem ersten Testlauf soll das Virus Fighter's Handbook weltweit zum Einsatz kommen.

Mehr dazu unter: <https://youtu.be/1JhtlXr1Efg>

Erste 5G-Standalone-Netze an fünf Standorten in Baden-Württemberg

Die ersten 5G-Standalone-Netze in Deutschland stehen kurz vor der Fertigstellung. Zu ihnen zählen die 5G-Testumgebungen, die Wissenschaftler mehrerer Hochschulen und Forschungseinrichtungen derzeit unter der Leitung des Fraunhofer IPA in Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim, Reutlingen und Freudenstadt aufbauen. Sie sollen im Dezember in Betrieb gehen und bilden zusammen das 5G-Transferzentrum für kleine und mittlere Unternehmen (kurz: Transferzentrum 5G4KMU). Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, zusammen mit kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus dem Ländle in den Testumgebungen konkrete Problemstellungen und Potenziale von 5G für vernetzte Produkte und Maschinen sowie smarte Dienstleistungen und neuartige Geschäftsmodelle zu erforschen.

»Der neue Kommunikationsstandard 5G ist die Grundlage für eine umfassende Digitalisierung von Wirtschaft und Industrie. Wir müssen die Chancen der 5G-Technologie nutzen, damit unsere Unternehmen in Baden-Württemberg auch im zukünftigen Wettbewerb mithalten können. Der regional verteilte Ansatz des Transferzentrums minimiert örtliche Einschränkungen und ermöglicht es den Betrieben, mit einer lokalen Testumgebung zusammenzuarbeiten«, sagt Wirtschaftsministerin Nicole Hoffmeister-Kraut bei ihrem Besuch des Standorts am Campus Schwarzwald in Freudenstadt.

Mehr dazu unter:

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/erste-5g-standalone-netze-kurz-vor-der-fertigstellung.html>



Baden-Württembergs Wirtschaftsministerin Nicole Hoffmeister-Kraut bei ihrer Ansprache am Campus Schwarzwald.

Umfassende Marktübersicht

Im Herbst dieses Jahres hat die »International Federation of Robotics« das neue Jahrbuch »World Robotics« veröffentlicht. Es umfasst zwei Bände und präsentiert Marktzahlen, Produkte und Forschungstrends zur Industrie- und Servicerobotik. Das Fraunhofer IPA gestaltet den Band zur Servicerobotik umfassend redaktionell mit. Dieses Expertenwissen fließt direkt in Forschungs- und Industrieprojekte ein. Zwei große Kapitel behandeln beispielsweise die Reinigungsrobotik und Service-roboter für den medizinischen Bereich.

Weitere Informationen:

<https://ifr.org/worldrobotics>



Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis 2020



Am 16. November wurde per Videokonferenz der Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis »DIE OBERFLÄCHE« verliehen. Den 1. Platz errang die Daimler Truck AG mit einem integrierten Lackierprozess für Lkw-Fahrerhäuser. Mit »Eco Paint Process Trucks« (EP-T) ist es den Ingenieuren um Thomas Steigleder gelungen, einen umweltfreundlichen und flexiblen Lackierprozess für Lkw-Fahrerhäuser zu entwickeln. Dabei werden die Lackmaterialien in einer Box vollautomatisiert aufgetragen. Zusätzlich konnte eine energieeffiziente und ressourcenschonende Trockenabscheidung des Lackoversprays realisiert werden.

Gemeinsam haben es Sten Mittag von der Atlas Copco IAS

GmbH aus Bretten und Gido Hoppe von der Audi AG geschafft, mit dem neuartigen Applikationsverfahren »IDDA.Seal« die PVC-Auftragsmenge je Fahrzeug zum Abdichten von Karosserien zu minimieren. Dafür zeichnete sie die Jury des Oberflächenpreises mit dem 2. Platz aus.

Wenn die Edelstahl- oder Goldbeschichtungen an der Ladebuchse von Smartphones oder Tablet-PCs häufig in Kontakt mit Hautschweiß oder Meerwasser kommen, korrodieren sie sehr schnell. Uwe Manz, Leiter Forschung und Entwicklung bei der Umicore Galvanotechnik GmbH in Schwäbisch Gmünd, hat deshalb mit »RHODUNA® Alloy« eine korrosionsbeständige Rhodium-Ruthenium-Legierung entwickelt. Für diese Innovation erhielt die Umicore Galvanotechnik GmbH den 3. Preis.

Zuverlässiger Lotse und Helfer am Esstisch

Im Oktober präsentierte das Fraunhofer IPA mit Projektpartnern die Ergebnisse der Forschungsprojekte »ASARob« und »RoPha«. In beiden Projekten entwickelten die Wissenschaftler neue Grundfertigkeiten für interaktive Serviceroboter. Damit können Roboter ihre Umgebung besser wahrnehmen und zum Beispiel bei der Personenführung oder Nahrungsaufnahme unterstützen.

Im Projekt »Aufmerksamkeitssensitiver Assistenzroboter« (ASARob) ging es darum, die Aufmerksamkeitszustände des menschlichen Gegenübers mithilfe von Perzeptionsalgorithmen zu erfassen und auszuwerten. Ziel hiervon war, die Interaktion durch Roboterfunktionen für die Aufmerksamkeitsgenerierung, -lenkung und -wiederherstellung zu verbessern. Hierfür sind im Projekt Softwarelösungen zur Umgebungs- und Personen- bzw. Posenerkennung entstanden.

Das Projekt »Robuste Perzeption für die interaktive Unterstützung älterer Nutzer im häuslichen Umfeld« (RoPha) beschäftigte sich mit der Automatisierung von Handhabungsaufgaben am Esstisch. Dafür wurden neue Funktionen für die Erkennung und Lokalisierung von Speisen entwickelt. Sie ermöglichen einem Roboter, bei der mundgerechten Bereitstellung von Nahrung zu unterstützen.

Mehr dazu unter: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/neuebildverarbeitungsloesungen-fuer-interaktive-serviceroboter.html>



Webinar-Reihe »Expertenwissen zur Lackiertechnik« 2021



Das Team der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik des Fraunhofer IPA setzt die erfolgreiche Webinar-Reihe »Expertenwissen zur Lackiertechnik« mit Beginn 19. Januar 2021 fort.

Es erwarten Sie spannende Themen aus den Bereichen industrielle Lackierverfahren, Prüf-, Umwelt- und Energie-Technik sowie Arbeitssicherheit. Ergänzt wird die Reihe um Themen aus der Fabrikplanung, Instandhaltung und Künstliche Intelligenz in der Lackiertechnik.

Die Webinare sind kostenfrei und finden dienstags von 9.00–10.00 Uhr statt.

Anmeldung und weitere Informationen:

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/beschichtungssystem--und-lackiertechnik.html>

MAKE USE OF YOUR DATA

In der Produktion werden große Mengen an Maschinendaten aufgenommen, doch gerade in kleinen und mittleren Unternehmen bleibt der größte Teil dieser Daten ungenutzt. Dies ist auf die oft starre IT-Infrastruktur, fehlende Schnittstellen, die schwierige Identifikation von wirtschaftlichen Anwendungsfällen oder den Mangel an Fachkräften in diesem Bereich zurückzuführen.

Experten des Fraunhofer IPA aus den Bereichen Autonome Produktionsoptimierung, Datennutzung und Geschäftsmodellentwicklung nutzen ihre Erfahrung, um Mitarbeiter aus Produktion und IT zu Datenexperten weiterzubilden. In Form von Konsortialprojekten führt das Fraunhofer IPA Anwendungsworkshops zur Datennutzung mit Teilnehmern verschiedener Unternehmen durch. Mithilfe der Unterstützung der Experten wenden die Teilnehmer das Gelernte direkt an der eigenen Maschine an und werden so nicht nur zum Experten, sondern können die Gesamtanlageneffektivität OEE im Rahmen des Projekts bereits um bis zu zehn Prozent steigern. Dabei steht den teilnehmenden Unternehmen die sichere IT-Infrastruktur des Fraunhofer IPA zur Verfügung. Schließlich profitieren sie von dem Austausch mit anderen Teilnehmern eines Konsortialprojekts.

Weitere Informationen: [ipa.fraunhofer.de/use-your-data](https://www.ipa.fraunhofer.de/use-your-data)





KI-Experte Marco Huber, Jahrgang 1980, ist Professor für Kognitive Produktionssysteme am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb an der Universität Stuttgart. Am Fraunhofer IPA leitet er neben dem Zentrum für Cyber-Cognitive Intelligence (CCI) auch die Abteilung Bild- und Signalverarbeitung sowie das KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme«.

Telefon +49 711 970-1960 | marco.huber@ipa.fraunhofer.de

Einblicke in die Blackbox:

Maschinelle Lernverfahren erklärbar machen

Von Hannes Weik und Karin Röhricht

Künstliche Intelligenz kommt immer häufiger auch in sicherheitskritischen Anwendungen zum Einsatz. Deshalb ist das Wissen darüber, wie sie zu ihren Entscheidungen kommt, essenziell. Forschung und Industrie haben das erkannt und arbeiten daran, dass die Blackbox-Algorithmen von heute künftig neben dem Ergebnis auch einen nachvollziehbaren Lösungsweg liefern.

Am Abend des 18. März 2018, es war kurz vor 22 Uhr, schob Elaine Herzberg ihr Fahrrad über die vierspurige Mill Avenue in Tempe, einem Vorort von Phoenix, Arizona. Es war Nacht, sie trug ein schwarzes Oberteil und nutzte nicht den ausgewiesenen Fußgängerüberweg. Die Algorithmen des selbstfahrenden Testautos von Uber, das genau auf Herzberg zufuhr, waren sich lange uneins, womit sie es zu tun hatten. Der Wagen überfuhr die 49-jährige Obdachlose ungebremst. Sie starb wenig später im Krankenhaus. Die Sicherheitsfahrerin, Rafaela Vasquez, hatte nicht eingegriffen. Anstatt auf den Verkehr zu achten und die Hände einsatzbereit über dem Steuer zu halten, hatte sie den Blick nach unten gerichtet, wie das Video einer Überwachungskamera zeigt.

Wäre an jenem Abend alles gut gegangen, hätte der Wagen abgebremst und Herzberg die Straße unbeschadet überqueren können, hätte vermutlich nie jemand gefragt, wie die Algorithmen des selbstfahrenden Autos zu ihren Vorhersagen und Wahrscheinlichkeitsberechnungen gekommen waren. Doch weil sie eben manchmal Fehler begehen, Ergebnisse liefern, die Menschen enttäuschen, verärgern oder wie im beschriebenen Fall gar gefährden, ist es ein ernstzunehmendes Problem, dass ihre Lösungswege meist im Verborgenen liegen. Moderne Machine-Learning-Algorithmen (ML-Algorithmen) gleichen einer Blackbox. Sie folgen nicht mehr vorgegebenen Wenn-dann-Regeln, sondern erzeugen aus den Eingabedaten ein komplexes Modell, also ein automatisch generiertes Programm, auf dessen Ausgestaltung der Mensch allenfalls indirekt Einfluss nehmen kann.

»Je komplexer das Neuronale Netz ist, desto genauere, aber leider auch schwerer nachvollziehbare Ergebnisse liefert es«,

bringt es Professor Marco Huber auf den Punkt, der am Fraunhofer IPA in Stuttgart das Zentrum für Cyber Cognitive Intelligence (CCI) leitet. Er hat es sich zur Aufgabe gemacht, diesem ständigen Abwägen zwischen Leistungsfähigkeit und Interpretierbarkeit eines Algorithmus ein Ende zu setzen. Künstliche Intelligenz (KI) soll in Zukunft erklärbare Entscheidungen treffen und nachvollziehbare Prognosen abgeben.

Datenschutz verlangt erklärbare KI

»Explainable Artificial Intelligence«, oder kurz »xAI«, heißt dieser Forschungszweig der Informatik, der auf die Initiative der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) zurückgeht, einer Behörde des US-Verteidigungsministeriums. Lange hielt sich das Interesse der Industrie daran in engen Grenzen. Doch seit KI nicht mehr nur bei Amazon Bücher oder bei Netflix Filme empfiehlt, sondern in Produktionshallen Maschinen und Roboter dirigiert oder Autofahrern dabei hilft, ihren Wagen sicher durch belebte Innenstädte zu steuern und unfallfrei einzuparken, hat sich das grundlegend geändert. Denn warum sollten Menschen ihr Schicksal selbstfahrenden Autos oder kollaborativen Robotern anvertrauen, wenn deren Algorithmen intransparente und mitunter sogar falsche Entscheidungen fällen?

Aber nicht nur das menschliche Bedürfnis nach Sicherheit und einer Erklärung für unerwartete oder tiefgreifende Ereignisse, besonders negativer Art, sondern auch die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) der Europäischen Union verleiht xAI Relevanz. Denn gemäß Artikel 12 sind Unternehmen, die personenbezogene Daten verarbeiten, verpflichtet, Betroffenen darüber »in präziser, transparenter, verständlicher und leicht

zugänglicher Form« Auskunft zu geben. Das gilt nach Artikel 13 auch bei »einer automatisierten Entscheidungsfindung«, bei der betroffene Personen Anspruch auf »aussagekräftige Informationen über die involvierte Logik sowie die Tragweite und die angestrebten Auswirkungen« haben.

Noch grundsätzlicher wird eine 52-köpfige Expertengruppe der Europäischen Kommission, die im April 2019 »Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI« vorgelegt hat. Sie erklärt die EU-Verträge, die EU-Grundrechtecharta und die internationalen Menschenrechte zur Basis für die »Entwicklung, Einführung und Nutzung von KI-Systemen« und formuliert aufbauend darauf vier ethische Grundsätze: Vertrauenswürdige KI müsse (1) die Autonomie des Menschen achten, (2) Schaden verhüten, (3) fair und (4) erklärbar sein. Denn nur nachvollziehbare Entscheidungen könnten »ordnungsgemäß angefochten werden«.

Erklärbare Modelle

Diese rechtlichen und moralischen Rahmenbedingungen werfen eine Reihe von Fragen auf, mit denen sich xAI-Forscher wie Professor Marco Huber vom Fraunhofer IPA beschäftigen müssen. Zunächst: Welche Methoden und Verfahren gibt es überhaupt, damit uns Blackbox-Algorithmen künftig nicht nur ihr Ergebnis, sondern auch den Lösungsweg mitteilen?

Eine Antwort auf die Frage hängt davon ab, welches Modell dem KI-Verfahren zugrunde liegt. Denn es gibt von Natur aus erklärbar oder auch »Whitebox-Modelle«, die Anwender gut nachvollziehen können, und es gibt von Natur aus nicht erklärbar Modelle, für die ein alternativer Weg zur Erklärbarkeit gefunden werden muss. Bereits oben wurde erwähnt, dass erklärbar Modelle zwar der besseren Verständlichkeit dienen, ihre Genauigkeit für ein KI-Ergebnis jedoch oft nicht ausreicht. Hierzu gehören lineare Modelle. Dabei werden die

Daten, je nachdem auf welcher Seite einer Geraden sie liegen, einer Klasse zugeordnet. Sie besitzen also eine nachvollziehbare Entscheidungsgrenze.

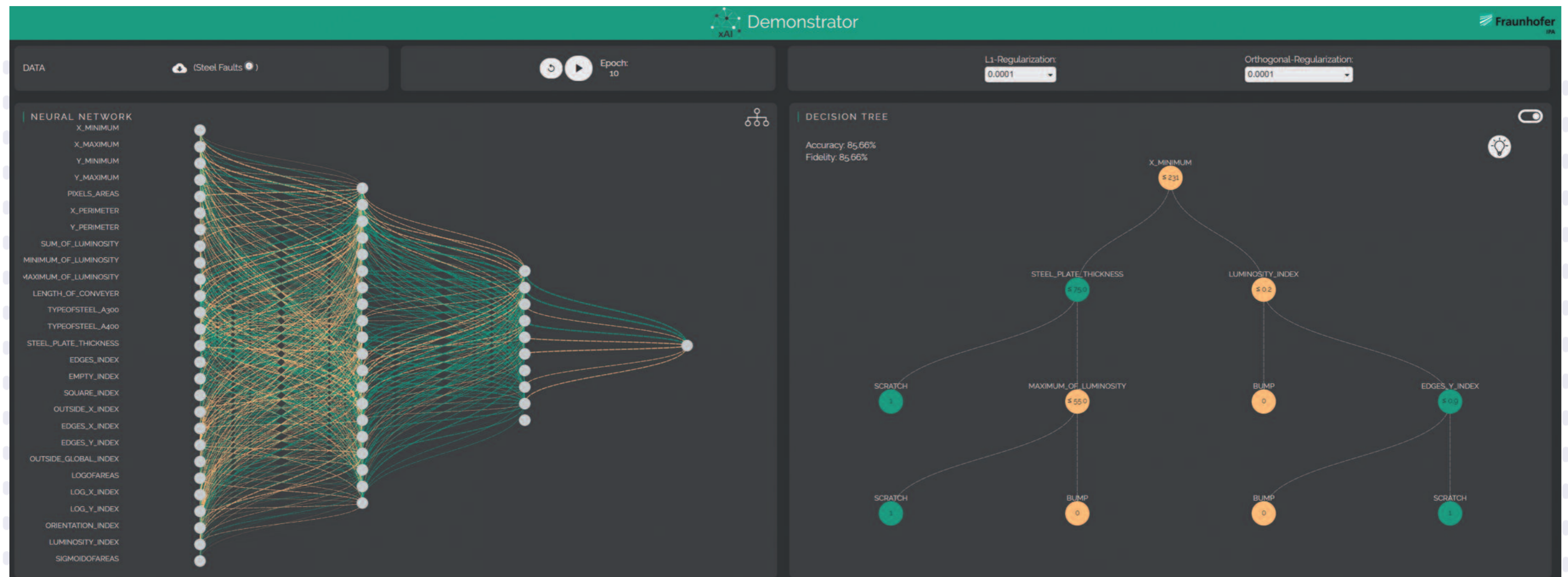
Eine weitere Erklärungshilfe für ML-Ergebnisse sind Entscheidungsbäume. Diese eignen sich insbesondere dann, wenn eine lineare Entscheidungsgrenze nicht mehr ausreicht, und repräsentieren anhand ihrer Verästelung regelbasierte mögliche Entscheidungspfade des Algorithmus. Die Entscheidungen sind hierarchisch gegliedert und führen so von der Ausgangsfrage entsprechend den Zwischenantworten zu einem Klassifizierungsergebnis. Allerdings können Entscheidungsbäume auch so komplex werden, dass sie wiederum unverständlich werden.

Als dritte Erklärungshilfe sind regelbasierte Systeme, die anhand von vorgegebenen Wenn-dann-Regeln Entscheidungen fällen, für Anwender prinzipiell gut nachvollziehbar. »Zwar ist

ein Entscheidungsbaum auch bereits ein Regelsystem, ich kann diese Regeln aber noch einmal gesondert aufschlüsseln«, führt Huber aus. »So kann ich Regeln beispielsweise priorisieren oder alle gleich gewichten. Kommt es zu Widersprüchen, muss ich diese auflösen. Und auch hier muss ich aufpassen, dass die Anzahl der Regeln beherrschbar bleibt. Sonst habe ich gegenüber einem automatisierten Modell keinen Mehrwert mehr.«

Hilfsmittel zur Erklärbarkeit

Liegt einem KI-Ergebnis ein von Natur aus nicht erklärbares Modell zugrunde, wie beispielsweise ein tiefes Neuronales Netz, braucht es eine Art Übersetzungsleistung für Anwender. Denn hier gibt es im Gegensatz zu den erklärbaren Modellen keine so klare Entscheidungsgrenze für die Ergebniserzeugung. Die Übersetzungsleistung kann dabei entweder global orientiert sein, also das Modell als Ganzes erklären, oder lokal aus-



Verschiedene Verfahren helfen, maschinelle Lernverfahren wie hier ein Neuronales Netz erklärbar zu machen und seine Funktionsweise zu verstehen.

gerichtet sein und erklären, warum eine bestimmte Eingabe x zu einer bestimmten Ausgabe y führt. Drei Verfahren seien beispielhaft ausgeführt.

Das erste Verfahren ist das Bilden eines Stellvertretermodells oder auch Surrogats. Dieses simuliert das Blackbox-Modell und trifft weitgehend gleiche Vorhersagen. Das Surrogat ist also ein Whitebox-Modell und ermöglicht globale Erklärungen. Meist werden Surrogate für die Erklärbarkeit Neuronaler Netze eingesetzt. Soll für ein Surrogat ein Entscheidungsbaum aus einem Neuronalen Netz extrahiert werden, kann die Komplexität des Netzes durch die sogenannte Regularisierung beeinflusst werden. »Dabei forciert man bestimmte Eigenschaften eines Netzes«, so Huber. Zudem ist es auch möglich, das Gewicht möglichst vieler Kanten im Netz automatisch auf null zu setzen, sodass diese wegfallen. Dies führt die sogenannte Spärlichkeit herbei. Sie macht das Netz nicht nur schlanker und damit nachvollziehbarer, sondern ermöglicht auch eine schnellere Auswertung, weil die Rechenzeit sinkt.

Das zweite Hilfsmittel sind kontrafaktische Erklärungen. Diese schlüsseln auf, welches Detail der Eingabedaten konkret ein Ergebnis herbeiführte. Sie dienen also der lokalen Erklärbarkeit. So könnte ein Algorithmus, der über Kreditvergaben entscheidet, als Erklärung ausspielen: »Ihr Kreditgesuch wurde abgelehnt, weil Ihr Einkommen zu niedrig ist, um die Zinsen bedienen zu können.« Dieses Hilfsmittel macht nicht nur ML-Anwendungen verständlicher, sondern beinhaltet auch eine Handlungsempfehlung. Wenn der Anwender weiß, dass aus einer Summe von Eingabedaten genau die Eingabe x zum Ergebnis y führte, kann eine kleinstmögliche Veränderung der Eingangsdaten eine andere Ausgabe erzeugen. Der Bankkunde hätte dann also die Wahl, ob er lieber einen niedrigeren Kredit aufnehmen oder mit dem Chef über eine Gehaltserhöhung verhandeln möchte.

Erklärungsrepräsentationen sind schließlich eine dritte Möglichkeit, um eine Erklärung herbeizuführen und diese sehr anwenderspezifisch zu gestalten. Hierbei können Modelle visualisiert oder mithilfe von Narrativen, virtueller Realität, Animationen oder Sprachausgaben erklärt werden. »In der Bildverarbeitung möchte ich beispielsweise wissen, warum ein Foto als Katze und nicht als Hund klassifiziert wurde. Dafür nutzen wir sogenannte Heatmap-Technologien. Diese heben hervor, welche Teile des Bildes wichtig oder unwichtig für die Entscheidung waren«, erklärt Huber. »Oder eine Textverarbeitung schlüsselt auf, weshalb eine E-Mail als Spam deklariert wurde.«

Kriterien für die Erklärbarkeit

Aber welche Kriterien gelten überhaupt für die Erklärbarkeit von Blackbox-Algorithmen? Die Antwort: Simulierbarkeit, Unterteilbarkeit und algorithmische Transparenz. Simulierbarkeit meint, dass alle Rechenschritte eines KI-Modells in angemessener Zeit auswertbar sein müssen. Das gilt eben beispielsweise nicht mehr für Neuronale Netze, weil sie Millionen an Gewichten, sprich: Rechenoperationen, umfassen. Unterteilbarkeit bedeutet, dass alle Bestandteile eines KI-Modells wie Daten, Parameter und Berechnungen intuitiv sein müssen. Auch dies gilt nur für wenige KI-Modelle wie beispielsweise Entscheidungsbäume, die anhand klarer Kriterien Entscheidungen treffen. Und schließlich sollte der Lernalgorithmus selbst auch nachvollziehbar sein. Bei einem linearen Modell ist dies möglich, weil es eine nachvollziehbare Entscheidungsgrenze gibt (etwas gehört zur Menge a oder zur Menge b). Im Vergleich dazu ist die Entscheidungsgrenze bei Neuronalen Netzen stark nichtlinear und nicht mehr explizit gegeben.

KI für sichere Mensch-Roboter-Kooperation

Ein wichtiges Anwendungsgebiet für xAI ist die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK). Dort sind globale Erklärungen, die das Modell als Ganzes erklären, unabdingbar. Denn bei der vorgeschriebenen Risiko- und Gefährdungsbeurteilung nach ISO 12100 kommt immer häufiger das sogenannte Reinforcement Learning (RL) zum Einsatz, ein maschinelles Lernverfahren, bei dem ein Roboter für richtiges Handeln belohnt wird und bestrebt ist, die Summe aller Belohnungen zu maximieren.



Mithilfe von RL lernt ein Roboter an einem virtuellen MRK-Arbeitsplatz, wie er trotz der völlig unvorhersehbaren Bewegungen eines Menschen seine Montageaufgabe erledigen kann, ohne jemanden zu verletzen. Weil beim RL aber ein Neuronales Netz zum Einsatz kommt, das ein Sicherheitsbeauftragter nicht durchdringen kann, wird er nie die Verantwortung für Sicherheitsimplementierungen übernehmen, die ihm ein Algorithmus vorschlägt. Das wäre grob fahrlässig und könnte vor Gericht enden.

Die Forscher um Huber wollen nun verständliche Erklärungen für die Sicherheitsimplementierungen extrahieren, die das Neuronale Netz vorschlägt, und dabei den Informationsverlust so gering wie möglich halten. So möchten sie es Sicherheitsbeauftragten ermöglichen, die Schutzmaßnahmen, die die Algorithmen vorsehen, zu prüfen und anschließend zu bestätigen oder zu verwerfen. Ihr Einverständnis vorausgesetzt, leitet das System automatisch einen Code für die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) des geplanten MRK-Arbeitsplatzes ab.

Wachsende Nachfrage nach xAI

Die Relevanz von xAI zeigt sich für Huber auch daran, dass er und das CCI seit einigen Monaten immer häufiger von namhaften Firmen wie Volkswagen oder Arvato kontaktiert werden, die für ihre Produkte und Prozesse transparente Algorithmen benötigen. Mit Forschungsprojekten wie dem KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme« tragen Huber und zahlreiche weitere Wissenschaftler dazu bei, dass es womöglich bald nicht mehr nötig ist, die Leistungsfähigkeit und Interpretierbarkeit von ML-Algorithmen gegeneinander abzuwägen. Gleichzeitig erhöht die Erklärbarkeit automatisiert getroffener Entscheidungen oder Prognosen das Vertrauen in KI und hilft Menschen, unliebsame Ergebnisse zu akzeptieren.

Entwicklern von KI hilft xAI dabei, ihre eigenen Methoden besser zu verstehen und bei fehlerhaftem Einsatz zu korrigieren. Denn wenn bekannt ist, weshalb und an welcher Stelle ein Algorithmus den falschen Lösungsweg eingeschlagen hat, können Informatiker viel einfacher und schneller Fehler beheben. Tragische Ereignisse wie der Unfalltod von Elaine Herzberg werden damit in Zukunft unwahrscheinlicher. Ganz vermeiden lassen werden sie sich aber nicht. Denn schließlich werden Algorithmen von Menschen geschrieben – und die machen nun mal Fehler. ■

Studien und Überblickspapier zu xAI

Deep-Learning-Ansätze ermöglichen die Erstellung hochpräziser Modelle für den Einsatz in unterschiedlichsten Anwendungsdomänen, etwa der Produktion oder Medizin. Allerdings haben diese Modelle Black-Box-Charakter, da die von ihnen gelernten Zusammenhänge so komplex und abstrakt sind, dass sie Menschen – selbst Experten – nicht mehr nachvollziehen können. Bei einigen Anwendungen, zum Beispiel in sicherheitskritischen Bereichen, ist jedoch nicht nur die Genauigkeit der Vorhersagen, sondern auch das Vertrauen in die Algorithmen von enormer Bedeutung.

Aus diesem Grund widmen sich das Fraunhofer IPA und das Institut für Innovation und Technik (iit) in zwei aufeinander abgestimmten Studien gemeinsam dem Thema xAI (engl. »explainable AI«). Das iit befasst sich dabei mit der Frage des konkreten Bedarfs und der Nutzbarkeit von xAI in der Industrie oder auch im Gesundheitswesen. Dies umfasst einerseits eine Analyse der Anforderungen an Erklärungen unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Branchen und Zielgruppen sowie der derzeitigen und zukünftig geplanten Verwendung von KI-Algorithmen. Andererseits werden generelle Stärken und Schwächen verschiedener xAI-Lösungsansätze aufgezeigt. Das Fraunhofer IPA hingegen beschäftigt sich mit der Analyse derzeit populärer Erklärungsverfahren. Die Kategorisierung der ausgewählten Verfahren sowie deren Evaluation hinsichtlich diverser Bewertungskriterien soll es Lesern erleichtern, das passende Verfahren für ihren Anwendungsfall einzugrenzen.

Parallel zu beiden Studien liefert das Übersichtspapier »A Survey on the Explainability of Supervised Machine Learning« eine vollständige Taxonomie sowie einen Überblick über die verschiedenen Prinzipien und Methoden der Erklärbarkeit für überwachte maschinelle Lernverfahren. Nadia Burkart, Fraunhofer IOSB, und Marco Huber, Fraunhofer IPA, betrachten dabei den Stand der Technik der letzten rund 30 Jahre. Das Überblickspapier erscheint im renommierten Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR).

Zur Vorabveröffentlichung des Übersichtspapiers bei arXiv: <https://arxiv.org/abs/2011.07876>

Kontakt

Nina Schaaf

Telefon + 49 711 970-1971 | nina.schaaf@ipa.fraunhofer.de

Rechenleistung für höchste Ansprüche

Fraunhofer IPA und HLRS starten Kooperation

Ob für Simulationen, datenintensive Berechnungen als Grundlage maschineller Lernverfahren oder für lernende Roboter: Das Fraunhofer IPA arbeitet ab sofort mit dem Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) zusammen. Das Forschungsinstitut kann dadurch auf enorme Rechenleistungen zugreifen und neue Projekte sowie Anwendungen realisieren.



Das Fraunhofer IPA kann ab sofort die Rechenleistung des Supercomputers »Hawk« für seine Projektarbeit nutzen.

Anfang dieses Jahres machte der neu in Betrieb genommene Supercomputer »Hawk« reichlich Schlagzeilen. Mit ihm bietet das HLRS der Universität Stuttgart aktuell einen der leistungsfähigsten Rechner in Deutschland. Von seinen bis zu 26 Petaflops – ein Petaflop bildet eine Billion Rechenoperationen pro Sekunde – profitieren nun auch die Mitarbeitenden des Fraunhofer IPA für ihre Projekte. Denn im November dieses Jahres haben das Forschungsinstitut und das HLRS ihre Kooperation gestartet. Die bereits seit Jahren bestehende direkte Nachbarschaft in der Stuttgarter Nobelstraße kann nun auch inhaltlich Früchte tragen.

Strategisch von großer Wichtigkeit

»Diese Partnerschaft ist für das Fraunhofer IPA von herausragender Bedeutung«, erklärt Professor Marco Huber, Leiter des Zentrums für Cyber Cognitive Intelligence sowie der Abteilung Bild- und Signalverarbeitung am Fraunhofer IPA. »In immer mehr Industrie- und Forschungsprojekten ist die Datenverarbeitung ein Erfolgsfaktor. Ich denke beispielsweise an Lernverfahren, die auf großen Datenmengen basieren, oder an die Verifikation Neuronaler Netze für sicherheitskritische Anwendungen wie das autonome Fahren oder die Mensch-

Roboter-Kollaboration«, ergänzt Huber. Dass das Institut jetzt projektbezogen auf die entsprechenden Höchstleistungsrechner zugreifen kann, sieht er als großen Mehrwert.

Auch das HLRS begrüßt diese Partnerschaft ausdrücklich, denn es bietet seine Services, Hard- und Software sowohl der Wissenschaft als auch der Industrie und hier insbesondere dem Mittelstand an. Das Fraunhofer IPA mit seiner angewandten Forschung kann die Brücke zwischen beiden schlagen. »Die Partnerschaft mit dem benachbarten Fraunhofer IPA eröffnet für das HLRS einige Möglichkeiten: Zum einen unterstützt sie unser Ziel, die Gesamtlösung aus High-Performance Computing, High-Performance Data Analytics (HPDA) und Künstlicher Intelligenz für unsere Nutzer noch stärker auszubauen und zu verbessern. Zum anderen können wir gemeinsam das Feld des Quantencomputing effizienter weiter erschließen«, sagt Dr. Bastian Koller, Geschäftsführer des HLRS. Darüber hinaus wird die Partnerschaft neue Anwendungen mit Höchstleistungsrechnern sowie anderen zugehörigen Technologien im Kontext der industriellen Forschung erproben.

Logischer Schritt

Der IPA-Wissenschaftler und Fachthemenleiter für Maschinelles Lernen Raoul Schönhof hat die Kooperation initiiert und umgesetzt. »Ich freue mich sehr über die Zusammenarbeit«, so Schönhof. »Denn schon heute arbeiten wir viel mit komplexen Simulationen, um zum Beispiel Robotern neue Fähigkeiten virtuell und ohne Störung des laufenden Produktionsbetriebs beizubringen. Diese Simulationen, die bis zur Abbildung ganzer Fabriken ausweitbar sind, können wir nun auf einem ganz neuen Niveau durchführen«, resümiert er. ■

Kontakt

Raoul Schönhof
Telefon +49 711 970-1843
raoul.schoenhof@ipa.fraunhofer.de



Besiegelten im November 2020 die Kooperation beider Einrichtungen (von links nach rechts): Raoul Schönhof, Fachthemenleiter Maschinelles Lernen am Fraunhofer IPA, Dr.-Ing. Bastian Koller, Geschäftsführer des HLRS, Prof. Dr.-Ing. Michael Resch, Direktor des HLRS und Prof. Dr.-Ing. Marco Huber, Abteilungsleiter am Fraunhofer IPA.

KI macht's möglich:

Kundenwünsche von morgen, schon heute eingeplant

Wie lässt sich die Auftragsabwicklung eines Automobilherstellers optimieren? Im Projekt »KI-basierte Produktionsplanung und -steuerung« entwickeln IPA-Forscher zusammen mit der Porsche AG smarte Lösungen für die Fertigung der Zukunft. Diese helfen, schneller auf Kundenwünsche zu reagieren, Ressourcen und Zeit zu sparen.

Sie träumen von einem neuen Auto? Einem sportlichen Modell mit Schaltgetriebe vielleicht? Oder einem Cabrio? Während Sie noch nachdenken, hat Ihnen der Hersteller Ihren Wunsch schon von Weitem angesehen. Er beginnt mit der Produktionsplanung und bestellt bei den Zulieferern die notwendigen Bauteile.

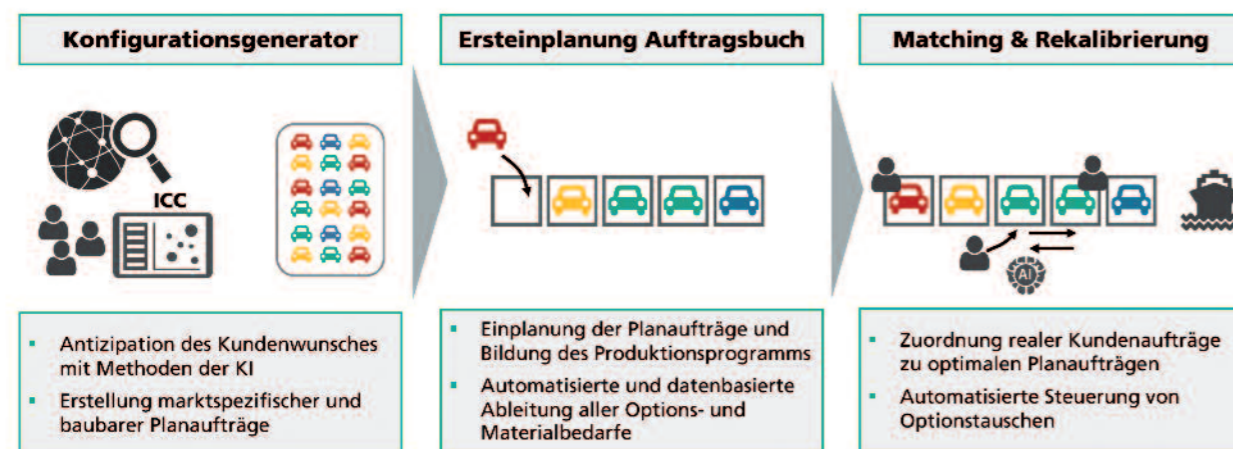
Das Szenario klingt nach Science-Fiction, doch bei der Porsche AG könnte das bald Realität sein. Künstliche Intelligenz – kurz KI – macht's möglich. Mithilfe eines »Konfigurationsgenerator« werden Auftragsdaten der Vergangenheit analysiert, um künftige Kundenbedarfe vorzusehen.

»In ersten Projekten haben wir Erfahrungen mit dem Einsatz von KI sammeln können. Deshalb haben wir uns entschlossen, KI auch in anderen Bereichen der Kundenauftragssteuerung einzusetzen«, sagt Simon Dürr, Projektleiter bei der Porsche AG.

»Dafür haben wir einen kompetenten Partner gesucht, der sowohl Erfahrung mit Produktionstechnik als auch mit KI hat.«

Die Wahl fiel auf das IPA. Im Projekt »KI-basierte Produktionsplanung und -steuerung« analysieren jetzt die Fraunhofer-Ingenieurinnen und -Ingenieure zusammen mit der Porsche AG die komplette Kundenauftragssteuerung des Automobilherstellers. »Das Ziel ist es, durch einen interdisziplinären Ansatz Probleme aufzudecken, Lösungen zu suchen und dann KI-gestützte Werkzeuge zu entwickeln, die alle Schritte von den Planungsprozessen bis zur Auslieferung der Fahrzeuge an die Kunden abdecken«, erklärt der IPA-Forscher und Projektleiter Dr. Hans-Hermann Wiendahl.

Die Entwicklung des »Konfigurationsgenerators« zur Antizipation von zukünftigen Kundenbedarfen ist nur einer von vielen geplanten Teilschritten. Ein anderer ist die Konzeption und Programmierung einer smarten Software für »Matching und Rekalibrierung«. Sie erweitert die Flexibilität in der Zuordnung von Kunden- und Händleraufträgen zu bereits generierten Konfigurationsobjekten im Planungsbereich sowie die Ableitung des dafür benötigten Materialbedarfs. So können geänderte Kundenwünsche noch realisiert werden, ohne dass es zu Verzögerungen bei der Auslieferung kommt.



ICC: Internet Car Configurator

Vom Kundenwunsch zur Produktionsplanung in drei Phasen.

Schneller, flexibler und effizienter mit KI

In der ersten Phase des Projekts haben die IPA-Experten die einzelnen Schritte der Auftragsabwicklung, ihr Organisationssystem aber auch die IT-Werkzeuge des Sportwagenherstellers unter die Lupe genommen. Um herauszufinden, wo es Verbesserungspotenziale gibt, wurde dann die Ist-Analyse mit den Zielen des Herstellers, den Soll-Werten, verglichen. »Aus diesem Vergleich ergeben sich acht Themen für eine künftige IT-Entwicklung, bei der KI helfen kann, bessere Ergebnisse zu erzielen«, betont Wiendahl.

Als nächstes wollen die Wissenschaftler analysieren, welche KI-Methoden sich am besten eignen und wie sie sich programmieren lassen. »Mithilfe der Künstlichen Intelligenz lassen sich Muster erkennen und vorausschauende Computermodelle entwickeln. Diese können grundsätzlich alle Schritte der Kundenauftragssteuerung optimieren«, erklärt Professor Marco Huber, Leiter des Zentrums für Cyber Cognitive Intelligence am Fraunhofer IPA.

Nachdem das Team am IPA die geeigneten KI-Algorithmen für die verschiedenen Schritte der Auftragsabwicklung identifiziert und getestet hat, beginnt die dritte und letzte Phase des Projekts: die Überprüfung der Ergebnisse mithilfe von Demonstratoren. »Mit diesen Software-Prototypen können wir vorausberechnen, in welchem Maße die KI-gestützte Produktionsplanung die Auftragsabwicklung optimiert«, erläutert Wiendahl.

Nach erfolgreicher Validierung der Konzepte und Prototypen, sollen diese die Grundlage für die Zukunft der Kundenauftragssteuerung werden. »Ziel ist es, nach Abschluss des Projekts im Jahr 2022, die Stabilität der Produktion zu verbessern und gleichzeitig dem Kunden ein Maximum an Flexibilität und Transparenz zu gewährleisten«, sagt Porsche-Projektleiter Dürr. ■

Kontakt

Dr.-Ing. habil. Hans-Hermann Wiendahl
Telefon +49 711 970-1243
hans-hermann.wiendahl@ipa.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Marco Huber
Telefon +49 711 970-1960
marco.huber@ipa.fraunhofer.de

»KI ist gewissermaßen die Belohnung für die Anstrengungen der Digitalisierung«



Dr. Jens Ottnad leitet bei der Firma Trumpf Werkzeugmaschinen die »Vorentwicklung Vernetzte Systeme« und arbeitet im »Lab Flexible Blechfertigung« eng mit dem Fraunhofer IPA zusammen.

Herr Ottnad, welche Rolle spielt Künstliche Intelligenz für Ihre Firma und welche Mehrwerte bieten sich Ihnen dadurch?

Die Anwendung von KI ist gewissermaßen die Belohnung für die Anstrengungen der Digitalisierung, denn die realen Vorgänge aus der physischen Welt in Daten zu überführen ist alles andere als einfach. Insgesamt sehen wir enormes Potenzial, um die Leistungsfähigkeit unserer Produkte im Einsatz bei unseren Kunden zu steigern. Wir schätzen, dass hier 30 Prozent und mehr an Verbesserung möglich sind.

Warum sollten KI-Methoden Ihrer Meinung nach erklärbarer werden?

Wir haben hier zwei unterschiedliche Sichtweisen. Wir haben seit vielen Jahren Laser im industriellen Einsatz. Die wenigsten Kunden von uns benötigen eine Erklärung, wie ein Laser funktioniert. Als Entwickler eines Lasers muss ich aber sehr wohl erklären können, wie die inneren Mechanismen sind. Wenn wir mithilfe von KI die Entscheidungen unterstützen wollen, die unsere Kunden täglich treffen, dann werden unsere Kunden nachvollziehen wollen, warum wir welche Entscheidung treffen. Wenn die KI über längere Zeit gute Entscheidungen getroffen hat, dürften die Anforderungen an die Erklärbarkeit geringer werden. Aber dann nehmen wir uns natürlich schon wieder das nächste Level vor.

Wie bedeutsam ist das Thema Erklärbarkeit im »Lab Flexible Blechfertigung«, welches Ihre Firma und das Fraunhofer IPA noch bis 2025 gemeinsam weiterentwickeln?

In unserer Kooperation spielt KI eine immer wichtigere Rolle. Inzwischen geht es in mehr als der Hälfte der Themen im Kern um KI. Da wir in dieser Forschungskoooperation in der Regel neue Sachverhalte verstehen wollen, ist das Thema xAI natürlich zentral. Da passt es sehr gut, dass Professor Huber hier auch einen Forschungsschwerpunkt hat. Die ersten konkreten Ansätze laufen in der Bildverarbeitung. ■

Wie kann die digitale Transformation in KMU gelingen?

KI-Fridays, KI-Exploring-Projects und Roadmapping für KMU in Baden-Württemberg

Mit dieser Frage beschäftigen sich Mittelstand-4.0-Kompetenzzentren in ganz Deutschland. In den von der BMWi Initiative »Mittelstand Digital« ins Leben gerufenen Mittelstand-4.0-Kompetenzzentren arbeiten Experten in verschiedenen Themenfeldern mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) zusammen, um diese bei der Digitalisierung zu unterstützen und die besten digitalen Lösungen für die Probleme der Unternehmen zu finden. Für die Region Baden-Württemberg ist dabei das »Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart« der zentrale Ansprechpartner. Den Themenbereich Künstliche Intelligenz (KI) betreuen in diesem Zentrum die KI-Trainer Dr. Andreas Bildstein vom Fraunhofer IPA und Dr. Wolfgang Beinhauer vom Fraunhofer IAO. Ihre Aufgabe ist es, KMU für das Thema zu sensibilisieren, zu qualifizieren und sie bei der Umsetzung von KI-Lösungen zu begleiten.

KI-Fridays und Workshops

Zunächst einmal gilt es, Unternehmen die Möglichkeiten von KI vor Augen zu führen. Dafür eignet sich bestens der wöchentlich stattfindende KI-Friday. In diesem werden verschiedene KI-Technologien sowie unterschiedliche Anwendungsfälle und Vorgehensweisen für die Umsetzung vorgestellt und in kleiner Runde diskutiert.

Einen tieferen Einblick in die Umsetzung von Anwendungsfällen mit Hilfe von KI können Unternehmen dann in verschiedenen Workshops erhalten. Angeboten werden Vorgehensmodelle, KI-Technologien und deren Einsatz in der Produktion.

Wie kommen KMU zu einer KI-Anwendung?

Mit den eigenen Mitarbeitern sprechen und sich die aktuellen Probleme schildern lassen ist ein vielversprechender Ansatz. Daraus ergeben sich Anwendungsfälle, die im Anschluss auf einen Einsatz von KI überprüft werden können. Weiter helfen dabei die KI-Trainer des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums. Der potenzielle Anwendungsfall kann über das Online-Tool »KI-Projektassistent« direkt an die KI-Trainer gesendet werden. Diese setzen sich mit den Entscheidern und betroffenen Anwendern aus dem anfragenden Unternehmen zusammen, um die Details des Anwendungsfalles systematisch zu erheben und ein mögliches Lösungsdesign vorzuschlagen.

Danach führen die Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums eine Machbarkeitsüberprüfung durch. Fällt diese positiv aus und ist eine Umsetzung mit KI auch wirtschaftlich sinnvoll, kann eine Realisierung erfolgen.

Die technische und wissenschaftliche Umsetzung einer KI-basierten Lösung für eine Projektidee ist als Forschungs- und Wissenstransferprojekt für KMU konzipiert. Wer eine Projektidee für diese sogenannten Exploring Projects einreichen möchte, wende sich direkt an die KI-Trainer des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums.



In vier Schritten zur Umsetzung

Seit mehreren Jahren setzen die Trainer in verschiedenen Digitalisierungsprojekten Roadmapping erfolgreich ein. Schritt für Schritt erstellen die Unternehmen mit dem Trainer eine Roadmap, mit der die KI-Anwendung umgesetzt wird.

Dabei können die Mitarbeitende des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums durch ihre Anbindung an die Fraunhofer-Gesellschaft auf Experten zu verschiedensten Themenbereichen zurückgreifen. Mit dieser Unterstützung sind bereits Projekte aus den Bereichen Produktionsplanung, Produktionsoptimierung und Organisationsoptimierung mit KMU aus Baden-Württemberg erfolgreich abgeschlossen worden. Die vom Fraunhofer IPA entwickelte Methode wird kontinuierlich präzisiert.

Was kosten die einzelnen Angebote des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums?

Aufgrund der Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sind die Angebote des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums für die Teilnehmer im Rahmen der Förderbedingungen kostenfrei.

Wann finden die nächsten Veranstaltungen statt?

Im Webinar »KI im Mittelstand – Anwendungsfälle identifizieren und umsetzen« lernen Sie, wie Sie eigenständig aus einer Projektidee einen KI-Anwendungsfall machen.

Das Webinar findet am 26. Januar 2021 online statt.

Melden Sie sich jetzt auf der Website des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums an:
<https://digitales-kompetenzzentrum-stuttgart.de/mec-events/ki-use-case-tuesday/>

Zusätzlich finden wöchentlich KI-Fridays zu verschiedenen Themenkomplexen statt:
<https://digitales-kompetenzzentrum-stuttgart.de/mec-events/ki-friday>

Ende des ersten Quartals 2021 wird wieder die Veranstaltung »Das intelligente KMU« stattfinden. Hier zeigen Ihnen KI-Trainer aus den Kompetenzzentren Stuttgart, Usability und Textil vernetzt verschiedene Anwendungsfälle von KI im Unternehmen und nehmen Sie mit auf eine Reise in die Datenwelt von morgen. ■

Weitere Informationen

<https://digitales-kompetenzzentrum-stuttgart.de/kuenstlicheintelligenz/>
<https://digitales-kompetenzzentrum-stuttgart.de/ki-werkzeugkasten/>
<https://digitales-kompetenzzentrum-stuttgart.de/ki-projektassistent>

Kontakt

Dr. Andreas Bildstein
 Telefon +49 711 970-1255
andreas.bildstein@ipa.fraunhofer.de

Tobias Eusterwiemann
 Telefon +49 711 970-1581
tobias.eusterwiemann@ipa.fraunhofer.de

Bumin Hatiboglu
 Telefon +49 711 970-1642
bumin.hatiboglu@ipa.fraunhofer.de

»Leistungen anbieten, die den Nerv treffen«

Herr Bildstein, Digitalisierung im Mittelstand, Fokus Produzierendes Gewerbe: Warum beschäftigen Sie sich mit diesem Thema?

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind eine sehr wichtige Säule unserer Wirtschaft und tragen dadurch wesentlich zum Wohlstand unserer Gesellschaft bei. Gleichzeitig stehen gerade KMU vor vielseitigen Herausforderungen wie dem Fachkräftemangel, der Entwicklung neuer, zukunftsfähiger Geschäftsmodelle und der Anpassung der internen Prozesse an immer komplexer werdende externe Anforderungen. Mir und meiner Mannschaft ist es ein großes Anliegen, diese Unternehmen zumindest bei einem Teil ihrer Herausforderungen zu unterstützen. Wir freuen uns, wenn wir mit unserer Unterstützung einen Beitrag dazu leisten können, dass die Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit halten oder sogar ausbauen können.

Und in welcher Form unterstützen Sie Unternehmen?

Wir sind froh, dass auch die Politik frühzeitig erkannt hat, dass insbesondere KMU beim Thema Digitalisierung Bedarf an kompetenter und umfassender Unterstützung haben. Diese Unterstützung können wir mithilfe verschiedener KMU-Förderprogramme auf verschiedenen Ebenen (EU, Bund, Land) leisten, indem wir Dank dieser Programme verschiedene Transfermaßnahmen anbieten. Hierzu gehört nicht nur der Fraunhofer-typische Technologietransfer zur Lösung spezifischer Problemstellungen, sondern wir unterstützen die Unternehmen auch methodisch beim Digitalisierungsstart. So können wir beispielsweise im Rahmen der Initiative Mittelstand Digital über das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart den KMU Möglichkeiten aufzeigen und ihnen helfen, für die Digitalisierung geeignete Anwendungsfälle zu finden und umzusetzen. Das sind Leistungen, die die Unternehmen sehr gerne annehmen, da sie offensichtlich den Nerv treffen.

Welche Fragen stellen Unternehmen in diesem Kontext immer wieder – und warum?

Ganz oben wäre da sicherlich zu nennen, dass viele Unternehmen auf uns zukommen und sagen, dass sie zwar verstanden hätten, dass Digitalisierung auch für sie wichtig ist, dass sie aber nicht so recht wüssten, wie sie denn nun anfangen sollten. Hier helfen wir, die passenden Themen ausfindig zu machen und in Form sogenannter Use Cases (Anwendungsfälle) aufzubereiten. Dieser problemgetriebene Ansatz hat dabei den Vorteil, dass direkt auf die aktuellen Probleme eingegangen werden kann. Wir helfen dabei, diese Anwendungsfälle systematisch zu erheben, zu beschreiben und nach einem Kosten-Nutzen-Abgleich für die Umsetzung zu priorisieren. Am Ende haben die Unternehmen dann eine Roadmap, die ihnen aufzeigt, welche Use Cases der Reihe nach in welcher Form umgesetzt werden sollten, um das Thema Digitalisierung zielgerichtet anzugehen.

»Personal dabei unterstützen, heutige Aufgaben besser erledigen zu können.«

... weitere Fragestellungen?

... drehen sich zum Beispiel um die Themen Tooleinsatz oder Mitarbeiterbindung. Die Frage nach den passenden Werkzeugen für die Umsetzung der verschiedenen Use Cases ist für KMU essenziell, da sie häufig nicht daran interessiert sind, langwierige Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu begleiten, um einen Lösungsansatz für deren Problemstellung zu erhalten. Vielmehr wünschen sich die Unternehmen Werkzeuge, die sie quasi von der Stange kaufen und ohne große Anpassung und Wartungsarbeiten direkt einsetzen können. Leider gibt es am Markt oft keine geeigneten Lösungen für ganz spezielle Problemstellungen. In diesem Fall helfen wir

Digitalisierung im Mittelstand

Dr. Andreas Bildstein leitet am Fraunhofer IPA die Forschungsgruppe Umsetzungsmethoden für die digitale Produktion. Der dreifache Familienvater, der vor dem Studium eine Ausbildung als Maschinenbaumechaniker absolviert hat, ist Überzeugungstäter, wenn es darum geht, passgenau das anzubieten, was den Mittelstand weiterbringt. Passenderweise ist »Sehen, verstehen, unterstützen« seine Devise.



dann bei der Entwicklung eines geeigneten Lösungsdesigns und unterstützen auf Wunsch bei der Umsetzung – entweder direkt durch unsere Technologie-Experten oder indem wir bei der Auswahl geeigneter Anbieter oder Umsetzungspartner helfen.

Wie weit ist der Mittelstand beim Thema Digitalisierung?

Das kann leider nicht pauschal beantwortet werden. Das ist von Unternehmen zu Unternehmen oft sehr unterschiedlich und hängt unserer Erfahrung nach sehr stark vom Engagement einzelner Akteure in den Unternehmen ab. Insgesamt können wir aber erkennen, dass die Unternehmen der Digitalisierung gegenüber doch zunehmend aufgeschlossener sind und sie nicht mehr als Bedrohung, sondern als Chance sehen.

Was sind die größten Hürden, die größten Treiber, die sichtbarsten Erfolge? Nennen Sie Beispiele aus Projekten, die Sie betreut haben.

Hürden bei der Digitalisierung gibt es für KMU viele. Eine der größten Hürden ist sicherlich der Zugriff auf kompetente und unabhängige Unterstützung. Hier setzen wir an und bieten den Unternehmen einen niedrigschwelligen, breit aufgestellten und herstellerunabhängigen Zugang – sei es im Bereich der eigenen Prozesse oder bei der Digitalisierung der Produkte

und damit der Entwicklung neuer Zugänge zu deren Kunden. Einer der größten Treiber bei der Digitalisierung der unternehmensinternen Prozesse ist wohl der Fachkräftemangel, der im ganzen Südwesten gerade kleine und mittelständische Unternehmen im Produktionsumfeld belastet. Wir haben mit vielen Unternehmern gesprochen, die gerne ihr Geschäft ausbauen würden, dies aber aufgrund fehlender qualifizierter Mitarbeiter nicht machen können. Hier ist die Digitalisierung einzelner Prozesse oft ein geeigneter Ansatz.

»So entstehen Innovationen, deren Umsetzung am finanziellen Rahmen scheitern würde.«

Mit Hilfe der Digitalisierung können beispielsweise Mitarbeiter bei der Durchführung ihrer Aufgaben unterstützt werden und so mehr zeitliche Freiräume erhalten. Dies verschafft Luft für weitere Aufgaben. Bei der Digitalisierung geht es also nicht darum, durch die Einführung von Digitalisierungslösungen bestehendes Personal abzubauen, sondern dieses Personal dabei zu unterstützen, ihre heutigen Aufgaben besser erledigen zu können.

Was sind Ihre wichtigsten Erkenntnisse aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart?

Die wichtigste Erkenntnis ist, dass viele KMU beim Start in die Digitalisierung ihrer Prozesse und Produkte Unterstützung benötigen, diese auch gerne annehmen, wenn sie ihnen passgenau bereitgestellt wird. Insbesondere die Unterstützung im Rahmen von Umsetzungsprojekten ist für KMU sehr interessant, da sie diese Unterstützung nur selten herstellerunabhängig und kostenneutral erhalten. Diese Form der Förderung halte ich für sehr gelungen und sollte daher in Richtung Anbieter von digitalen Werkzeugen wie IT-Unternehmen ausgebaut werden. So könnten Innovationen für KMU entstehen, deren Umsetzung sonst oft am finanziellen Rahmen scheitern würde.

Wohin geht die Reise? Wo werden Sie zukünftig dem Mittelstand in puncto Digitalisierung unter die Arme greifen?

Wohin die Reise gehen wird, wissen wir nicht. Wir wissen nur, dass wir unterwegs sind. Wir können für die KMU nur hoffen, dass weiterhin zahlreiche Fördertöpfe für den Start und das Meistern der Digitalisierung bereitgestellt werden, die über die reine Förderung einzelner Anwendungsfälle hinausgehen und eine nachhaltige und dauerhafte Infiltrierung der Unternehmen mit dem Geist der Digitalen Transformation unterstützen.

Klingt nach Arbeit!

Solange wir können, werden mein Team und ich die KMU dabei begleiten, denn wie bereits gesagt: Wir sind fest davon überzeugt, dass jedes produzierende Unternehmen von der Digitalen Transformation profitieren kann. Neben der methodischen Begleitung werden wir in Zukunft noch mehr den Fokus auf die Technologieauswahl für einzelne Anwendungsfälle der Unternehmen legen. Inzwischen sind die vom Markt angebotenen Lösungen zur Digitalen Produktion in Teilen auch für KMU hinsichtlich Funktionalität und Preismodell interessant. Wir sehen unsere Aufgabe darin, Angebot und Nachfrage bei der Umsetzung von Digitalisierungslösungen zusammenzuführen und eventuelle Lücken in der Passgenauigkeit durch eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für beide Seiten zu schließen. ■

Kontakt

Dr. Andreas Bildstein
Telefon +49 711 970-1255
andreas.bildstein@ipa.fraunhofer.de



KI im Mittelstand – Anwendungsfälle identifizieren und umsetzen

26. Januar 2021, 15.00 bis 17.00 Uhr

Welche konkreten Anwendungsfälle in meinem Unternehmen eignen sich für Künstliche Intelligenz?

Die KI-Trainer des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart helfen Ihnen dabei, Anwendungsfälle für Künstliche Intelligenz in Ihrer Produktion und Ihrer Organisation zu finden. Generieren Sie aus Herausforderungen beispielsweise in der Qualitätsprüfung oder in der Produktionsplanung einen KI-Anwendungsfall und erreichen Sie mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz eine Produktivitätssteigerung.

Zum Webinar anmelden:

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/veranstaltungen-messen/webinare/ki-im-mittelstand.html>

Digitale Helfer für die Montageautomatisierung

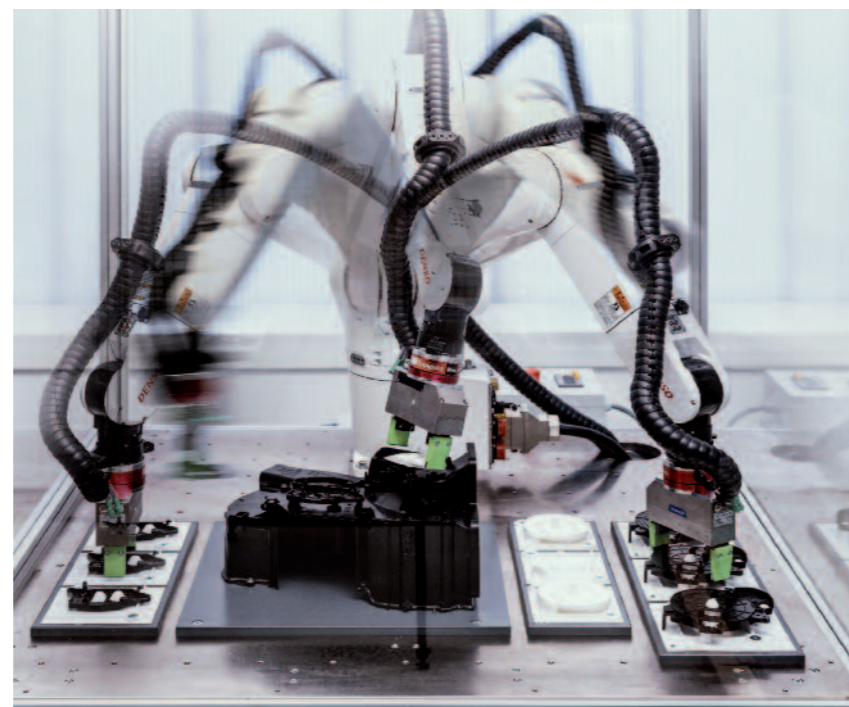
Eine App, um Automatisierungspotenziale zu ermitteln, und eine Webseite für die automatisierungsfreundliche Konstruktion von Bauteilen: Mit diesen beiden Tools können Unternehmen ihre Montage effizienter und wirtschaftlicher gestalten. Beide sind mit wenigen Klicks einsetzbar.

Im Gegensatz zu vielen anderen Produktionsschritten ist die Montage oft der Bereich, der noch manuell ausgeführt wird. Das liegt an einer hohen Variantenvielfalt bei kleinen Losgrößen, unterschiedlichsten Prozessen und Prozessanforderungen sowie einer undefinierten Teilebereitstellung. Mit dem richtigen Know-how ist es aber oft dennoch möglich, eine Voll- oder auch Teilautomatisierung mit Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) für die Montage umzusetzen und dadurch kostengünstiger zu produzieren.

Das Fraunhofer IPA hat zu diesen Fragen bereits zahlreiche Firmen weltweit auf fünf Kontinenten beraten. Hierfür setzen die Experten die eigens entwickelte Automatisierungs-Potenzialanalyse (APA) ein. Bei der APA untersuchen die Experten jeden Montageschritt in Bezug auf die Kriterien Vereinzeln, Handhaben, Positionieren und Fügen. Diese vier Kriterien werden dann noch einmal weiter aufgeschlüsselt. Beispielsweise wird das Positionieren in die Detailspekte Toleranzen der Zielposition, vorhandene Positionierhilfen, Zugänglichkeit, Fügebewegung, Fügetoleranzen und Haltstabilität untergliedert und jeder Prozess noch einmal entsprechend bewertet. Hinzu kommen Untersuchungen zu möglichen Zeiteinsparungen und ergonomischen Eigenschaften. Erfahrungsgemäß ergibt diese Untersuchung, dass etwa ein Zehntel der Montageprozesse prinzipiell für eine Automatisierung infrage kommt.

Per App zum Automatisierungsexperten

Bisher war dieser Prozess an das Wissen eines Experten gebunden. Zudem konnten die Daten, die bei jeder APA anfallen, nur manuell verwaltet und beispielsweise nicht für automatisierte Auswertungen genutzt werden. Um die APA wesentlich kundenfreundlicher zu gestalten und die anfallenden Daten besser nutzen zu können, bietet das Fraunhofer IPA jetzt eine App für Android-Geräte an, die das bisher personengebundene



Wissen bündelt und digital allen interessierten Unternehmen bereitstellt.

»Mit unserer APA-App kann jeder zum Experten in der Bewertung von Montageprozessen werden«, erklärt Alexander Neb, der als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPA arbeitet und die App mitentwickelt hat. Aktuell steht die App in der Version 2.0 bereit. Erste Anwender können sie mit einem einfachen Lizenzvertrag nutzen. Die App soll nicht auf die Montage beschränkt bleiben: »Wir arbeiten daran, auch das Thema MRK in die App zu integrieren, weil wir hierfür gerade in der Montage viele Einsatzmöglichkeiten sehen. Weitere Themengebiete werden die Maschinenbestückung und Demontage. Denn beide Aspekte werden aufgrund des wachsenden Umweltbewusstseins der Unternehmen und einer veränderten Gesetzeslage immer wichtiger«, erklärt Neb. »Wir freuen uns über Anfragen interessierter Unternehmen, die diese Weiterentwicklungen mit uns umsetzen möchten.«

Bauteile automatisch bewerten lassen

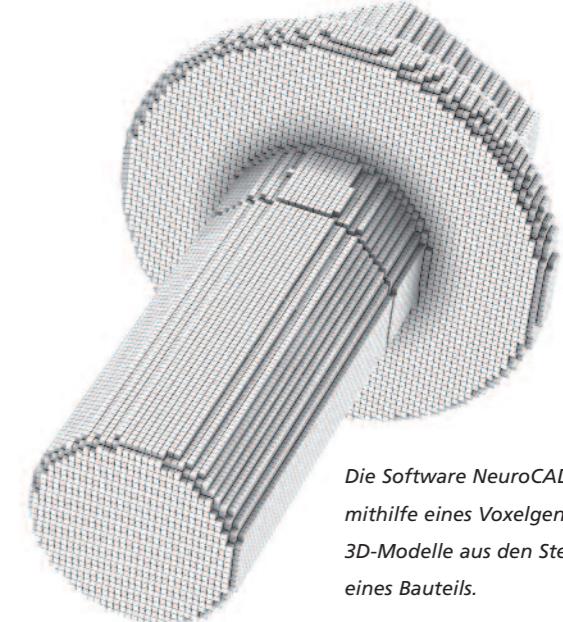
Wenn die App zu dem Ergebnis kommt, dass sich ein Montageprozess nicht gut automatisieren lässt, macht sie die Gründe hierfür ersichtlich. »So können beispielsweise aufgrund von Verhakungen oder Hinterschneidungen entscheidende Teilprozesse wie das automatisierte Vereinzeln oder Greifen technisch zu aufwendig oder unwirtschaftlich werden«, sagt Raoul Schönhof, Entwickler der Webseite und Software NeuroCAD. Während die APA bestehende Produktionen analysiert, ist NeuroCAD bereits im Planungsprozess einsetzbar.

Denn auch für die Planungsphase gilt: Das Wissen über die Vereinzelnbarkeit von Bauteilen und über weitere Kriterien, die für eine automatisierte Produktion wichtig sind, ist bisher an die Erfahrungen eines Experten gekoppelt. Jetzt unterstützt die Software NeuroCAD, die diese Einschätzung mithilfe maschineller Lernverfahren (ML), in diesem Fall mit einem bereits umfassend trainierten Neuronalen Netz, automatisiert.

Anwender können auf der als Prototyp existierenden Seite www.neurocad.de einfach ihre Stepdatei hochladen. Sie halten dann innerhalb weniger Sekunden eine 3D-Voxeldatei des Bauteils sowie eine Einordnung auf einer Skala von eins bis zehn, wie einfach oder schwer ein Bauteil zu vereinzeln ist. »Außerdem bewertet das Tool die Greifflächen und Ausrichtbarkeit des Bauteils«, ergänzt Schönhof. »Künftig wird eine Heatmap farblich anzeigen, welche Bauteileigenschaften für die Bewertung wichtig waren. Aktuell arbeiten wir daran, weitere Informationen ausgeben zu können, wie zum Beispiel zur Positionierbarkeit.« Neben der Bewertung des Bauteils nennt das Neuronale Netz zudem eine Wahrscheinlichkeit dafür, dass es mit seiner Bewertung richtigliegt.

NeuroCAD in die Praxis bringen

Die Entwickler der Software haben besonders zwei Nutzergruppen im Blick, für die sich das Tool lohnen dürfte: Produktdesigner können bereits im Planungsprozess eines Produkts genauer wissen, ob es sich in der gedachten Ausgestaltung dafür eignet, automatisiert montiert zu werden. Für Anbieter von Vereinzlungsanlagen ist NeuroCAD ein Hilfsmittel, mit dem sie intern Angebote erstellen können oder das extern für den Vertrieb nutzbar ist. Im letzteren Fall könnten Kunden ihre Stepdatei hochladen, die Anzahl der zu fertigenden Teile nennen und sie würden den Liefertermin und den Preis online angezeigt bekommen.



Die Software NeuroCAD erstellt mithilfe eines Voxelgenerators 3D-Modelle aus den Stepdateien eines Bauteils.

NeuroCAD ist nur eines von vielen Beispielen dafür, wie maschinelle Lernverfahren (ML) bereits heute praktisch helfen können. Im Rahmen mehrerer öffentlich geförderter Projekte unterstützt das Fraunhofer IPA beim Einsatz von NeuroCAD wie auch zahlreicher anderer Tools im Kontext von Robotik, Qualitätssicherung, Bildverarbeitung und optimierten Produktionsprozessen. ■



NeuroCAD wertet verschiedene Eigenschaften eines Bauteils hinsichtlich seiner Automatisierbarkeit aus, bspw. die Vereinzelnbarkeit oder die Greifbarkeit.

Kontakt

Alexander Neb
Telefon +49 711 970-1353 | alexander.neb@ipa.fraunhofer.de

Raoul Schönhof
Telefon +49 711 970-1843 | raoul.schoenhof@ipa.fraunhofer.de

Kraftvoll und gesund dank Hightech

Der Film »Terminator« mit Arnold Schwarzenegger als Maschinenmensch war 1984 ein unerwarteter Erfolg. Die Verbindung von Mensch und Maschine regte die Phantasie an. Die Wirklichkeit ist profaner – aber nicht weniger spannend. Experten sprechen von Exoskeletten oder Exosuits. Das sind Stützstrukturen, die man wie einen Anzug überzieht, um Schwachstellen auszugleichen, den Menschen leistungsfähiger zu machen oder ihn vor Gesundheitsschäden durch Überlastung zu bewahren. Schon vor einem halben Jahrhundert tüftelte das amerikanische Militär an einem Exoskelett, das Soldaten in die Lage versetzen sollte, stundenlang mit schwerem Gepäck zu marschieren. Inzwischen profitiert auch die Medizin von dieser Technologie. Menschen mit Lähmungen können mithilfe der äußeren Stütze wieder laufen.

Das Fraunhofer IPA entwickelt seit rund einem Jahrzehnt Exoskelette. Dabei steht der Gesundheitsschutz von Arbeitern in Fabriken und Werkhallen im Vordergrund. Denn viele Tätigkeiten, etwa Überkopfarbeiten, überfordern den Körper und führen auf Dauer zu Verschleiß und Schädigungen. Muskelskelett-Erkrankungen sind in Deutschland die Hauptursache für Arbeitsunfähigkeit. Roboter haben zwar in den vergangenen Jahren für Erleichterung gesorgt, doch diffizile Arbeiten, bei denen Fingerfertigkeit und Kreativität gefragt sind, müssen noch immer von Menschen erledigt werden. »Man hat inzwischen gemerkt, dass die Flexibilität des Menschen nicht so einfach zu ersetzen ist«, so Mark Tröster, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Physische Assistenzsysteme und smarte Sensoren der Abteilung Biomechanische Systeme am Fraunhofer IPA. Zudem sorgt der demographische Wandel dafür, dass ältere Mitarbeiter immer unverzichtbarer werden. Um die Gesundheit bis ins Rentenalter zu erhalten, sind aktive und passive Hilfen verfügbar.



Passive Stützfunktion

Das passive Exoskelett, das über keinen Antrieb verfügt, hat sich bereits in der Praxis bewährt und ist für manche Tätigkeiten sogar vorgeschrieben. Je nach Anforderung sind unterschiedliche Varianten verfügbar. Für Überkopfarbeiten gibt es ein Gurtsystem, das wie ein Rucksack umgeschnallt wird und den Armen eine Stütze liefert. Aufgrund des Gewichts von etwa zwei Kilogramm ist ein hoher Tragekomfort gegeben. Und wer das Exoskelett momentan nicht benötigt, kann die Arme problemlos nach unten drücken, während die Gegenkraft stetig abnimmt. Ein anderes System, das beim Heben schwerer Lasten hilft, reicht bis unters Kniegelenk. Somit wird nicht nur der Rücken des Werkers unterstützt, sondern der Träger durch einen mechanischen Kniff auch gezwungen, in die Knie zu gehen, wenn er sich nach vorne neigt. Das ungesunde Heben aus der Hüfte wird somit verhindert.

Aktive Unterstützung

Anspruchsvoller sind aktiv angetriebene Exoskelette, die derzeit am Beginn ihres Markteintritts stehen. Sie verstärken die Muskelkraft unter anderem mithilfe von Elektromotoren. Dies erfordert einen nicht zu unterschätzenden technischen Aufwand, weil Aktoren, Batterien und Sensoren nötig sind.

Vor allem muss die Maschine erkennen, wann sie ihre Motoren in Bewegung setzen soll. Das ist keineswegs trivial. Aktuelle Forschungsarbeiten beschäftigen sich damit, wie das System automatisch feststellt, wann eine Last gehoben werden soll und wie schwer diese ist. Dafür werden verschiedene Bewegungs- und Biosignalsensoren untersucht. Dies führt soweit, dass elektrische Signale an den Nerven ausgelesen werden, die zum Muskel führen. So wird die Maschine gewissermaßen zu einem Teil des Körpers. Wichtig ist auch, dass die Stützstruktur den Träger nicht behindert, wenn keine Arbeit ansteht. Dann soll das Exoskelett den Bewegungen des Trägers folgen, als wäre es gar nicht vorhanden.

Stuttgarter Exo-Jacket 2.0

Das IPA-Team hat das »Exo-Jacket« entwickelt, das diese Vorgaben größtenteils erfüllt. Indem das Exo-Jacket Arme und Schultern aktiv unterstützt und dem Rücken Halt gibt, hilft die Entwicklung beim Handhaben von Lasten. Mit diesem System soll niemand zum Superman werden. Vielmehr geht es darum, das Heben, Halten und Tragen von Lasten, die man auch ohne Unterstützung meistern könnte, zu erleichtern. Der Mitarbeiter soll seine Muskeln durchaus noch spüren. Das Unterstützungssystem versucht mit seinen vier Antrieben bis zur Hälfte des Gewichts der zu handhabenden Last zu kompensieren. Wichtig ist dabei, dass immer das ergonomisch vertretbare Maximalgewicht gemäß der deutschen Lastenhandhabungsverordnung eingehalten wird. Noch ist dieser Forschungsprototyp allerdings zu schwer für den täglichen Gebrauch. Tröster: »Das Eigengewicht spielt für die Akzeptanz eine große Rolle.« Mit konsequenter Leichtbauweise ließen sich aber noch ein paar Kilo abspecken.

Ergonomische Analyse von Arbeitsprozessen

Für ein Unternehmen ist es nicht leicht, zu entscheiden, ob eine Tätigkeit den Mitarbeiter überfordert und welche Lösung optimal ist. Hier können Mitglieder des IPA-Teams helfen, indem zunächst beurteilt wird, ob man die Arbeitsabläufe verändern kann, um Tätigkeiten des Mitarbeiters zu optimieren. Manchmal genügen organisatorische oder technische Änderungen, etwa Arbeitsplatzrotationen, den Arbeitstisch anzuhängen oder das zu bearbeitende Werkstück zu drehen. Wenn dies nicht möglich ist, vermessen die Stuttgarter Spezialisten die Bewegungsabläufe des Mitarbeiters direkt vor Ort und speisen die Daten in ein kinetisches Menschmodell ein. So lassen sich die Belastungen in jedem Gelenk und jedem Muskel berechnen – und entscheiden, welches Exoskelett angemessen ist.

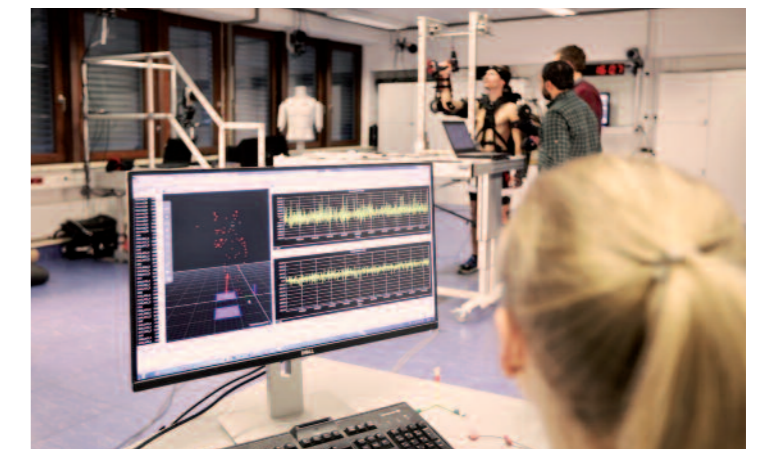
Eine spezielle Anwendung hat die IPA-Crew bereits im Visier: Im Rahmen des Forschungsprojekts »ExoPfleger« will sie in Kooperation mit drei Unternehmen ein komfortables aktives Exoskelett entwickeln, das Pflegern das Umbetten von bewusstlosen oder narkotisierten Patienten erleichtert.

Ergonomische Montage 4.0

Auch die fernere Zukunft haben die Mitarbeiter des Instituts im Blick. Sie wollen das Exoskelett reif für die vernetzte Fabrik machen. Die Idee ist, dass man dem System drahtlos Daten aufspielen kann, sodass es mit Robotern, Montagewerkzeugen und Maschinen interagiert und zum Teil der Montage wird. So verschmelzen Mensch und Maschine immer mehr – fast wie beim Terminator. ■

Kontakt

Christophe Maufroy
Telefon +49 711 970-1167
christophe.maufroy@ipa.fraunhofer.de



Transatlantische Kooperation zur Zukunft der Arbeit

Vier Monate sollte sein Forschungsaufenthalt in Boston dauern. Doch dann erreichte SARS-CoV-2 die Ostküste der Vereinigten Staaten und unser Wissenschaftler Simon Schumacher musste schon nach einem Monat wieder abreisen. Was er in dieser kurzen Zeit erlebt und gelernt hat und inwiefern diese Erfahrungen seine Arbeit am Future Work Lab verändern, beschreibt er in seinem Reisebericht.

Killian Court und Great Dome des MIT

Von Simon Schumacher

Am Ende ging es ganz schnell. Am Massachusetts Institute of Technology (MIT) wurde binnen weniger Tage sowohl die Lehre als auch die Institutsarbeit auf unbestimmte Zeit auf remote umgestellt. Die Corona-Neuinfektionen hatten gerade in den Hotspots New York und Washington State die USA erreicht und bedeuteten ein jähes Ende für meinen Forschungsaufenthalt. Gemeinsam mit meinen Führungskräften und Marion Engelke vom Personal- und Reisemanagement am Fraunhofer IPA wurde der nächstmögliche Rückflug gebucht, es gab ein Abschiedsessen in meiner Wohngemeinschaft und 24 Stunden später war ich wieder in Stuttgart.

Ursprünglich vorgesehen war ein viermonatiger Forschungsaufenthalt am MIT in Kooperation mit der dortigen Task Force Work of the Future. Der Forschungsaufenthalt sollte zur Weiterentwicklung des Framework kognitive Produktionsarbeit 4.0 im Future Work Lab (FWL) dienen. Dieses Framework bildet den inhaltlichen Rahmen für verschiedene Aktivitäten im FWL. Wir versuchen die wichtigsten Elemente der Produktionsarbeit abzubilden und erforschen, wie das Produktionssystem der Zukunft aussehen wird. Mein Dissertationsthema ist auch mit diesen Arbeitsinhalten verknüpft.

Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) ist eine Technische Hochschule und Universität in Cambridge im US-Bundesstaat Massachusetts. Die Hochschule liegt am Charles River in Cambridge direkt gegenüber von Boston und stromabwärts von der Harvard University. Das MIT wurde 1861 gegründet und ist eine private, nicht-konfessionelle Technische Universität. Derzeit studieren am MIT über 10000 Studierende.

<https://www.mit.edu/>

MIT Task Force Work of the Future

Die MIT Task Force Work of the Future wurde 2018 als institutsweite Initiative ins Leben gerufen, um zu verstehen, wie neu aufkommende Technologien die Art der menschlichen Arbeit und die erforderlichen Fähigkeiten verändern – und wie technologische Innovationen zum Nutzen aller in der Gesellschaft gestaltet und genutzt werden können. Die Task Force ist ein Zusammenschluss von über 20 Professoren aus den Ingenieur-, Politik-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, darunter renommierte Einrichtungen wie die MIT Sloan School of Management, das MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, die MIT Initiative on Digital Economy und das MIT Media Lab.

<https://workofthefuture.mit.edu/>

Den ersten Kontakt mit dem MIT gab es schon 2018, als sich die deutsche Wissenschaftlerin Dr. Inez von Weitershausen von der MIT Sloan School für die Inhalte des Future Work Lab interessierte. Nach intensivem Austausch und Besuchen in Deutschland wurde ich zu einem Forschungsaufenthalt am MIT eingeladen. Der Aufenthalt passte sehr gut in das beschriebene Arbeitspaket zum Framework kognitive Produktionsarbeit und zu den Internationalisierungsvorhaben des FWL. Nach Klärung der administrativen Fragen wurde der Forschungsaufenthalt von Februar bis Juni 2020 immer konkreter. Über Inez von Weitershausen erhielt ich die Möglichkeit, in einer Wohngemeinschaft mit sieben weiteren US-amerikanischen und internationalen Studierenden und Doktoranden direkt in Cambridge zu wohnen. Eingerahmt von Harvard, MIT und dem Charles River fand ich in Cambridge ein ziemlich perfektes akademisches Umfeld vor. Der MIT-Campus war zu Fuß nur zehn Minuten entfernt. Mein Büro lag direkt am Kendall Square unweit vom MIT Media Lab und dem Hauptgebäude mit dem Great Dome. Nach der Arbeit bin ich einige Male über die Harvard Bridge zur Back Bay oder nach Boston Downtown gegangen, um die Stadt zu erkunden. Das Ufer am Charles River bietet ein großartiges Panorama auf die Skyline Bostons und eignet sich perfekt als Laufstrecke.

Die Arbeit am Industrial Performance Center (IPC) des MIT lief ab dem ersten Tag sehr gut. Ich wurde von Leiterin Dr. Liz Reynolds, ihrer Assistentin Laura Guild und dem gesamten

Team sehr warmherzig empfangen und direkt in diverse Meetings eingebunden. Morgens hatte ich wegen der Zeitverschiebung meist Webmeetings mit den Kolleginnen und Kollegen am Fraunhofer IPA, anschließend lernte ich die laufenden Projekte am IPC kennen und tauschte mich mit den verschiedenen Wissenschaftlern der Task Force Work of the Future aus. Ein Highlight waren die großen offiziellen Meetings der Task Force mit den renommierten Professoren von der Sloan School, dem Computer Science & AI Lab (CSAIL) und der Initiative on Digital Economy (IDE). Der Austausch war dabei immer sehr angenehm und unproblematisch. Noch heute werde ich zu Meetings eingeladen, die wegen der Corona-Pandemie ohnehin online stattfinden.

Das MIT bietet ein unglaublich gutes Umfeld für Spitzenforschung. Beeindruckend ist die Einbindung von Studierenden und Doktoranden in die Institutstätigkeiten. In jedem Semester erarbeiten die Studierenden in ihren Kursen und Seminaren wertvolle Forschungsbeiträge in Form von Papers und meist datenbasierten Studien. Dabei wird großer Wert auf das methodische Vorgehen gelegt. Beeindruckend fand ich auch den Besuch eines Kleingruppenseminars von zwei Dozenten zur »Future of Work« mit etwa zehn Studentinnen und Studenten. Das Seminar bestand aus diskursiven Präsenzveranstaltungen – in unserer Sitzung wurden zwei historische Arbeitersongs und zwei aktuelle Bücher zur Digitalen Transformation analysiert – und die Studierenden schlossen es mit einem wissenschaftlichen Paper sowie einem Interview zur Arbeit der Zukunft mit einer beliebigen Person auf dem Campus ab. Diese Art der Lehre weicht doch stark von dem ab, was ich von deutschen Technischen Universitäten gewohnt bin. Auch das IPC lebt von einem ausgewogenen Zusammenspiel von Fakultätspersonal und Studierenden, das einen beträchtlichen wissenschaftlichen Output zum Ergebnis hat.

Für meine tägliche Arbeit am Fraunhofer IPA war der Einblick in die äußerst methodische Arbeitsweise am MIT enorm inspirierend. Ich versuche diesen hohen methodischen Anspruch beispielsweise in unserer aktuellen Studie zum Produktionssystem zu berücksichtigen. Außerdem ist die Task Force Work of the Future ein Beispiel für institutsweite und interdisziplinäre Zusammenarbeit. Auch das versuchen wir täglich in der Forschungsarbeit im Future Work Lab mit mehreren Abteilungen am Fraunhofer IPA und in direkter Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO umzusetzen.

Der Kontakt mit den verschiedenen Wissenschaftlern am MIT ist nicht abgebrochen. Im September haben wir gemeinsam ein Working Paper zur partizipatorischen Gestaltung der Digitalen Transformation veröffentlicht. Es dient der Motivation eines gemeinsamen Projekts, das auch im Zusammenhang mit dem neuen Leit- und Zukunftsthema »Technologien für die Mensch-zentrierte Produktion« steht. Darüber hinaus sind wir im intensiven Austausch über eine zweite Projektidee mit Bezug zu meinem Dissertationsthema.

Von Boston und dem Umland habe ich in der kurzen Zeit leider viel zu wenig gesehen. Natürlich würde ich sehr gerne die restlichen drei Monate des Forschungsaufenthalts Ende 2021 nachholen. Leiterin Dr. Liz Reynolds hat erneut dazu eingeladen und auch das Future Work Lab läuft noch bis 2022. Allerdings gibt es noch einige Ungewissheiten: vor allem der weitere Verlauf der Corona-Pandemie und die Art der Fortsetzung der Task Force Work of the Future im kommenden Jahr. ■

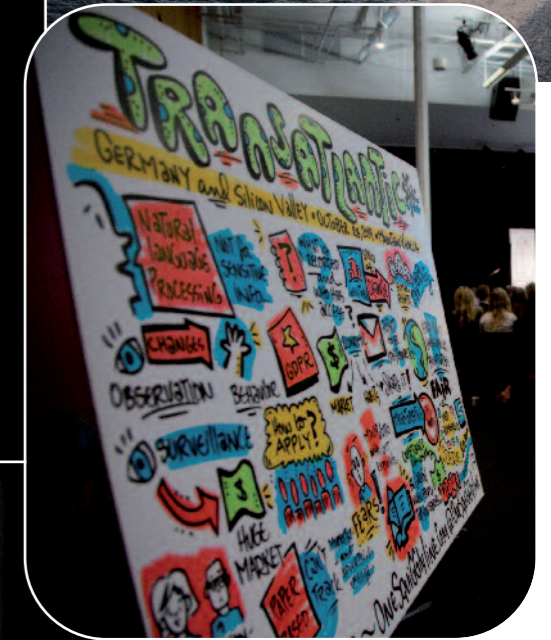
Kontakt

Simon Schumacher
Telefon +49 711 970-1747
simon.schumacher@ipa.fraunhofer.de

Future Work Lab

Das Future Work Lab auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart ist das größte Innovationslabor Deutschlands zur Produktionsarbeit der Zukunft. Die zentrale Demonstratorenwelt umfasst über 50 innovative Anwendungsfälle. Nach der Eröffnung im Februar 2017 stehen in der zweiten Förderphase bis 2022 Künstliche Intelligenz und vernetzte Produktion im Zentrum des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts.

<https://futureworklab.de/>



Risiken bei der Fabrikplanung minimieren

Erfolgreiche Unternehmen behaupten sich über Jahrzehnte am Markt. In dieser Zeit stehen sie immer wieder vor der Aufgabe, ihre Produktions- und Logistikkapazitäten ihrem Erfolg anzupassen und ihre Fabriken für eine sichere Zukunft neu zu planen und zu erweitern.

Fabrikplanung erzeugt Erwartungsdruck

Ein Fabrikplanungsprojekt ist immer ein strategisches Projekt. Es wirkt sich langfristig aus. Durch den starken personellen Einsatz, die hohen finanziellen Investitionen, aber auch die Vielfalt der Fabrikziele, weckt die Fabrikplanung entsprechend hohe Erwartungen bei den verschiedenen Beteiligten. Gerade für Unternehmen, die sich keine dauerhaften Planungsabteilungen leisten, können diese Erwartungen eine Belastung sein.



Die hohen Erwartungen entspringen der Vielfalt der beispielhaft dargestellten Fabrikziele.

Fabrikplanung als Teil der Fabrikentstehung

Wie die zukünftige Fabrik aussehen soll, wird in der Fabrikplanung festgelegt. In der Planung setzt man sie voraus und geht im Fabrikplanungsprojekt die ersten Schritte auf dem Weg zur zukünftigen Fabrik. Diese Startphase entscheidet in einem sehr hohen Maße über den zukünftigen Unternehmenserfolg. Insofern muss Fabrikplanung als Bestandteil des Fabrikentstehungsprozesses verstanden werden.

Partner richtig einbinden

Weil Fabrikplanung und Fabrikbetrieb gegenseitig voneinander abhängen, sind Entscheidungen im Fabrikentstehungsprozess elementar. Leitende Frage ist deshalb: Wie wirken sich Entscheidungen dieser Phase über den gesamten Lebenszyklus der Fabrik aus? Um diese Frage beantworten zu können, sind die Phasen des Fabrikentstehungsprozesses Planungsphase – Genehmigung – Baustart – Umzugsstart – Umzugsende – Anlaufphase in den Blick zu nehmen und die beteiligten Partner klar zuzuordnen. Ein Augenmerk muss zum Beispiel auf der Umzugsphase liegen. Das ist die Zeit zwischen der Unterbrechung des eingelaufenen Produktionsablaufs bis zur vollständigen Aufnahme des neuen Prozesses. Die wenigsten Unternehmen können sich eine vollständige Unterbrechung der Produktion für einen Zeitraum von ca. sechs Monaten leisten.

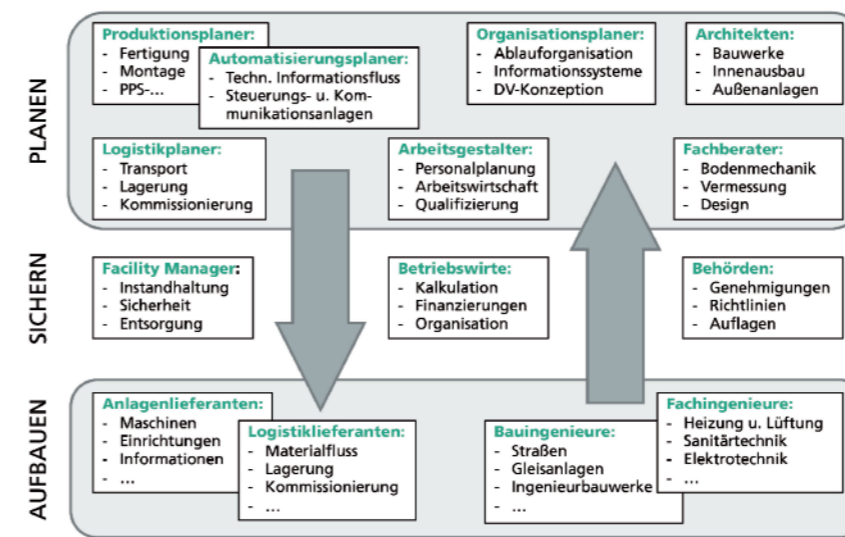
Eine Vielzahl an Partnern ist an der Planung, Sicherung und Einrichtung von den ersten Planungsskizzen bis zum abgenommenen Gebäude mit teilweise neuen Anlagen beteiligt. Sie alle müssen zum richtigen Zeitpunkt im Fabrikentstehungsprozess eingebunden werden.

Risiken identifizieren

Durch die komplexen Zusammenhänge lassen sich nicht alle Risiken komplett ausschließen, sodass Risiken unterschiedlicher Charakteristik den Alltag der Planung und Aufbau neuer Fabrikstrukturen stets begleiten. Risiken, die den Start der Planungsphase stark beeinflussen und das gesamte Projekt atmosphärisch stören können, sind zum Beispiel mangelnde Aufgabenbeschreibung, Budgetfehlplanung oder unzureichende Festlegung von Prämissen.

Zum Zeitpunkt der ersten Idee ist die geplante Fabrik noch nicht greifbar. Deswegen kann eine Aufgabenbeschreibung zum Projektstart selten so konkret und präzise formuliert werden, dass alle Akteure das Gleiche verstehen und in die gleiche Richtung arbeiten.

Die Entscheidung, »dass etwas getan werden muss«, fällt in der Regel mit Blick auf den bisherigen Fabrikbetrieb. Der aktuelle



Zustand der Fabrik lässt eine weitere Entwicklung nicht zu. Zu diesem Zeitpunkt ist eine »quantifizierte« Beschreibung der Fabrikplanungsaufgabe noch in weiter Ferne. Es herrscht eher die Einstellung vor, dass die Experten wissen, was zu tun sei. Die Experten können aber nur mit klar definierten Grundlagen arbeiten.

Mit der Entscheidung einer Restrukturierung entwickeln sich auch Vorstellungen, ja sogar Visionen, wie die neue Fabrik zu gestalten ist. Ohne die Berücksichtigung des verfügbaren Budgets entstehen Varianten, die spätestens bei der Budgetbetrachtung wie ein Kartenhaus einstürzen können.

Im Rahmen der Grundlagenermittlung eines Fabrikplanungsprojekts werden, basierend auf festgelegten Prämissen, beispielsweise die Maschinen, die verschrottet oder solche, die weiter genutzt werden, betrachtet. Wenn unter den entsorgten Anlagen solche dabei sind, die für spezielle Arbeitsschritte keine Redundanz haben, kann dieses hohe Aufwände nach sich ziehen.

Um die Risiken zu minimieren, müssen diese genau analysiert werden: Welches sind die wichtigsten Risiken? Gibt es Risiken, mit denen wir auf jeden Fall leben müssen? Welche Risikoarten können wir ausmachen?

Risiken clustern

Aus der Erfahrung von Fabrikplanungsprojekten bietet der 4-Felderkreis eine praxiserprobte Möglichkeit, die unterschiedlichen Risiken zu clustern.

Jedes Unternehmen unterliegt handlungsrelevanten Rand- oder Rahmenbedingungen, die es nicht unmittelbar beeinflussen kann. Auf die Planung der nächsten Entwicklungsstufe bezogen, sind diese Grenzen zu hinterfragen und nachfolgende Fragen zu beantworten: Was beeinflusst unser Handeln,

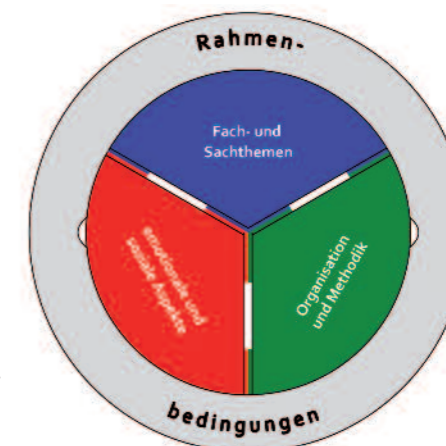
ohne dass wir darauf unmittelbar Einfluss nehmen können? Welches sind unsere Grenzen?

Die inhaltlichen Aufgaben sind die Basis der gesamten Planung. Langfristig kann Erfolg nur über eine richtige Prognose des Produktportfolios in Kombination mit dem richtigen Herstellungsprozess erreicht werden. Folgenden Fragen stellen sich dabei: Sind wir effektiv? Wie gestalten wir unsere Planungsarbeit methodisch? Sind wir effizient?

Die Ausmaße an Veränderungen lässt es in dieser Art von Projekten immer auch menscheln. Wie gehen wir dabei mit uns selbst und miteinander um? Beteiligte können so ein Projekt als ihre ganz persönliche Chance oder als Bedrohung sehen. Trotzdem sind Fabrikplanungsprojekte Meilensteine im Lebenszyklus eines Unternehmens, die einzig und allein, den möglichst erfolgreichen Fortbestand des Unternehmens zum Ziel haben.

Abschließende Thesen

- Die Fabrikplanung erarbeitet die Grundlage des gesamten Fabrikentstehungsprozesses.
- Die Fabrikplanung schreibt das Drehbuch für die Zusammenarbeit der involvierten Partner in jeder einzelnen Phase des Fabrikentstehungsprozesses.
- Risiken lassen sich nicht ausschließen, aber minimieren.
- Die Vielzahl der Partner mit nicht immer übereinstimmenden Zielsetzungen macht einen Blick über den Tellerrand der fachlichen Zusammenarbeit hinaus in Richtung sozialer Zusammenarbeit notwendig.
- Die Komplexität des Fabrikentstehungsprozesses lässt einen idealen Ablauf in der Praxis nur in den seltensten Fällen zu. ■



Der 4-Felderkreis (nach H.R. Schübel und H. Reinerth).

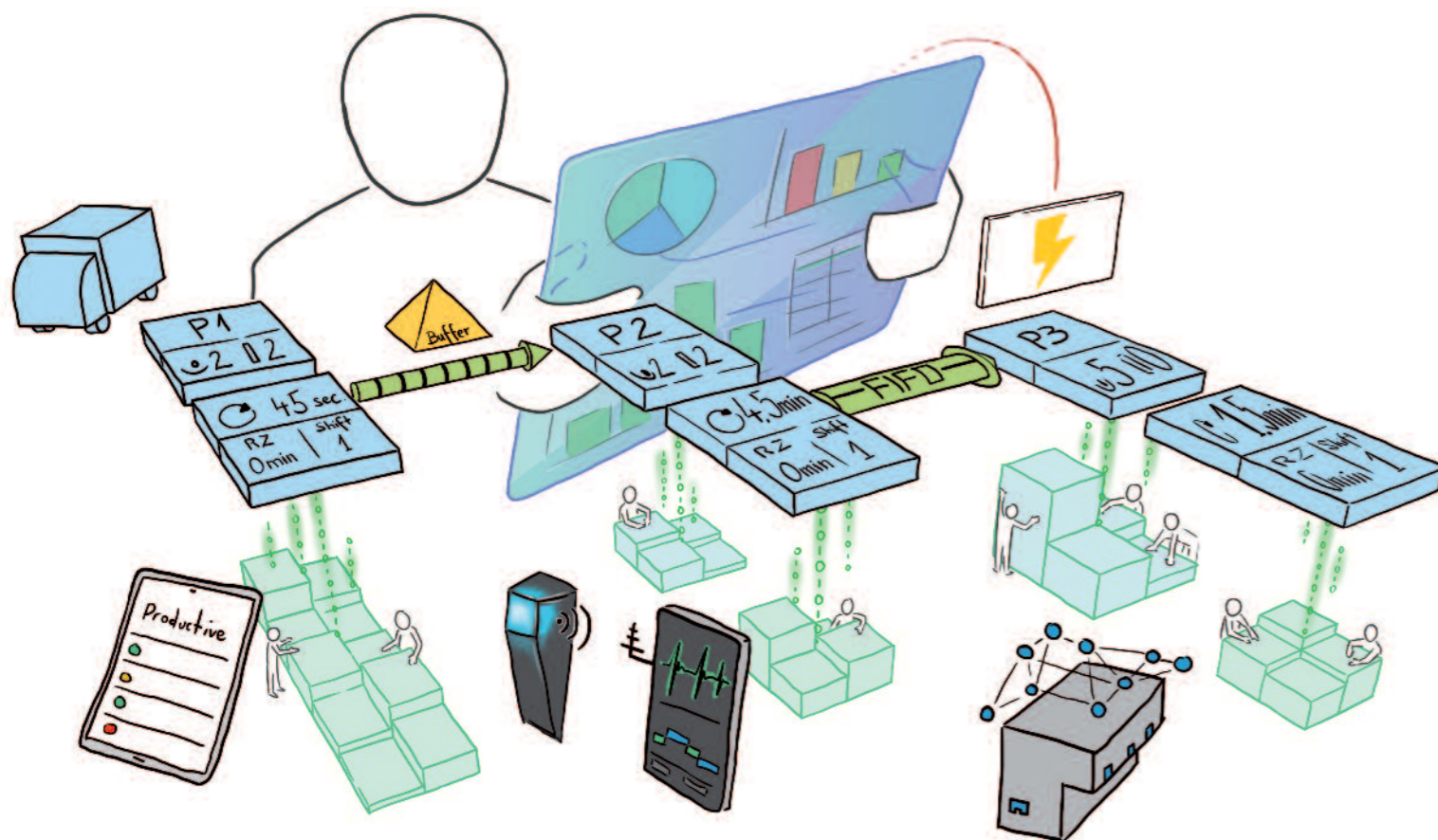
Kontakt

Hans Reinerth
 Telefon +49 711 970-1981
 hans.reinerth@ipa.fraunhofer.de

Hubert R. Schübel
 Telefon +49 711 85 60-201
 hubert.schuebel@consultoria.de

Digitale Daten richtig erfassen und nutzen

Im Wertstrom Engpässe identifizieren, Daten mit mobiler Sensorik erfassen und Verluste autonom aufdecken



Bei der Analyse einer Produktion beginnen wir mit den Engpässen, gemäß dem Motto: »Eine verlorene Stunde am Engpass ist eine verlorene Stunde für das Unternehmen«. Dadurch wird verhindert, dass die Produktion lokal an den Stellen optimiert wird, die wenig zur Leistung des gesamten Produktionssystems beitragen. Stattdessen gilt es, zunächst die Engpässe zu identifizieren, die die Systemleistung reduzieren, um dann diese gezielt zu optimieren.

Im Folgenden stellen wir vier fallspezifische Methoden und Werkzeuge aus unserer täglichen Praxis in der Produktionsoptimierung vor. Für die Wahl der Herangehensweise ist es wichtig, dass der Analyseaufwand in einem sinnvollen Verhältnis zur Komplexität des Optimierungsproblems in der Produktion steht.

Engpässe finden mit der Wertstromanalyse

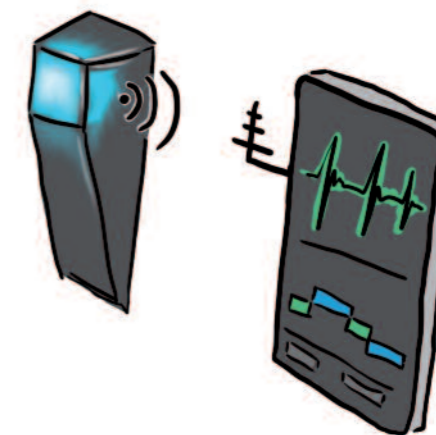
Die Wertstromanalyse bietet einen vollständigen Überblick über die Produktion inklusive der Planung und Steuerung. Der Gesamtprozess wird allen sichtbar. Anhand der wertstromspezifischen Kennzahlen können wir kritische Prozesse erkennen.

Die Analyse führen wir vor Ort mit Papier und Bleistift durch – das macht die Analyse schnell. Auf dem Shop-Floor bekommt man einen Eindruck von Ordnung und Sauberkeit sowie den tatsächlichen Verhältnissen vor Ort. Man kann mit den Mitarbeitern sprechen und von ihrem Wissen profitieren.

Durch die transparente Darstellung lassen sich die Ergebnisse sofort verwenden und einfach kommunizieren. Bei der Wertstromanalyse wird die Situation jedoch nur zu einem Zeitpunkt aufgenommen. Über die erhobenen Kennzahlen lassen sich Prozesse mit hoher Auslastung – die potenziellen Engpässe – einfach ermitteln. Diese können dann im Anschluss mit dem jeweils geeigneten Werkzeug, OEE-App für einfache Anlagen, LeanDA für manuelle Prozesse und MOEE für komplexe hochautomatisierte Prozesse genau analysiert werden.

Engpassursachen verstehen mit der OEE-App

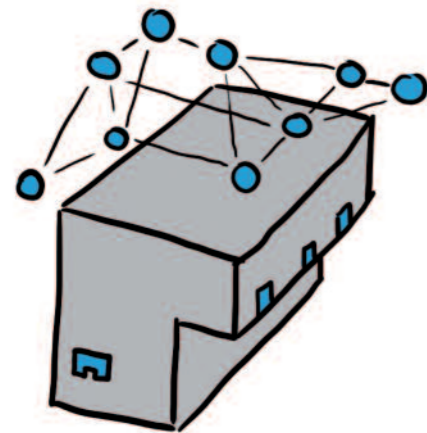
Bei mehrstufigen Fertigungen ist es wichtig, dass wir dynamische Verhalten von Engpässen verstehen. Werker mit Ein- oder Mehrmaschinenbedienung können mit geringem Aufwand die Zustände der Anlagen digital aufnehmen und dadurch sofort auswerten. Die Zustandsübergänge kann der Werker einfach per Touch auf einem Tablet festhalten. Die darauf folgende Auswertung liefert die Gesamtanlageneffektivität (engl.: Overall Equipment Effectiveness, abgekürzt: OEE) der Anlagen und gibt Rückschlüsse auf Ursachen von deren Engpassverhalten.



Ein großer Vorteil des einfachen Tools ist die aufwandsarme Anwendung und extrem kurzfristige Ergebniserzeugung. Die Definition und Eingabe der aufzunehmenden Zustände an der ausgewählten Anlage im Vorfeld dauern nur gut eine halbe Stunde. So liegen uns die ersten Daten und Analysen bereits nach der ersten Schicht vor. Die OEE-App wurde bereits in mehreren Projekten erfolgreich eingesetzt und unterstützt auch bei der Neuauslegung von Planzeiten.

LeanDA zur Ursachenanalyse in manuellen Prozessen

Um in einer Montage beide Hände frei für die Wertschöpfung zu haben, ersetzen wir den Touch-Screen durch drahtlose Sensoren, die Bewegungsdaten automatisiert aufzeichnen. Ähnlich wie bei der OEE-App werden die gewünschten Prozessschritte vordefiniert und Sensoren an Werkzeugen oder Bauteilen befestigt. Die vorgefilterten Beschleunigungs-, Rotations- und die Magnetfeldsignale aller drei Achsen dienen als Eingangssignal der Prozesserkennung durch Maschinelles Lernen. Nach einer kurzen Einlernphase mittels Tablet erkennt der Algorithmus selbstständig die durchgeführten Prozesse und liefert den Prozessingenieuren die notwendigen Kennzahlen zur Prozessbewertung. Diese systematische Umwandlung von Signaldaten (Big Data) in Informationen (Smart Data) ermöglicht es Prozessingenieuren, Anhaltspunkte für Prozessoptimierungen zu finden. Die Lösung wurde bereits in Industrieprojekten angewandt und ist im Future Work Lab des Fraunhofer IAO und IPA in Stuttgart erlebbar.



Intelligente Systemoptimierung MOEE zur Ursachenanalyse in verketteten Anlagen

Mit MOEE haben wir ein Software-Tool entwickelt, das die Möglichkeit bietet, automatisiert die Ursachen für Produktivitätsverluste in technischen Anlagen zu identifizieren. Die verwendeten Algorithmen sind in der Lage, komplexe verkettete Anlagen komplett zu durchleuchten und Verluste hinsichtlich Leistung, Verfügbarkeit und Qualität aufzudecken.

Durch eine Kombination aus automatischer Prozessmodellierung und maschinellen Lernverfahren erkennen wir dynamische Engpässe zum Zeitpunkt des Auftretens und tragen so zu einer schnellen Störungsbeseitigung bei. Durch die zusätzliche Drilldown-Funktion, die den Prozess in seine Teilschritte zerlegt, werden kritische Prozessschritte aufgezeigt. Dabei ordnet die Root-Cause-Analyse Fehlerursachen bis auf Komponentenebene zu. Durch diese Verkürzung der Fehlersuche, kann sich der Instandhalter direkt auf die Reparatur der identifizierten Komponente fokussieren. Als Eingangsdaten dienen uns dabei entweder die I/O-Signale der Maschinensteuerung (SPS) oder eigene externe Sensorik, die als Retrofit-Lösung an kritischen Positionen der Anlage angebracht wird. Indem wir Kameras anbringen, erzeugen wir zusätzliche Informationen und können die Videobilder mit den Steuerungssignalen fusionieren, um vollständige Prozesstransparenz über die Ursachen von Störungen und Kurzstopps zu erhalten.

Die Auswertung benötigt lediglich einen Zugang zur Maschinensteuerung. Die Daten werden vor Ort im Unternehmen ohne die Risiken einer Cloud ausgewertet. Mit dem System erhalten wir Transparenz über Produktivitätsverluste, insbesondere beim Ramp-up neuer Anlagen oder beim Umrüsten auf neue Produkte und können so Produktivität schnell steigern. Bewährt hat sich das System bereits bei unseren Kunden aus der kostensensitiven Automobilindustrie und bei komplexen hochautomatisierten Anlagen der Pharmaindustrie.

Fazit

Unser Beratungsansatz liefert mit der Wertstromanalyse einen ersten Überblick und identifiziert die Engpässe. Je nach Technologie kommen unterschiedliche Tools zur detaillierten Ursachenanalyse zum Einsatz. Mit der OEE-App kann das dynamische Verhalten einfacher Prozesse genau erfasst werden. Sind noch genauere Analysen notwendig, unterstützt LeanDA bei der Datenaufnahme manueller Prozesse und die MOEE bei Problemen mit komplexen verketteten Anlagen. Unser Methodenwissen, kombiniert mit den digitalen Tools, macht es möglich, aus der vielfältigen Datenflut die richtigen Informationen herauszudestillieren. ■

Weitere Informationen

https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Fabrikplanung-und-Produktionsmanagement/Produktblatt_LeanDA_web-offen.pdf

<https://futureworklab.de/>

Kontakt

Roman Ungern-Sternberg (Wertstromanalyse)
Telefon +49 711 970-1976
roman.ungern-sternberg@ipa.fraunhofer.de

Emir Cuk (LeanDA & OEE-App)
Telefon +49 711 970-1911
emir.cuk@ipa.fraunhofer.de

Julian Maier (MOEE)
Telefon +49 711 970-1958
julian.maier@ipa.fraunhofer.de

StationConnector wird marktreif

Maschinendaten schnell und einfach

Daten sind die Währung der Zukunft. Aber wie gewinnt ein Unternehmen die zahllosen Daten aus seinem Maschinenpark, um die Produktion zu modernisieren? Eine innovative Software hilft: Sie liest die gewünschten Daten aus und stellt sie beliebigen Anwendungen zur Verfügung. Das große Plus: Sie ist besonders flexibel und benutzerfreundlich.

Unternehmen, die ihre Produktion modernisieren wollen, müssen mit Daten hantieren – je mehr oder besser sie sind, desto größer sind die Potenziale auf neue Anwendungen. Wer eine automatisierte Qualitätskontrolle braucht, Künstliche Intelligenz implementieren will oder aus der Distanz verfolgen möchte, ob seine Maschinen einwandfrei arbeiten, muss die Daten der Geräte abgreifen und verarbeiten. Auch der Einstieg in Industrie 4.0, das große Ziel jeder Fabrikation, ist ohne Datenaustausch undenkbar. Doch ein Maschinenpark besteht meist aus Geräten mehrerer Generationen. Und diese arbeiten mit unterschiedlichen Protokollen und Steuerungen. Um ihre Daten auszulesen und zentral zu nutzen, ist bisher meist ein sehr hoher Aufwand notwendig., ist bisher sehr aufwendig.

Auch bei der Nutzung der Daten klemmt es oft: Denn jede Anwendung benötigt eine andere Auslesegeschwindigkeit. So ist Maschinelles Lernen auf eine hohe Datenrate angewiesen, Monitoring dagegen kommt mit einer geringen Rate aus. Vor allem aber können viele Unternehmen noch gar nicht entscheiden, auf welche Art sie modernisieren werden. Sie wissen also nicht, welche Daten sie künftig in welcher Form benötigen.

Daten auslesen und bereitstellen

Experten des Fraunhofer IPA haben eine Software entwickelt, mit der weder das Auslesen noch das Nutzen der Daten problematisch ist. Der »StationConnector« kommt mit fast allen Maschinen zurecht, kann deren Daten auslesen und diese für weitere Anwendungen zur Verfügung stellen.

»Egal, was die Zukunft bringt – mit dem StationConnector ist man gerüstet«, sagt Marcus Defranceski, der verantwortliche IPA-Informatiker.

So kann ein Unternehmen harmonisch wachsen, ohne sich zu früh festlegen zu müssen. Und die Software ist sehr kundenfreundlich. »Man braucht keine tiefgreifenden Informatikkenntnisse, um damit umzugehen«, beruhigt Defranceski.

Bei der Installation müssen die Maschinen nicht einmal abgestellt werden. Und die Konfiguration kann der Kunde selbst vornehmen. Er bestimmt, welche Daten von welchen Maschinen mit welcher Frequenz bereitgestellt werden sollen.

Informationen über den Maschinenzustand

Die Software läuft auf beliebigen Geräten – auf einem PC, einem Smartphone oder vernetzt in einer Cloud. Die ausgelesenen Daten lassen sich graphisch sichtbar machen, um rasch einen ersten visuellen Eindruck zu bekommen. Und das Programm ist in der Lage, kritische Maschinenzustände zu definieren, die ein Eingreifen erfordern. Wenn etwa Überhitzung droht, liefert der StationConnector nicht nur einen Fehlercode, sondern gibt umfangreiche Informationen über den Zustand der Maschine. So weiß der Operator sofort, was zu tun ist.

IPA-Forscher gründen Start-up

Anfang nächsten Jahres geht die IPA-Innovation den nächsten Schritt: Die drei Informatiker aus dem Fraunhofer IPA, die das Programm entwickelt haben, gründen ein eigenes Unternehmen und gehen mit dem StationConnector auf den Markt. ■

Kontakt

Marcus Defranceski
Telefon +49 711 970-1033
marcus.defranceski@ipa.fraunhofer.de



»Unser Hygienebewusstsein wird sich nachhaltig ändern«

Die Pandemie beschleunigt aktuell so manche Technologieentwicklung. Auch Desinfektions- und Reinigungsroboter erfahren seither großes Interesse. Mit diesen beschäftigt sich Dr. Birgit Graf, Leiterin der Gruppe Haushalts- und Assistenzrobotik, seit vielen Jahren. Im Interview spricht sie über den neuesten Roboter »DeKonBot«, ihr gerade begonnenes und bisher größtes Forschungsprojekt »MobDi« sowie Entwicklungen zur Robotik in der Gesundheitsbranche.

Frau Graf, Sie und Ihr Team haben kürzlich einen neuen Service-roboter für Desinfektionszwecke vorgestellt. Er hat in der Öffentlichkeit viel Aufmerksamkeit erfahren. Beschreiben Sie uns doch kurz, was der »DeKonBot« genannte Roboter kann.

DeKonBot ist ein mobiler Roboter für die Wischdesinfektion. Er kann Oberflächen wie Türgriffe, Lichtschalter oder Aufzugknöpfe erkennen, selbstständig zu diesen hinfahren und mit seinen Reinigungstüchern eine geeignete Wischbewegung ausführen. Um diese Bewegung einzulernen, bewegt der Anwender den Roboterarm aktuell einmal so, wie es für die Reinigung erforderlich ist, und der Roboter speichert diese Bahn ab. Zukünftig wird er die Bahn auf Basis der Objekterkennung eigenständig planen. Das Praktische an DeKonBot ist, dass er auch unter Menschen agieren kann, weil er das Desinfektionsmittel nicht großflächig einsetzt. Aktuell ist DeKonBot ein Prototyp. Mit den weiteren Optimierungen, die wir im Moment durchführen, hoffen wir, perspektivisch einen Beitrag gegen die Ausbreitung des Virus leisten zu können. Das öffentliche Leben muss ja auch unter den aktuellen Einschränkungen irgendwie weitergehen.

Was hat Sie zu dieser Entwicklung motiviert?

Meine Forschungsgruppe beschäftigt sich bereits seit vielen Jahren mit der Reinigungsrobotik. Neben diversen Projekten im Bereich der Haushaltsstaubsauger ging es sowohl im Projekt »AutoPnP« als auch im Projekt »BakeR« um die Reinigung von Bürogebäuden. Während wir in AutoPnP mit dem Care-O-bot 3 noch einen vorhandenen Roboter für die Umsetzung



genutzt hatten, haben wir in BakeR einen komplett neuen Roboter für dieses Einsatzfeld aufgebaut. Die umgesetzte Anwendung war die Bodenreinigung, es ging aber auch darum, dass ein Roboter mit einem Arm zum Beispiel Türen öffnen oder Papierkörbe leeren kann. Das Wischen von Oberflächen hatten wir bisher nicht umgesetzt, aber immer wieder diskutiert. Es ist eine sehr häufig benötigte Reinigungsaufgabe und würde somit das Personal weiter entlasten. Als dann die Corona-Krise kam, haben wir im Team überlegt, was wir mit unserer technischen Expertise beitragen können. Eine Automatisierung der Oberflächendesinfektion durch mobile Roboter, um einen der möglichen Übertragungswege des Virus einzudämmen, war dann sehr schnell der logische Schritt.

Das Projekt läuft noch bis Februar 2021 und insgesamt nur neun Monate. Wie konnten Sie so schnell einen Prototyp präsentieren?

Das war in der Tat eine rasante Entwicklung. DeKonBot ist ja eine gemeinschaftliche Entwicklung dreier Abteilungen vom IPA, sonst wäre das nicht möglich gewesen. Die Hardware, bestehend aus einer Care-O-bot-4-Basis und einem Scara-Arm, haben wir weitgehend vom Roboter »Kevin« übernommen, der in der Abteilung »Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik« entwickelt wurde. Seine Aufgabe dort ist es, autonom Proben zu transportieren. Die Kollegen entwickelten für DeKonBot beispielsweise auch die Sprühmechanik, um die Reinigungspads zu benetzen. Zudem passten sie die Steuerung des Roboters für die neue Aufgabe an und auch die GUI, also die Bedienoberfläche, mit der der Roboter eingelernt wird. Wir konnten viele Erfahrungen aus dieser Entwicklung nutzen und innerhalb von nur einer Woche einen ersten Demonstrator für die Anwendung aufbauen. Hier nutzte der Roboter noch ein Sprühwerkzeug. Allerdings änderten wir dies schon bald. Denn in Gesprächen mit Reinigungsdienstleistern wurde klar, dass die Wischdesinfektion sinnvoller ist. Sie entfernt nämlich auch möglichen Schmutz, der Keime verdecken könnte.

Welchen Beitrag leisteten die anderen beiden Abteilungen?

Die Kollegen aus der »Reinst- und Mikroproduktion« validierten die Ergebnisse der Desinfektion. Sie überprüften beispielsweise, wie gut der Roboter alle Bereiche erreicht und ob mögliche Verunreinigungen auch wirklich verschwinden. Die Frage ist ja auch, wie oft das Reinigungspad benetzt werden oder ausgetauscht werden muss, damit es die Keime wirklich entfernt und nicht weiterverteilt. Letzteres darf natürlich nicht passieren. Wir aus der Abteilung »Roboter- und Assistenzsysteme« lieferten auf Basis unserer umfassenden Vorarbeiten die grundlegenden Robotertechnologien wie Navigation, Manipulation und das Erkennen beispielsweise der Türklinken oder anderer zu reinigender Objekte. Wir nutzen dabei Verfahren des Maschinellen Lernens, um möglichst flexibel zu sein. Türgriffe gibt es schließlich in zahlreichen Varianten, die dem Roboter unmöglich alle separat eingelernt werden können. Hinzu kommen Türkäufe sowie flache Objekte wie Lichtschalter und Aufzugknöpfe, die je nach Form anders gewischt werden müssen. Außerdem entwickeln wir gerade einen ganz neuen Sensor. Dieser nutzt ein Lichtschnittverfahren, damit er besonders spiegelnde Oberflächen wie Metallgriffe gut erkennen und präzisere 3D-Daten davon liefern kann. Und schließlich haben wir uns auch um die Risikoanalyse gekümmert.



Das »DeKonBot«-Projekt ist noch nicht abgeschlossen, da startet schon Ihr nächstes Projekt in der Servicerobotik mit insgesamt zwölf Partnern aus der Fraunhofer-Gesellschaft. Was hat es mit der »Mobilen Desinfektion« oder MobDi auf sich?

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat das interne Aktionsprogramm »Fraunhofer vs. Corona« ins Leben gerufen, von dem sowohl DeKonBot als auch MobDi finanziert werden. Zunächst wurden eher kleinere Projekte bewilligt, in der zweiten Phase ging es darum, gleichartige Projekte zu clustern. Die rund 70 Institute der Fraunhofer-Gesellschaft ergänzen sich mit ihrem Technologie-Portfolio sehr gut und es gilt, Kompetenzen strategisch zu bündeln. MobDi ist mit zwölf Partnern ein sehr großes Projekt, das auch von verschiedenen Vorgängerprojekten profitiert. Darin sollen unter anderem Desinfektionsroboter für zwei Einsatzfelder eingesetzt werden. Einer ist für öffentliche Gebäude gedacht und wird sozusagen der DeKonBot 2. Dafür wird der aktuelle Roboter hardwareseitig noch angepasst. Der andere Roboter wird für Desinfektionszwecke im ÖPNV aufgebaut. Hierfür braucht es beispielsweise eine spezielle Antriebseinheit, die auch Spalten und Stufen überwinden kann.

Die Software beider Roboter wird eine deutlich verbesserte Desinfektionsleistung ermöglichen: Die Roboter erkennen dank eines noch detaillierteren Umgebungsmodells, aus welchem Material ein zu reinigendes Objekt besteht und wie verschmutzt es ist. Entsprechend diesen Informationen wählen die Roboter die Desinfektionsmethode. Dazu werden im Projekt Werkzeuge beispielsweise für die Desinfektion durch Wischen, Sprühen, UV oder Plasma und ein Werkzeugwechsel-

system entwickelt. Neben den Desinfektionsrobotern entsteht im Projekt ein weiterer Roboter, der für den flexiblen, hygienegerechten Materialtransport in Kliniken eingesetzt werden kann. Um den Transfer in die Praxis zu ermöglichen, begleiten umfassende Nutzerstudien und Wirtschaftlichkeitsanalysen die technischen Entwicklungen.

Welche Aufgaben werden Sie und Ihr Team in MobDi übernehmen?

Wir bauen zum einen den eben genannten Transportroboter auf, der sich durch einen besonders kleinen Footprint und dadurch eine hohe Flexibilität auszeichnet. Hierfür nutzen wir Vorarbeiten aus unserem SeRoDi-Projekt, in dem wir einen »intelligenten Pflegewagen« entwickelt haben. Zum anderen verantworten wir die Integration der neuen Technologien und Funktionalitäten in die nächste Ausbaustufe des DeKonBot und entwickeln unsere Software zur Navigation, Manipulation und Objekterkennung weiter. Nicht zuletzt koordinieren wir das Projekt und beschäftigen uns mit der frühzeitigen Einbindung potenzieller Vermarktungspartner aus der Industrie. Weil es nur ein Jahr Laufzeit hat, ist MobDi ein durchaus sportliches Unterfangen.

Welchen Stellenwert hat die Reinigungs- und Desinfektionsrobotik für Ihre Arbeit und das IPA insgesamt?

Unsere aktuellen Entwicklungen sind für mich die konsequente Weiterführung unserer langjährigen Arbeit an diesem Thema. Sie haben sicherlich wegen Corona eine besondere Brisanz. Wir waren aber auch schon vor Corona mit der Reinigungsbranche dazu im Austausch. So ist zum Beispiel das Personal schon länger knapp, es wechselt oft und die Frage der Zuverlässigkeit und Dokumentation der durchgeführten Reinigungstätigkeiten wird immer wichtiger. All diesen Herausforderungen können wir mit wirtschaftlichen roboterbasierten Reinigungslösungen begegnen.

Dass Reinigungs- oder Desinfektionsrobotern durch die Corona-Pandemie großes Interesse widerfährt, liegt nahe. Wo sehen Sie weitere Entwicklungsschübe für die Robotik bedingt durch die aktuelle Situation?

Wir erleben, dass auch die Robotik für das Gesundheitswesen mehr in den Blick gerät. Lösungen, die dem Pflegepersonal beispielsweise Laufwege ersparen, sind drängender denn je, um die Arbeitsbelastung zu reduzieren. Dadurch hat das

Personal mehr Zeit für die eigentliche Pfl egetätigkeit. Genau hier würde ein autonomer Transportroboter ansetzen, wie wir ihn in MobDi entwickeln. Ein ebenso wichtiger Effekt: Er würde die Keimbelastung reduzieren, weil das Personal weniger unterwegs ist, und könnte Patienten in Quarantäne mit Essen und weiterem versorgen, sodass das Personal einem geringeren Infektionsrisiko ausgesetzt ist. Auch bei Kommunikations- und Telepräsenzrobotern sehen wir steigendes Interesse. Sie halten den Kontakt mit Angehörigen aufrecht, auch wenn ein realer Kontakt gerade nicht möglich ist. Hier haben wir mit unserem mobilen Kommunikationsassistenten MobiKa ebenfalls bereits wertvolle Vorarbeiten geliefert. ■

Kontakt

Dr.-Ing. Birgit Graf
Telefon +49 711 970-1910
birgit.graf@ipa.fraunhofer.de



Maßgeschneiderter reinheits-tauglicher Maschinenanzug

Unternehmen, die unter reinen Bedingungen produzieren, sind immer stärker von Automatisierungskomponenten abhängig. Insbesondere Partikel oder chemische und biologische Rückstände, die von den Anlagen in die Fertigungsumgebung abgegeben werden, können die Qualität und Sicherheit der Produkte beeinflussen. Um ihre Umgebung nicht zu verunreinigen, müssen beispielsweise Roboter für ihren Einsatz im Reinraum eine Reihe spezifischer Anforderungen erfüllen. Vielfach kommen starre Einhausungen oder Mini-Environments als Workaround zum Einsatz. Da bisherige Einhausungssysteme die hohen Sauberkeitsanforderungen der Industrie nicht erfüllten, haben sich die Experten des Fraunhofer IPA mit den Herausforderungen auseinandergesetzt und nach einer Lösung gesucht.

2ndSCIN® – Clean Sterile Automation

Hardwarekomponenten wie Robotern, Greifern, aber auch Produktionsanlagen wird für den Einsatz in der reinen Fertigung eine reinraumtaugliche, textile Schutzhülle übergezogen. Der 2ndSCIN®-Anzug bewirkt unter Verwendung reinraumtauglicher Werkstoffe je nach Ausgangsauberkeit der Automatisierungskomponente und den gewählten Betriebsparametern Reinraumtauglichkeiten bis zur ISO Klasse 1 nach DIN EN ISO 14644-1. Auch das Ausgasungsverhalten fällt mit den eingesetzten speziellen Textilkombinationen in den Grenzbereich der chemischen Nachweisbarkeit, wie die Thermodesorption-Gaschromatographie-Massenspektrometrie (TD-GC-MS) zeigt. Schließlich verbessert 2ndSCIN® das Partikelemissionsverhalten der Automatisierungseinheit etwa um den Faktor 1000.

Zweite Haut nach CAD-Daten angefertigt

CAD-Daten von dynamischen Automatisierungskomponenten ermöglichen die schnelle und individuelle Realisierung der Maschinenanzüge. Durch die Maßanfertigung bleibt die Bewegungsfreiheit nahezu uneingeschränkt. Inspiriert von der menschlichen Haut, besteht 2ndSCIN® aus einem luftdurchlässigen, flexiblen und mehrschichtigen Textil, das eine Sauberkeitsbarriere schafft. Die verschiedenen Textilschichten sind durch Abstandhalter getrennt und können mittels einer Filter-Fan-Unit-Gaze, Feuchtigkeit, Substanzen und Partikel transportieren und abführen. Der Volumenstrom wird je nach Größe



und Anforderung ausgelegt. Bei Bedarf kann die reinheitstechnische Haut mit Sensornetzwerken ausgestattet werden, die unter anderem kontinuierlich Daten über Partikelverunreinigung, chemische Verunreinigung, Temperatur und Feuchtigkeit sammeln. Mit Hilfe von KI-Algorithmen können diese Daten ausgewertet werden. Sie ermöglichen das Monitoring des reinheitstechnischen Verhaltens innerhalb und außerhalb des 2ndSCIN®-Systems. Eine vorausschauende Instandhaltungsstrategie lässt sich daraus ebenso ableiten.

Vielfältige Anwendung

Ursprünglich entwickelt für die Halbleiterindustrie, entspricht das System durch eine optional integrierbare H₂O₂-Begasung den Regeln der »Guten Herstellungspraxis für Arzneimittel« (GMP für Good Manufacturing Practice) und kann ebenfalls im Bereich der Sterilproduktion eingesetzt werden, beispielsweise in der Lebensmittelproduktion und der Pharmazie.

2ndSCIN® lässt sich variabel an die individuellen Bedürfnisse und Anforderungen von Produzenten und Maschinen anpassen und, sobald sie angefertigt ist, in wenigen Stunden installieren. Bestehende Automatisierungskomponenten und Anlagen rüstet das System für den Einsatz in reinen Produktionsumgebungen auf. 2ndSCIN® wird jenen industriellen Anforderungen gerecht, die von bisherigen Schutzhüllen nicht erfüllt werden. ■

Kontakt

Miroslav Kopcok
Telefon +49 711 970-1548 | miroslav.kopcok@ipa.fraunhofer.de

Krisen sind wichtig



Alles wird sich für immer ändern: wie wir arbeiten, wie wir uns fortbewegen, wie und was wir einkaufen, wie wir wirtschaften, reisen, denken, leben, bezahlen, investieren und wie und was wir produzieren. So bitter es für viele auch sein mag, aber wir werden nicht mehr in der alten Welt aufwachen.

Von Marc Friedrich

Das Jahr 2020 wird als Beginn einer nachhaltigen Zeitenwende in die Geschichtsbücher eingehen. Durch die Pandemie wurde uns allen weltweit schmerzhaft klar, wie fragil unser hochkomplexes und fortschrittliches Wirtschafts- und Finanzsystem ist. Innerhalb weniger Tage sind die Just-in-Time-Produktions- und Lieferketten eingebrochen oder gar komplett zum Erliegen gekommen – ausgelöst durch ein unsichtbares Virus.

Diese Krise hat uns deutlich gemacht, welche Schwächen unser System hat, wie groß die Klumpenrisiken sind und in welchen gefährlichen Abhängigkeiten wir in der globalisierten Welt doch sind. Vielen wurde klar, dass nichts auf alle Ewigkeit in Stein gemeißelt ist. Gigantische Konjunkturpakete der Staaten und billionenschwere Stützungsprogramme der Notenbanken, aber auch leere Regale, stillgelegte Fließbänder, stark steigende Kurzarbeiteranmeldungen und Arbeitslosenzahlen verdeutlichen das historische Ausmaß.

Solche Knackpunkte der Geschichte sind das Fundament und die Chance für nachhaltige Veränderungen, die die Menschheit niemals freiwillig, aus Bequemlichkeit und Angst, initiieren würde. Wenn man in die Vergangenheit schaut, sieht man, dass wahre und tiefgreifende Veränderungen immer durch die äußeren Umstände erzwungen werden. Erst durch den Klimawandel wurden wir gezwungen, nach Alternativen zu suchen. Dasselbe gilt für Impfstoffe, Medikamente und technische Entwicklungen. Erst wenn der Mensch machtlos ist und keinen anderen Weg mehr sieht, ist er bereit für wahrhaftige Reformen.

Kreative Zerstörung: ein Muss

Krisen sind also essenziell für das Voranschreiten der Menschheit. Der Mensch lernt durch Scheitern – Trail and Error. Krisen dienen als Katapult der menschlichen Entwicklung. Einem jedem muss klar sein, dass diese Transformationen immer nur mit Verlusten und Wachstumsschmerzen einhergehen. Auch wenn es paradox klingt: Krisen sind wichtig und Chancen für die Menschheit. Wir sollten Krisen umarmen.

Nach jeder Krise hat die Menschheit sich weiterentwickelt und an Wissen und Wohlstand hinzugewonnen. So wird es auch dieses Mal sein. Der Ökonom Joseph Schumpeter nennt es die kreative Zerstörung. Die Zerstörung ist notwendig, damit Neues entstehen kann. Umso größer die Krisen, desto größer die Chancen. Verschiedene Zyklen enden nun und ein neuer, großer Zyklus beginnt. Bemerkbar war dies schon in den letzten Jahren: Wir waren schon vor Corona im Dauerkrisenmodus. Eine Krise wurde durch eine neue Krise abgelöst: Finanzkrise, Eurokrise, Flüchtlingskrise, Klimakrise, Demographiekrise, Auto-krise, Wirtschaftsabschwung und Schuldenkrise. Vor allem Deutschland wird extreme Veränderungen erleben und sollte dies als Erneuerungsprozess sehen.

Die Karten werden neu gemischt

Deutschlands Wirtschaft ist geprägt durch Maschinenbau, Automotive und produzierendes Gewerbe. Allgemein bekannt ist, dass unsere Schlüsselindustrie den einen oder anderen Trend schlichtweg verpennt oder gar ignoriert hat. Erst durch die Anhäufung der Krisen wird sie gezwungen sein, sich neu zu erfinden – oder zu scheitern. Volkswagen hat bereits einen neuen Weg eingeschlagen und geht voll auf Elektromobilität. Andere probieren sich am Wasserstoff und Car-Sharing. Welche Strategie die Richtige sein wird und wer überleben wird, wird sich zeigen. Fakt ist: Nichts zu tun, ist keine Lösung. Nur Unternehmen und Branchen werden überleben, die den Wandel umarmen und aktiv gestalten. Das große Ausgießen hat begonnen. Falls wir jetzt nicht den Mut haben neue Wege zu beschreiten und uns neu erfinden, müssen wir unserem Wohlstand Adieu sagen.

Wie kann man als Unternehmen, als Mensch und als Gesellschaft gestärkt aus Krisen hervorgehen und sich darauf vorbereiten? Hier hilft ein seit jeher archaischer Ansatz: Vorsorge ist besser als Nachsorge. Diversifikation, Innovation und dezentrale Systeme sind wichtig, um Abhängigkeiten zu reduzieren.

Parallel sollte man sich nicht zu sehr auf die Politik verlassen, sondern selbst aktiv werden. Erstmals haben wir große Helfer an unserer Seite in Form von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz. Beide bergen eine enorme Chance, um Krisen zu meistern und gestärkt daraus hervorzugehen.

Beginne es jetzt!

Uns muss klar sein: Wenn wir an dem Alten festhalten, wird der Kollateralschaden für uns alle immer größer – wirtschaftlich, monetär, gesellschaftlich und politisch. Zyklen sind ein Naturgesetz und nicht zu stoppen. Entweder wir sind bereit den Fortschritt und die Veränderung anzuerkennen oder wir werden überrollt. Die kommende Krise hat das Potenzial, uns auf eine neue Bewusstseinsstufe zu katapultieren. Denn dieses Mal ist es keine lokale Krise oder nur die einer Branche oder eines Landes. Dieses Mal ist es eine globale Krise und wir als Menschheit sind gemeinsam gefordert. Das ist anstrengend und Neuland, aber essenziell für unsere Entwicklung.

Wenn wir jetzt die richtigen Entscheidungen treffen, an einem Strang ziehen, Grabenkämpfe beenden, geistige Grenzen abbauen, neue Technologien einsetzen, nicht nur nach Profitmaximierung streben, den Mut haben, unbequeme Entscheidungen zu treffen, unbekannte Pfade zu beschreiten und alte Zöpfe abzuschneiden, dann wird für uns alle ein goldenes Zeitalter beginnen.

Packen wir es an und nehmen uns Goethe zu Herzen: »Was immer du tun kannst oder erträumst zu können, beginne es. Kühnheit besitzt Genie, Macht und magische Kraft. Beginne es jetzt!« ■

Marc Friedrich, geboren in Waiblingen, ist deutscher Sachbuchautor im Bereich Wirtschaft und Finanzen, Redner und Gründer einer Honorarberatung für Privatpersonen und Unternehmen.

Sein aktuelles Buch »Der größte Crash aller Zeiten« schaffte es auf Platz 1 der Spiegel-Bestsellerliste. Weitere Publikationen sind »Der größte Raubzug der Geschichte« und »Der Crash ist die Lösung«.

Folgen Sie ihm > [twitter@marcfriedrich7](https://twitter.com/marcfriedrich7)



»Der menschliche Schöpfergeist kann verschiedene Erfindungen machen (...), doch nie wird ihm eine gelingen, die schöner, ökonomischer und geradliniger wäre als die der Natur, denn in ihren Erfindungen fehlt nichts, und nichts ist zu viel.«

Leonardo da Vinci

Vorbilder aus der Natur: Worin besteht ihr Mehrwert?

Während Sie diesen Artikel lesen, stirbt vermutlich gerade eine Spezies aus und das sogar meist, bevor wir sie überhaupt kennengelernt haben. Nach einem Bericht der Vereinten Nationen zur Artenvielfalt sterben täglich bis zu 130 Tier- und Pflanzenarten aus. Mit jeder Art geht auch ein Vorbild verloren, aus dem wir etwas lernen könnten.

Das, was wir an Vorbildern in der Natur haben, lohnt sich genauer anzuschauen – insbesondere im Hinblick auf deren Überlebensstrategien und ihre Fähigkeiten, mit ihrer Um- und Mitwelt zu interagieren. Die Funktionsmorphologie, Verhaltensbiologie, Sinnesphysiologie und viele andere Spezialgebiete

der Biologie ermöglichen die wissenschaftliche Analyse. Die Bionik versucht, die Erkenntnisse in die Technik zu transferieren und die Evolutions- und Organisationsbiomimetik überträgt die Erkenntnisse auf die Wirtschaft. Auf diese Weise können wir Mehrwerte aus der Natur generieren.

Wie der Mehrwert eines biologischen Prinzips unschätzbar werden kann, zeigt das bei ESA und NASA als ganz real angesehene Szenario: der Kollision eines Asteroiden mit der Erde. Die maximal schlimmste anzunehmende nicht menschengemachte Bedrohung für die Menschheit ist vom Menschen jedoch dank seiner technologischen Möglichkeiten zu verhindern:

Zur Sprengung von Asteroiden bedarf es einer Bombe, die in einem Loch gezündet wird, um den Asteroiden effektiv zu zerlegen, so die ESA. Einen heranfliegenden auch kleinen Himmelskörper können wir rechtzeitig entdecken. Mit einer Rakete erreicht die Bombe ihr Ziel. Nur ein Loch ohne Schwerkraft ins Objekt zu bohren, macht Schwierigkeiten – jedenfalls solange, bis Sie den Artikel zu Ende gelesen haben.

Mehrwert in Zahlen

Ingenieure und Betriebswirte in der Industrie überzeugen nicht schöne Worte und Hypothesen bei ihren Entscheidungen, einen biologisch inspirierten Weg zu gehen und zu finanzieren. Die Industrie versteht den Mehrwert rein zahlenbasiert. Zwei Beispiele der bionischen Umsetzung präsentieren diesen.

Produktionssteigerung durch das Vorbild der Blattadern

Blattadern sind die Logistikwege, über die Wasser und Zucker bei Pflanzen transportiert werden. Eine gleichmäßige Verteilung über die Blattfläche muss gewährleistet werden. Ein ursprüngliches und einfaches Verzweigungsmuster mit dichotomer Verzweigung weisen Farne und der Ginkgo auf.

Michael Hermann vom Fraunhofer ISE hat die Verteilung analysiert und einen einfachen Algorithmus entwickelt, anhand dem man mit Geodreieck und Bleistift eine Hydraulikstruktur auf einer beliebigen Flächengeometrie optimal verteilen kann. Konkrete Anwendung sind Solarabsorber, die so die Energie optimal abtransportieren können. Im Unterschied zu den heute üblichen Mäander- oder Harfenabsorber, die in rechteckigen Modulen erhältlich sind, können nun beliebige Flächengeometrien ausgefüllt werden. Diese sogenannten Fractherm®-Kanalstrukturen wurden dann auch auf die 3. Dimension angewandt, nämlich auf die Kühlkanäle von Spritzgusswerkzeugen.

Beim Spritzguss wird heißer, verflüssigter Kunststoff in eine Form, das Werkzeug, mit hohem Druck gefüllt. Der Abkühlvorgang sollte einerseits so schnell wie möglich erfolgen, denn davon hängt der Output der Maschine pro Zeiteinheit ab. Andererseits soll das Abkühlen gleichmäßig schnell über den ganzen Körper hinweg geschehen, weil sonst Spannungen induziert werden, die die Haltbarkeit reduzieren. Beide Bedingungen erfüllt Fractherm®.

Mit dem Standard-Kühlsystem dauerte es 88 Sekunden bis der Kunststoff auf 40 °C abgekühlt war und entformt werden konnte. Mit den Fractherm®-Kanalstrukturen dauert es hingegen nur 39 Sekunden. Der geschwindigkeitsbestimmende

Schritt konnte durch die Übertragung des Blattaderprinzips also um mehr als die Hälfte reduziert, der Output pro Zeiteinheit mehr als verdoppelt werden!

Schmetterlinge revolutionieren die Solarenergie-Gewinnung

Die Effizienzsteigerung verschiedener Solarzelltypen während der vergangenen 40 Jahre ist ein schönes Beispiel für inkrementelle Verbesserung (< 0,5% Verbesserung pro Jahr). Sie wurde meist durch Erhöhung der Reinheit der Ausgangsmaterialien erreicht, die größte Verbesserung gelang durch Kombinatorik von verschiedenen Materialien in übereinanderliegenden Schichten. Bei letzteren, den sogenannten Tandem-Solarzellen, weist jede Schicht eine optimale Bandlücke für einen spezifischen Spektralbereich auf; in der Summe kann dann aus einem größeren Frequenzband Strom gewonnen werden.

Motten sind Nachtschmetterlinge, die mit dem Restlicht des Mondes und der Sterne auskommen müssen, um optisch navigieren zu können. Der Sehsinn wurde hier auf quantitative Ausnutzung der vorhandenen Helligkeit optimiert. Eine geniale Entwicklung war dabei die Entspiegelung der Facettenaugen. Diese hat mit der heute praktizierten Entspiegelung von technischen Artefakten wie Brillen, Handyoberflächen oder Bildschirmen aber nichts gemein, sondern folgt einem völlig anderen Prinzip.

Die technische Übertragung gelang nanotechnologisch. Der Vergleich von Optiken mit und ohne Nanostrukturierung zeigte, dass ohne Nanostrukturierung die Lichtreflektion über das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichts zwischen 5 und 6 Prozent betrug. Mit Mottenaugeneffekt hingegen lag die Restreflektion unter 0,5 Prozent.

Wenn man von der vereinfachten Annahme ausgeht, dass 5 Prozent weniger Reflexion 5 Prozent mehr Sonnenenergie und damit 5 Prozent mehr Strom bedeuten, dann würde diese eine Invention die Solarzellenentwicklung auf einen Sprung um 10 Jahre voranbringen.

Eine noch größere Verbesserung ist einem tropischen Schmetterling, *Pachliopta aristolochiae*, besser bekannt als »Common Rose«-Butterfly, zu verdanken. Alle Flügel haben eine schwarze Grundfarbe mit knallroten Mustern auf dem Körper. Das Verbreitungsgebiet ist das tropische Asien. Die schwarzen Flügel sind wie bei ziemlich allen Falterarten mit Schuppen besetzt. Nur sind die bei dieser Art mikro- und nanostrukturiert.

riert, was sich als unregelmäßiges Lochmuster mit Löchern in der Größenordnung von 300 nm ausdrückt. Dies hat den verblüffenden Effekt, dass sie Licht nahezu im gesamten Spektralbereich absorbieren und das auch noch aus allen Einfallswinkeln. Also auch hier wie bei der Motte: Vermeidung von Reflektion, nur mechanistisch anders realisiert.

Radwanul Hasan Siddique vom KIT stellte im Rahmen seiner Dissertation eine Matrix aus verschiedenen großen ungeordneten Nanolöchern her. Die Matrix wurde dann in einem dünnen siliziumbasierten photovoltaischen Absorber geätzt. Ein Vergleich der Lichtabsorption von Dünnschicht-Solarzellen mit und ohne Nanoschicht zeigte eine 90-Prozent-Zunahme bei senkrechtem Einfallswinkel und über 200 Prozent für flache Einfallswinkel im Vergleich zu einem unstrukturierten Layout.

Dieser Effekt wird sehr wahrscheinlich den Wettbewerb zwischen Dick- und Dünnschicht-Solarzellen entscheiden. Mit nur einem Hundertstel Dicke ist die Dünnschichtzelle leichter als die Dickschichtzelle, sie ist in der Herstellung einfacher und damit insgesamt etwa 30 Prozent kostengünstiger. Sie produzieren aber auf der gleichen Fläche auch 20 bis 40 Prozent weniger Strom.

Wenn die Dünnschichtzellen in der Leistung mit diesem Effekt gegenüber den Dickschichtzellen aufholen, insbesondere weniger empfindlich auf suboptimale Sonnenstand- und Schwachlichtbedingungen sind, dann wird die Ressourcenschonung und der Käufer der Dünnschicht-Solarmodule auf jeden Fall Gewinner sein.

Bohren wie die Holzwespen

Neben dem mit Effizienzsteigerungen oder Ressourcenschonung quantifizierbaren Profit, der aus dem Nutzen der biologischen Vorbilder entsteht, gibt es Vorbilder, die zunächst einfach Chancen bieten, althergebrachte Technologien oder Methoden zu ersetzen.

Ein solch faszinierendes Vorbild ist der Legestachel der sogenannten Hautflügler. Mit 150 000 bekannten Arten gehören Ameisen, Bienen und Wespen zu eine der artenreichsten und bekanntesten Insektengruppen. In dieser Gruppe wurde der Ei-Legestachel entwickelt, um das Ei in tieferen Schichten auf oder in einem Wirtstier abzulegen. Von einigen Arten wurde er später sekundär als Stechapparat zur Verteidigung umgenutzt. Die ist ein Grund, warum nur weibliche Bienen und Wespen stechen können. Der komplexe Aufbau und Mecha-

nismus blieb aber sehr ähnlich. Der Legestachel besteht aus drei Lanzen, die über Gleitrippen (Schwalbenschwanzstrukturen) sich alternierend zueinander bewegen. Zwischen diesen liegt der Eikanal, durch den dann final das Ei gepresst wird. Die Lanzen weisen entweder Rassel- oder Schaufelzähne auf, mit denen sie hartes Material wie Holz, Lehm oder Samen abtragen und hinaustransportieren.

Dieser Mechanismus stellt die einzige Alternative zu dem vom Menschen in der Jungsteinzeit erfundenen Drehbohren dar. Alle maschinellen spanabhebenden Verfahren beruhen auf dem drehenden Bohren.

Eine technische Übertragung des sogenannten Pendelhubverfahrens der Hautflügler vereint vielversprechende Alleinstellungsmerkmale: Das Loch muss nicht rund werden. Der Bohrer kann auch gekrümmte Löcher bohren. Er erzeugt kein Drehmoment auf das Werkstück. Und schließlich bohrt der Bohrer sich auch mit wenig Axialkraft in das Substrat. Insekten müssen nur wenig Kraft aufbringen, damit der Legestachel in das zu durchbohrende Material eindringt. Der Bohrer raspelt sich selbstständig in die Tiefe, sobald die Spitze die Oberfläche durchdrungen hat und die ersten Rasselzähne greifen. Ein Bohren unter reduzierter Schwerkraft – wie unter Wasser oder extraterrestrisch – ist damit möglich.



Steuert also ein Asteroid künftig auf die Erde zu, müssten wir weniger befürchten, das Schicksal der Dinosaurier zu teilen, deren Zeitalter vor 65 Millionen Jahren durch einen gigantischen Meteoriteneinschlag endete. Durch das Pendelhubbohren, dessen Funktionsprinzip schon vor über 300 Millionen Jahren von kleinen Insekten entwickelt wurde, könnte ein Asteroid letztlich wirksam gesprengt werden. ■

Kontakt

Dr. rer. nat. Oliver Schwarz
Telefon +49 711 970-3754 | oliver.schwarz@ipa.fraunhofer.de



Die Digitalisierung bietet für die Galvanotechnik großes Potenzial, beispielsweise in der Prozessoptimierung, bei der Verwaltung von Auftragsprozessen oder bei der Mitarbeiterunterstützung. Dies ist natürlich auch mit Kosten verbunden, doch im Gegenzug können durch die Umsetzung von Industrie-4.0-Anwendungen die Wettbewerbsposition verbessert, eine individuellere und flexiblere Fertigung sowie innovative Geschäftsmodelle ermöglicht werden. In der Galvanotechnik mit ihren überwiegend kleinen mittelständischen Unternehmen ist die Umstellung auf Industrie 4.0 neben dem Tagesgeschäft eine große Herausforderung, auch weil noch keine durchgängigen Lösungen vorhanden sind.

Projekt SmARtPlaS für Industrie-4.0-Anwendungen

Im Rahmen des Projekts SmARtPlaS werden in einem Konsortium aus Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen neuartige Industrie-4.0-Anwendungen entwickelt. Nachdem in einem Vorprojekt die technische Machbarkeit eines digitalen Zwillings gezeigt wurde, sollen dieser und weitere Ansätze nun vertieft und in intelligente Dienstleistungen überführt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf praxisnahen und umsetzbaren Lösungen mit Mehrwert für den Anwender. Ziel sind modulare Lösungen für den optimierten Betrieb und die Wartung von Galvanikanlagen, auch unter Nutzung von Virtual-Reality- oder Augmented-Reality-Technologien.

Lernanlage als Testplattform und Demonstrator

Das Teilprojekt am Fraunhofer IPA hat das Ziel, Konzepte für die vorausschauende Wartung zu definieren, zu entwickeln und deren Umsetzung in einer Lern- und Forschungsgalvanikanlage als Cyberphysisches System zu validieren. Die Datenerfassung der Prozess- und Anlagenparameter wird zur Erarbeitung von Smart-Data- oder Big-Data-Ansätzen für einen optimierten Anlagenbetrieb verwendet. Die Definition der Eingriffsgrenzen in Zusammenspiel mit den entwickelten Algorithmen,

Industrie 4.0 für Galvanikanlagen

zum Beispiel für eine vorausschauende Elektrolytwartung über eine Stoffbilanzierung, ermöglichen zukünftig eine gegenüber dem heutigen Stand optimal ausgelegte Elektrolyt- und Anlagenführung zur prozesssicheren galvanischen Beschichtung. Dies wiederum führt zu einer besseren Anlagenverfügbarkeit bei verbesserter Prozessstabilität und Qualität. Durch die Einbindung der Industriepartner wird gewährleistet, dass die Projektergebnisse auf die Bedarfe der Branche abgestimmt sind.

Die Forschungsanlage soll, soweit möglich, alle Aspekte einer Galvanikanlage im Kontext von Industrie 4.0 abbilden – sowohl für Gestell- als auch Trommeltechnik. Sie ist im Projekt und darüber hinaus als Plattform zur Datenerfassung und Validierung verschiedenster Prozess- und Anlagenparameter in Forschungs- und Industrieprojekten konzipiert, um Prozesse und Abläufe im Unternehmen effizienter, mit einer verbesserten Qualität und einem gesteigerten Output zu ermöglichen. ■

Kontakt

Peter Schwanzer
Telefon +49 711 970-1209 | peter.schwanzer@ipa.fraunhofer.de

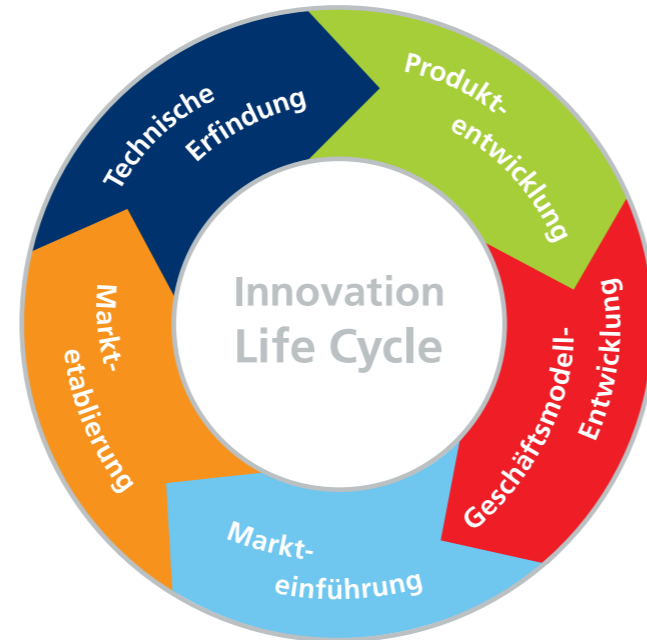
Projekt-Steckbrief

Titel: Intelligente, Augmented-Reality-gestützte Produktionsprozesse in der Galvanotechnik (SmARtPlaS)
Laufzeit: 1. Oktober 2019 bis 30. September 2022
Partner: B+T Oberflächentechnik GmbH; TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF); Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT; DiTEC GmbH; Softec AG; Airtec MUEKU GmbH, ancossy GmbH; eiffo eG (Transferpartner), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Förderung: Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Maßnahme »Internetbasierte Dienstleistungen für komplexe Produkte, Produktionsprozesse und -anlagen (Smart-Services)«, Förderkennzeichen 02K18D111

Von der Idee zum Produkt

Eine Methode zur Impfstoff-Herstellung wird mit einem Sondermaschinenhersteller und Big Data marktreif

Mit mehr als 100 000 Beschäftigten ist Baden-Württembergs Gesundheitsindustrie heute wesentlicher Wirtschaftsfaktor des Landes. Um dem internationalen Wettbewerb und der hohen Innovationsdynamik standhalten zu können, müssen Forschung, Entwicklung und unternehmerisches Wirken Hand-in-Hand gehen. Damit der »Innovation Life Cycle« erfolgreich durchlaufen wird, entwickelt, unterstützt und begleitet das Fraunhofer IPA systematisch Innovationen von der Idee bis zur ihrer Umsetzung im Markt. Für diesen Forschungstransfer sind Innovationspartnerschaften entscheidend. Zusammen mit zwei Partnern hat das Fraunhofer IPA einen Weg gefunden, um den Schritt von der Erfindung einer Impfstoff-Technologie zum konkurrenzfähigen Produkt zu erleichtern und Entwicklungsrisiken zu reduzieren.



Das Verfahren ist schneller und garantiert obendrein eine höhere Produktqualität.

Unter Federführung des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI haben das Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP,

das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB und das Fraunhofer IPA diese Idee bis zum Funktionsmuster und dem Beweis der Machbarkeit entwickelt.

In einem Labor steht ein Prototyp eines entsprechenden Geräts, acht Tonnen schwer, größer als eine Schrankwand – und für den kommerziellen Einsatz in der pharmazeutischen Produktion noch nicht geeignet.

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat mit der KyooBe Tech GmbH einen Kooperationspartner gefunden, um die Technologie für den Einsatz im hochregulierten Umfeld zu optimieren. Als Spin-off der Bausch+Ströbel Maschinenfabrik Ilshofen baut KyooBe auf mehr als 50 Jahre technologischer Expertise im pharmazeutischen Sondermaschinenbau.

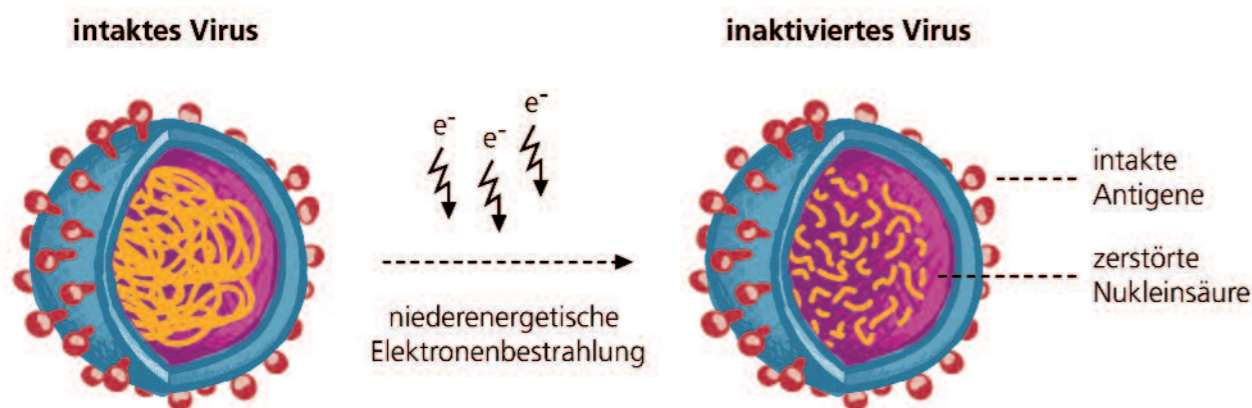
Um eine Technologie erfolgreich auf den Markt zu bringen, sind neben technischen Optimierungen jedoch insbesondere eine fundierte Strategie und Businessanalyse notwendig.

Aufwendige Marktrecherche

Auf den Technologietransfer wirken viele Aspekte ein – davon Ziele, Einschätzungen und Unsicherheiten. Im Spiegel dieser ergeben sich auch kritische Fragen: Wie entwickelt sich der Markt der Impfstoffe in den kommenden Jahren? Wie robust ist das Patent? Arbeiten andere Unternehmen an ähnlichen Verfahren? Gibt es schon Patente in dieser Richtung?

Um darauf Antworten zu finden, war bisher eine langwierige Recherche nötig. Denn Wissenschaft und Technik entwickeln sich stürmisch, sodass die Innovatoren Tausende von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Datensätzen hätten durchforsten müssen. Statt in der Informationsflut zu stochern, haben die Beteiligten gemeinsam mit dem von einem ehemaligen IPA-Mitarbeiter gegründeten Beratungsunternehmen TIM-Consulting eine alternative Strategie verfolgt. Statistische Aussagen und Korrelationen großer Datenmengen sollten den Innovationspartnern bei der Validierung ihrer Annahmen helfen.

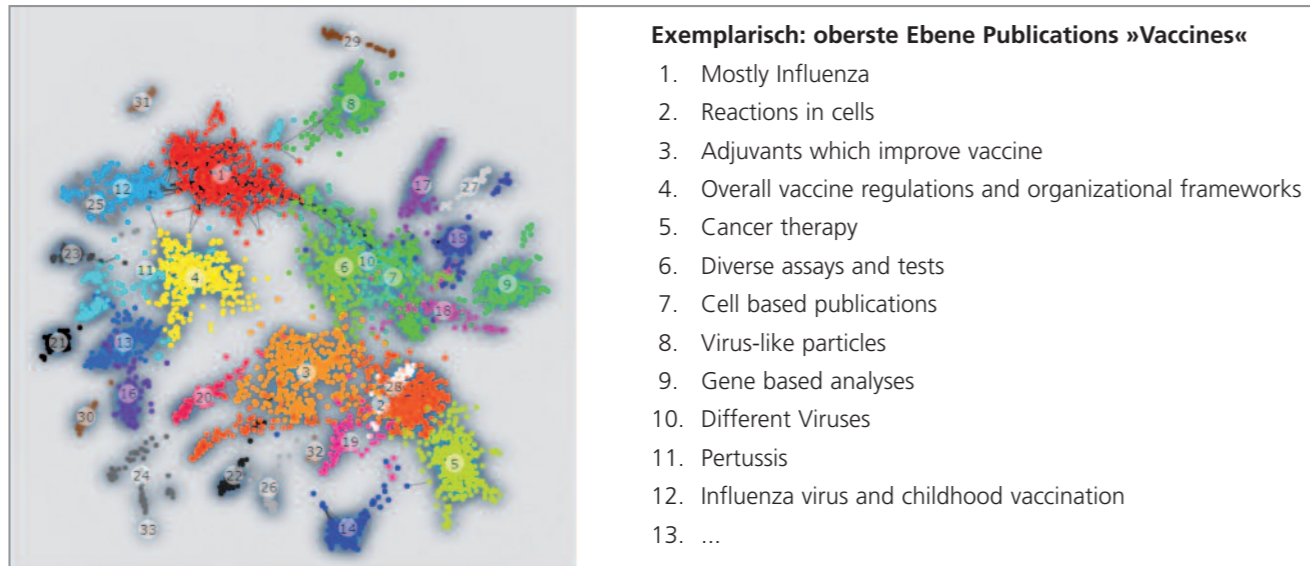
Am Anfang stand eine Erfindung von vier Fraunhofer-Instituten für eine neue Generation der Impfstoff-Herstellung. Um Tot-Impfstoffe zu erzeugen, werden Viren bisher mit der giftigen Chemikalie Formaldehyd inaktiviert: ein teures und ineffizientes Verfahren. Vorteilhafter ist es, die Erreger mit niederenergetischen Elektronen zu bestrahlen.



Der technologische Ansatz: Inaktivierung durch energiearme Elektronenbestrahlung (LEEI), um die Nukleinsäure im Pathogen zu schädigen und die Oberflächen- und Antigenstruktur der Pathogene so intakt wie möglich zu halten.



Das Flüssigkeitsrollensystem in der Prototyp- und Forschungsanordnung: Die Entwicklung des automatisierten Prozessmoduls macht diese Technologie leicht skalierbar und einsatzbereit für die pharmazeutische Industrie.



Bio-Pharmazeutische Produktion & Entwicklung »Impfstoffe«: Die Arbeit der wissenschaftlichen Communities/Unternehmen erfolgt vornehmlich ausgehend von Indikationen (Branchenlogik). Im Gegensatz dazu verfolgt KyooBe Tech einen innovativen Plattformsatz.

Marktanalyse mit Big Data

Die »Deep Dive«-Big-Data-Methode von TIM-Consulting zapft zahlreiche wissenschaftliche und Patent-Datenbanken an. Die Aufgabe der Experten war es nun, zu ihren Fragen eine geeignete Suchstrategie zu definieren, damit das Programm loslegen konnte. Eine hohe Spezifität der Ergebnisse kann nur auf Basis der Branchen- und Technologieexpertise der beteiligten Fach- und Führungskräfte erzielt werden. Denn ein einzelner Begriff liefert leicht 1000 bis 100 000 Datensätze. Die Big-Data-Methode hilft dabei große Datenmengen zu kondensieren sowie Korrelationen zwischen Themen zu analysieren. Insbesondere lässt sich die Entwicklung von Themen in einer Zeitachse erfassen. Damit werden aufkommende Themen, sogenannte »emerging topics« oder »white spots« identifiziert und sich ändernde Wichtigkeiten von Themenfeldern erkannt. »Wir sehen uns nach dem achtwöchigen Projekt bestens gewappnet für die anstehenden unternehmerischen Herausforderungen«, sagt Mario Bott, Managing Director von KyooBe. Insbesondere Innovationen in der pharmazeutischen Industrie, aber auch Medizintechnik erforderten einen langen Atem und ein frühzeitiges Risikomanagement.

Das Big-Data-Werkzeug eignet sich nicht nur für pharmazeutische Anwendungen, sondern auch für Verfahren und Technologien aller Sparten. Bott: »Es macht Entwicklungsrisiken transparent und reduziert diese durch frühzeitige Maßnahmen« – und erspart kostspielige Fehlentwicklungen. Vielversprechende Technologien und Verfahren scheiterten auf dem Weg zur Kommerzialisierung, weil die Komplexität der Produktentwicklung unterschätzt würde. ■

Weitere Informationen

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/zusammenarbeit/innovationsverstaendnis.html>
<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/Elvira.html>
<https://kyoobe.tech/vaccine-manufacturing/>
<https://tim-consulting.de/deep-dive/>
<https://www.fep.fraunhofer.de/de/Geschaeftsfelder/MED/Impfstoffinaktivierung.html>
<https://www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/2019/impfstoffe-chemikalienfrei-produzieren.html>
<https://www.izi.fraunhofer.de/de/abteilungen/standort-leipzig/immunologie/impfstoff-technologien/projekte.html>

Kontakt

Martin Thoma
 Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
 Telefon +49 711 970-1336
martin.thoma@ipa.fraunhofer.de

Mario Bott
 KyooBe Tech GmbH
 Telefon +49 162 7180576
mario.bott@kyoobe.tech

Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele
 TIM-Consulting
 Telefon + 49 711 3151 5661
thomas.abele@tim-consulting.de

Neue Herausforderungen bei der Lackieranlagenplanung

Das nächste Jahrzehnt steht vor der Tür – eine Gelegenheit, seinen Blick darauf zu richten, welchen Herausforderungen wir uns in der industriellen Lackiertechnik aktuell und in Zukunft stellen müssen. Aus unserer täglichen Arbeit mit Unternehmen aus den unterschiedlichen Branchen ergeben sich einige besonders richtungsweisende Themen.

Flexibilität und Modularität

Um den Ansprüchen möglichst vieler Kunden gerecht zu werden und im zunehmenden Wettbewerb bestehen zu können, wird die Produktvielfalt in vielen Bereichen erhöht. Das kann zur Folge haben, dass sich auch die Taktzeiten der einzelnen Prozessschritte verändern. In klassischen Lackierlinien sind diese Variationen nur bedingt realisierbar. Darum sind modulare Anlagen, die auf das jeweilige Produkt abgestimmte Prozesse ermöglichen, zunehmend gefragt. So kann produktspezifisch ohne Effizienzverlust zum Beispiel sowohl eine einschichtige als auch vierschichtige Lackierung aufgetragen werden mit jeweils unterschiedlichen Bearbeitungszeiten. Es ist auch möglich, zu Beginn mit wenigen Modulen die Produktion zu starten und später bei erhöhtem Kapazitätsbedarf zusätzliche Module in Betrieb zu nehmen.

Digitalisierung

Bei der Planung und Optimierung von Lackierprozessen und -anlagen rückt Industrie 4.0 immer stärker in den Fokus. In den (teil-)automatisierten Anlagen werden Komponenten in der Regel mit Hilfe von Feldbussystemen gesteuert. Durch eine vergleichsweise einfache Erweiterung der Komponente um Sensoren, Speichermedien und Software können Daten gespeichert, verarbeitet und ausgewertet werden.

Beispielsweise können zur Dosiertechnikoptimierung geeignete Sensoren installiert und damit Rückschlüsse auf Fehler im Lackierergebnis automatisch erkannt werden. Die dadurch generierten Daten können weiterhin für die vorbeugende Instandhaltung verwendet werden. Die Erfüllung der Dokumentationspflicht der produzierten Teile (Nachvollziehbarkeit, Chargenverfolgung, IATF 16949 etc.) kann mit den gespeicherten Daten ebenfalls

sichergestellt werden. Ein weiterer Vorteil bietet die automatisierte Ermittlung von Ist-Lösemittelbilanzen aus dem Prozess zur Vorlage bei der zuständigen Behörde. Hier kann frühzeitig eine Tendenz zur Überschreitung des Schwellenwertes erkannt werden. Infolge dessen können notwendige Schritte rechtzeitig geplant und umgesetzt werden, um die Umweltbelastung zu minimieren.

Die Umsetzung der Digitalisierung in den Prozessen der Lackierbetriebe bietet nicht nur den großen Konzernen Einsparpotenziale. Auch mittelständische Unternehmen können durch Digitalisierung ihrer Prozesse eine nachhaltige Produktivitätsverbesserung erreichen.

Nachhaltigkeit

Viele Staaten und Unternehmen wollen innerhalb des nächsten Jahrzehnts den CO₂-Ausstoß deutlich reduzieren oder gar klimaneutral werden. Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 55 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 1990 zu senken. Große deutsche Unternehmen setzen sich ebenfalls ambitionierte CO₂-Emissionsziele. Zum Beispiel will Mercedes-Benz Cars bereits 2022 in den eigenen deutschen Werken CO₂-neutral produzieren. Die Lieferkette soll sukzessive ebenfalls in diese Strategie einbezogen werden. CO₂-Ziele werden zu einem Schlüsselkriterium für Lieferantenentscheidungen. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, werden Investitionen in die Nachhaltigkeit zunehmend wichtiger. Der ganzheitliche Ansatz schließt dabei alle Faktoren ein, die eine Auswirkung auf den ökologischen Fußabdruck des Unternehmens haben. Neben der Energieeffizienz der Anlagen, kann durch intelligente Steuerung der Anlagen, vorbeugende Instandhaltung und Reduzierung von Ausschuss die Effizienz der Produktion erhöht werden. ■

Kontakt

Dr. rer. nat. Volker Wegmann
 Telefon +49 711 970-1753
volker.wegmann@ipa.fraunhofer.de

Vorschau Interaktiv Ausgabe 1|2021

Deutschlands erfolgreichste Industrie-4.0-Lösungen »live« im Produktionsumfeld erleben – das ist die Idee der gleichnamigen Lernreise, die im Herbst 2018 bei Bosch startete und im Frühjahr 2021 beim Fraunhofer IPA ihren Abschluss finden wird. Über Branchen- und Wettbewerbsgrenzen hinweg lieferte das Format frische Impulse und Inspiration für neue Ideen und Wege innerhalb der industriellen Wertschöpfung. Unter Corona-Bedingungen fanden Wissenstransfer und Vernetzung zu großen Teilen virtuell statt. Lesen Sie dazu mehr in der nächsten Ausgabe.



interaktiv Ausgabe 2|2020 | Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA

Herausgeber:

Fraunhofer-Gesellschaft | Hansastraße 27c | 80686 München

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Deutschland

Marketing und Kommunikation | Leitung: Fred Nemitz | fred.nemitz@ipa.fraunhofer.de

Redaktion:

Klaus Jacob, Fred Nemitz, Dr. Karin Röhrich, Christine Sikora (Bild und Produktion), Dr. Birgit Spaeth, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion), Hannes Weik, Monika Weiner

Telefon +49 711 970-1667 | presse@ipa.fraunhofer.de

Fotos: Rainer Bez, Fraunhofer IPA; alle weiteren Abbildungen stammen aus folgenden Quellen:

Seite 6 oben: Quelle: STEFAN PFISTER; Seite 7 oben: Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Fred Nemitz; Seite 10: Quelle: Universität Stuttgart/Foto: U. Regenscheit; Seite 16: Quelle: HLRS; Seite 17: Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Karin Röhrich; Seite 19: Quelle: TRUMPF; Seite 26: Quelle: Arjan Westerdiep/www.drububu.com; Seite 30: Quelle: Simon Schumacher; Seite 33: © Martin Stollberg und Simon Schumacher; Seite 36: Illustrationen Emir Cuk, Fraunhofer IPA; Seite 43: Quelle: shutterstock, Tawansak; Seite 50: Quelle: Fraunhofer IZI; Seite 51: Quelle: Fraunhofer IZI; Seite 52: Quelle: TIM-Consulting

Titelbild: Rainer Bez

Druck: GO Druck Media GmbH & Co. KG, Kirchheim unter Teck

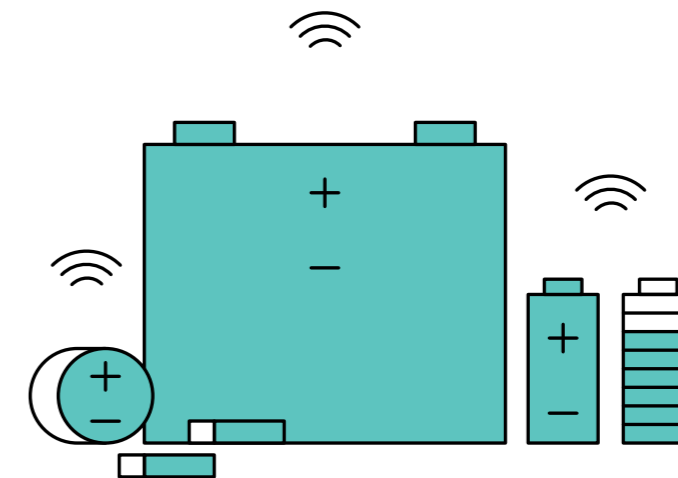
Bestellservice:

Telefon +49 711 970-1932 | marketing@ipa.fraunhofer.de | www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/bestellservice.html



Batterieproduktion neu denken?

Wir unterstützen Sie dabei.



www.ipa.fraunhofer.de/batterieproduktion



itch_1='pred' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
htm_pred,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
Switch_1='true' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
htm_true,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
Switch_1='pred' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
d=np.around(y_test,2),ha='center',color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
visValue_pred,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
visValue_pred,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
Switch_1=='true' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
around(y_test,2),ha='center',color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
visValue,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cent
Switch_1='pred' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
gr_pred,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cente
Switch_1=='true' and visualizationSwitch_2=='heatmap'
('Depth image with '+str(gridParam)+'x'+str(grid
gr_true,color=(81/255,148/255,132/255),ha='cente

DATA
NEURAL NETWORK
MINIMUM
X MAXIMUM
Y MAXIMUM
PIXELS AREAS
X PERIMETER
Y PERIMETER
SUM OF LUMINOSITY
MINIMUM OF LUMINOSITY
MAXIMUM OF LUMINOSITY
LENGTH OF CONVEYER
TYPEOFSTEEL_A300
TYPEOFSTEEL_A400
STEEL PLATE THICKNESS
EDGES_INDEX
EMPTY_INDEX
SQUARE_INDEX
OUTSIDE_X_INDEX
EDGES_X_INDEX
EDGES_Y_INDEX
OUTSIDE_GLOBAL_INDEX
LOGG AREAS
LOG_X_INDEX
ORIENTATION_INDEX
LUMINOSITY_INDEX
SICMIDPARE

(Steel Faults)

5