

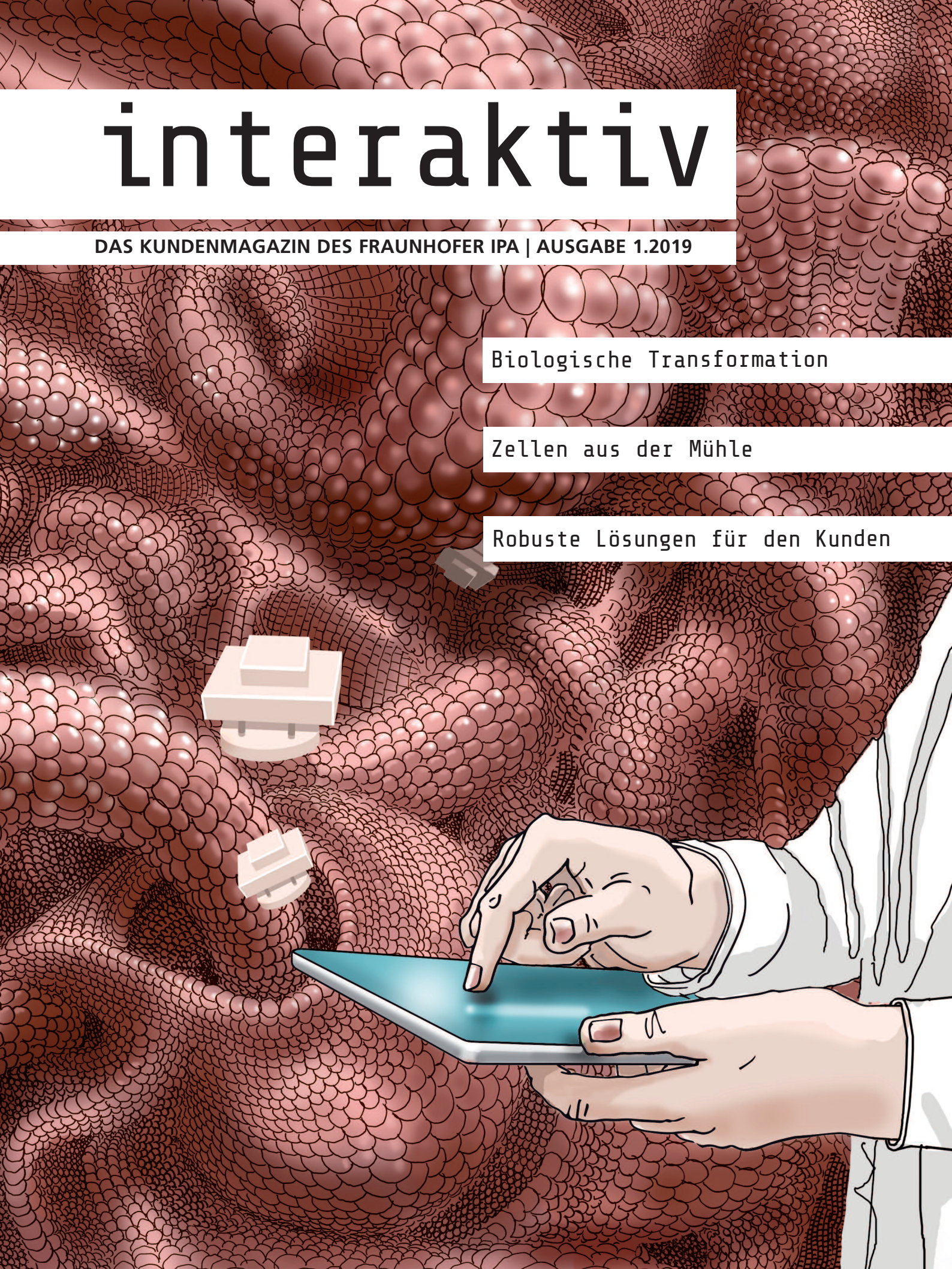
interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | AUSGABE 1.2019

Biologische Transformation

Zellen aus der Mühle

Robuste Lösungen für den Kunden





60 Jahre Innovationen Die Übermorgen-Macher

www.die-uebermorgen-macher.de

Liebe Leserinnen und Leser,

nun nimmt sie rasant an Fahrt auf. Wir haben sie an dieser Stelle schon mehrfach erwähnt. Seit über einem Jahr beschäftigen wir uns grundlegend mit ihr und führen längst davor verfolgte Projekte unter ihrem Namen zusammen – die Rede ist von der Biologischen Transformation.

Im vorliegenden Heft haben wir den Schwerpunkt auf dieses neue Paradigma gelegt, wir sprechen auch mutig von einer weiteren Revolution. Wir zeigen, wie wir Natur und

Technik koppeln, zum Wohle der Menschen und der Umwelt. Wir meinen, dass durch die Verschmelzung von Technik mit der Natur die technologieorientierte Bedarfswirtschaft gelingen wird, mit der wir viele globale Probleme lösen können.

Zunächst geben wir einen Überblick und stellen die Studie Biotrain sowie einige einschlägige Projekte vor, etwa die biologisch inspirierte Robotik, die Anwendung des Prinzips in der Pharmazeutischen Industrie und den biointelligenten 3D-Druck.

In der Mitte dieses Themenblocks finden Sie ein Interview mit Osh Agabi, dem Gründer von Koniku. Seine Vision ist, dass eines Tages biologische Systeme elementar dazu beitragen werden, Entscheidungen in technischen Systemen zu treffen. Dies bestärkt uns in unserem Vorhaben, die Biologische Transformation weiter voranzutreiben. So schafft das Fraunhofer IPA beispielsweise mit der Entwicklung vollautomatisierter Anlagen und Geräten zur kontrollierten Produktion von Zellen eine der Grundvoraussetzungen, um biointelligente Systeme zukünftig wirtschaftlich zu nutzen.

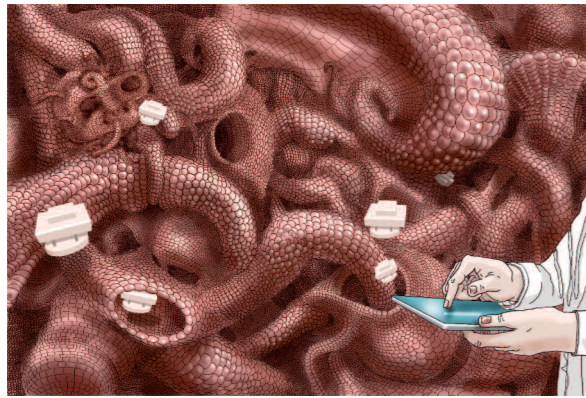
Dieses Heft enthält auch eine traurige Nachricht. Am 19. März ist unser langjähriger ehemaliger Institutsleiter und Altpräsident der Fraunhofer-Gesellschaft Hans-Jürgen Warnecke im Alter von 84 Jahren verstorben. Wir alle sind Professor Warnecke zu großem Dank verpflichtet. Sein herausragendes Schaffen, gepaart mit zwischenmenschlicher Wärme und motivierender Antriebskraft, sind uns Vorbild, Ansporn und Verpflichtung zugleich.

Das von ihm auf Flughöhe gebrachte IPA wird in diesem Jahr 60. Wir freuen uns, dass wir im Sommer unser Geburtstagsjubiläum ausgiebig mit mehreren Veranstaltungen feiern können. Seien Sie dabei, Sie sind herzlich willkommen.

Herzliche Grüße

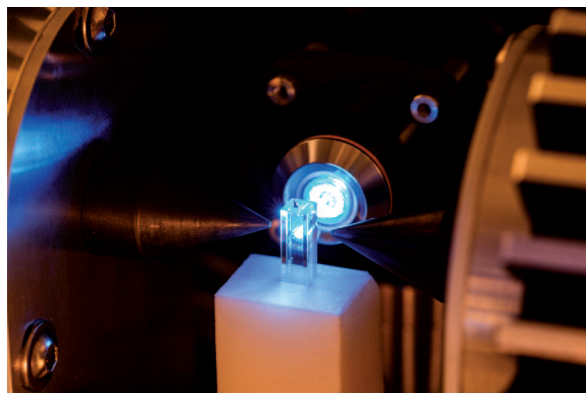
Fritz Klocke und Thomas Bauernhansl





10 Die Biologische Transformation

Die Biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung beschreibt die zunehmende Nutzung von Materialien, Strukturen, Prozessen und Organismen der belebten Natur in der Technik. Sie wird in den nächsten Jahrzehnten die gesamte Industrie und Gesellschaft revolutionieren. Davon sind die Autoren Thomas Bauernhansl und Robert Mieke überzeugt.



32 Drohende Herzinfarkte frühzeitig erkennen

Was bisher noch Tage dauern kann, soll künftig in 15 Minuten bei niedergelassenen Ärzten geschehen: Forscher von der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in Mannheim entwickeln derzeit ein kostengünstiges Gerät, das Blutproben untersucht. Ein drohender Herzinfarkt wäre damit frühzeitig nachweisbar und könnte womöglich abgewendet werden.



24 Zellen aus der Mühle

Gewebeprobe im Labor aufzubereiten verlangt Zeit und Fingerspitzengefühl. Viele Schritte sind noch immer Handarbeit. Forscher von der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in Mannheim haben deshalb einen TissueGrinder entwickelt, der auf Knopfdruck Gewebe in einzelne, intakte Zellen aufspaltet.



36 Robuste Lösungen für den Kunden

Über frugale Produkte und Produktionssysteme diskutieren Markus Götz, IHK Region Stuttgart, Philipp Runitschke, ESTA Apparatebau, Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA, Dr. Reinhard Stumpe, Wirtschaftsförderung Region Stuttgart, und Dr. Tobias Weber, ehemals VDMA, anlässlich des »Innovationsforum Frugale Maschinen, Anlagen und Geräte« in Stuttgart.

Editorial

von Prof. Fritz Klocke und Prof. Thomas Bauernhansl 3

Plattform

Nachrichten und Notizen 6

Titel

Die Biologische Transformation von Thomas Bauernhansl und Robert Mieke 10

Interview

mit Oshiorenoya Agabi, Gründer und CEO von Koniku Inc. 16

FuE

Wenn Technik und Biologie verschmelzen 20

Die Biologische Transformation der pharmazeutischen Industrie 22

Blickpunkt

Zellen aus der Mühle 24

FuE

Biologisch inspirierte Robotik 26

Biointelligenter 3D-Druck 30

Drohende Herzinfarkte frühzeitig erkennen 32

Umtriebige Zeiten für das freie Robot Operationg System ROS 34

Im Gespräch

Robuste Lösungen für den Kunden 36

FuE

Einer für alle 42

Interview

mit Ivica Kolaric, Geschäftsfeldleiter Prozessindustrie am Fraunhofer IPA 44

Impressum

46

Renommierter Produktionsforscher Hans-Jürgen Warnecke verstorben



»Lust auf Leistung« war sein Lebensprinzip. Professor Hans-Jürgen Warnecke war ein Forschergeist, ein Strategie, Reformers und Visionär, der den Zeitgeist im Ingenieurwesen in den letzten 40 Jahren maßgeblich prägte und das Innovationswesen in der angewandten Forschung aktiv mitgestaltete.

Am 19. März 2019 ist der Altpräsident der Fraunhofer-Gesellschaft, ehemaliger Lehrstuhlinhaber des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart sowie Institutsleiter des Fraunhofer IPA nach längerer Krankheit verstorben. Hans-Jürgen Warnecke wurde 84 Jahre alt.

Hans-Jürgen Warnecke studierte Maschinenbau, Fachrichtung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, an der Technischen Hochschule Braunschweig. Danach arbeitete er in verantwortlicher Position bei den Rollei-Werken, Franke & Heidecke in Braunschweig. 1970 folgte Hans-Jürgen Warnecke einem Ruf der Universität Stuttgart und übernahm als ordentlicher Professor die Leitung des Lehrstuhls für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb sowie 1971 auch die Leitung des Fraunhofer IPA in Stuttgart. Unter seiner Führung entwickelte sich dieses zu einem der größten und erfolgreichsten Fraunhofer-Institute. 1981 wurde aus der Hauptabteilung Arbeit und Organisation des IPA das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO unter Leitung von Prof. Hans-Jörg Bullinger gegründet.

Zu den wissenschaftlichen Kernthemen von Hans-Jürgen Warnecke zählte in dieser Zeit vor allem die Automatisierung durch den Einsatz von Industrierobotern. Im Jahr 1992 fasste Hans-Jürgen Warnecke seine Erfahrungen und Gedanken zur Unternehmensführung und zur Organisation von Fabrikbetrieben in dem Buch »Die Fraktale Fabrik« zusammen, das in Wissenschaft und Wirtschaft große Aufmerksamkeit und internationale Anerkennung erlangte. »Wir alle sind Professor Hans-Jürgen Warnecke zu großem Dank verpflichtet. Sein vorbildliches Schaffen, gepaart mit zwischenmenschlicher Wärme und motivierender Antriebskraft für neue Wege, sind uns Vorbild, Ansporn und Verpflichtung zugleich«, sagt Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer. »Das Konzept der Fraktalen Fabrik, das Hans-Jürgen Warnecke in den frühen 90er Jahren des letzten Jahrhunderts vorgestellt hat, ist nach wie vor hochaktuell und sinnstiftend für viele produzierende Unternehmen. Die visionäre Kraft dieses Organisationsmodells zeigt sich noch heute deutlich in vielen Veränderungsprozessen auf dem Weg zu agilen und flexiblen Produktionsstrukturen.«

In Professor Warneckes Amtszeit als Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft in den Jahren 1993 bis 2002 verdoppelte sich das Gesamtbudget der Forschungsorganisation auf eine Milliarde Euro. Warnecke setzte in dieser Zeit auf eine stärkere Zusammenarbeit mit der Wirtschaft. Der Anteil der Wirtschaftserträge erhöhte sich von 28 auf 40 Prozent. Mit der Einführung eines einheitlichen Corporate Designs stärkte er das Marken- und Erscheinungsbild und erhöhte den Bekanntheitsgrad der inzwischen mehr als 60 Fraunhofer-Institute weit über die Grenzen Deutschlands hinaus. Durch die Profilierung in fachorientierte Verbände und nachfrageorientierte Allianzen eröffnete er der Organisation neue Möglichkeiten des Schaffens von Synergien und des strategischen Agierens.

Neben seinen Verpflichtungen als Hochschullehrer und Forscher hat Hans-Jürgen Warnecke sich immer auch für die Weiterentwicklung der Ingenieurwissenschaften und deren Verankerung in der Gesellschaft, Wirtschaft, in Forschungsvereinigungen sowie Fachverbänden persönlich eingesetzt, und er hat auch vielfältige Aufgaben für die Gemeinschaft übernommen. In den Jahren 1994 bis 1997 war er Präsident des Vereins Deutscher Ingenieure VDI. Über viele Jahre gehörte er auch dem Präsidium des Deutschen Instituts für Normung DIN an. Mit innerer Überzeugung hat er sich Aufgaben und Fragen gewidmet, wie »Forschung und Normung« zueinander zu bringen sind. Warnecke war Mitglied in zahlreichen Vorständen, Aufsichtsräten, Beiräten, Stiftungen und Präsidien. Er war wissenschaftlicher Leiter und Mitherausgeber von Fachzeitschriften und hat in zahlreichen Fachveröffentlichungen und Fachbüchern sein Wissen der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt.

Professor Hans-Jürgen Warneckes Wirken wurde mit vielen Auszeichnungen, Preisen und Ehrungen im In- und Ausland gewürdigt und in der Öffentlichkeit bekanntgemacht. Hierzu gehören mehrere Ehrendoktorwürden und Ehrenprofessuren von in- und ausländischen Universitäten, die Verleihung des VDI-Ehrenrings und des VDI-Ehrenzeichens, des Niedersächsischen Verdienstordens, der Verdienstmedaille des Landes Baden-Württemberg, des Bayerischen Verdienstordens, des Ehrenrings der Eduard-Rhein-Stiftung, der Grashof-Gedenkmünze des VDI sowie die Verleihung des Großen Bundesverdienstkreuzes.

Im Gedenken an Professor Hans-Jürgen Warnecke wurden die Hörsäle A und B im Gebäude A des Institutszentrums Stuttgart der Fraunhofer-Gesellschaft in »Warnecke Auditorium« umbenannt. Die ehemaligen und aktiven Institutsleiter des IZS würdigen damit sein Lebenswerk.

»Professor Warnecke war Lehrer, Forscher, Manager und Mentor in einer Person. Kaum jemand hat die Verbindung von Wissenschaft und Lehre sowie zur Wirtschaft so beherrscht wie er. Nun ist dieses verdienstvolle Leben zu Ende gegangen. Sein Werk lebt über seine Schüler und Mitarbeiter weiter, von denen heute viele in der Industrie und in der Wissenschaft Verantwortung tragen«, so Professor Thomas Bauernhansl, Institutsleiter des Fraunhofer IPA. »Wir werden Professor Hans-Jürgen Warnecke immer ein ehrendes Andenken bewahren.«

Geschäftsjahr 2018: 10 Prozent Wachstum

in Millionen Euro	2018	2017
Haushalt gesamt	74	67
Betriebshaushalt	68	63
Investitionenhaushalt	6	4
Wirtschaftserträge	28	24

Das Fraunhofer IPA hat sich im vergangenen Geschäftsjahr sehr gut entwickelt. Im Vergleich zum Vorjahr konnte der Gesamthaushalt um 10 Prozent auf 74 Millionen Euro gesteigert werden (alle Werte inkl. Fraunhofer Austria Research). Erfreulich ist auch die Entwicklung der Wirtschaftserträge: Diese konnten in 2018 im Vergleich zu 2017 um rund 17 Prozent auf 28 Millionen Euro gesteigert werden. Auch im Bereich der öffentlichen Projekte ist das Institut wie in den Jahren zuvor sehr breit und solide aufgestellt. In diesem Jahr will das IPA sowohl die internationale Vernetzung – unter anderem mit dem Start eines Project Centers in Shanghai – als auch die Stärkung des Standorts Stuttgart vorantreiben.

Dazu die Institutsleitung: »Das Projekt IPA 100 ist für uns ein realistisches Arbeitsziel. Das bedeutet 100 Millionen Euro Gesamthaushalt pro Jahr. Um das umzusetzen, müssen bestehende Strukturen angepasst, neue Strukturen aufgebaut und vor allem die Mitarbeitenden mitgenommen werden«, so Professor Fritz Klocke. Professor Thomas Bauernhansl ergänzt: »Eines unserer größten Leuchtturmprojekte ist der Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus S-TEC. Er soll Unternehmen mit der thematisch breit gefächerten Forschungslandschaft am Standort Stuttgart vernetzen und zukunftsrelevante Forschungsthemen vorantreiben«.

»Project Center for Smart Manufacturing« in China gestartet



In Shanghai/Lingang hat in Kooperation mit dem Fraunhofer IPA, der Shanghai Jiao Tong University (SJTU) und der Shanghai Lingang Area Development Administration (SLADA) die Arbeit im Project Center for Smart Manufacturing begonnen. Fünf Wissenschaftler des IPA, darunter der Abteilungsleiter für Fabrikplanung und Produktionsmanagement Michael Lickefett, bilden das erste deutsche Team, das vor Ort auf den Gebieten Produktionsmanagement, Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) und vernetzte Produktion forscht.

Ziel ist es, neue Erkenntnisse für Industrie 4.0 zu generieren und Demonstratoren zu entwickeln, die als Ausgangspunkt für Industrieprojekte dienen. Entscheidend für den Erfolg sind vernetzte Produktionskomponenten – besser bekannt als cyberphysische Systeme (CPS) – und die Entwicklung eines sogenannten Digitalen Schattens, der die reale Produktionslandschaft sinnvoll abbildet. Untersucht werden in diesem Kontext Themen wie Wissensmanagement, Fabrikplanung in der Produktionsumgebung und interkulturelles Lernen in internationalen Unternehmen.

Von einer Kooperation zwischen China und Deutschland profitiert in erster Linie Deutschland. »Durch die Zusammenarbeit können wir die am IPA entwickelten Technologien und Kompetenzen im Bereich 4.0 erweitern und ein Smart Manufacturing Center mit globalem Einfluss aufbauen«, erklärt der Wissenschaftler. Das Project Center ermögliche zudem eine Unterstützung der deutschen und europäischen Unternehmen in China.

Ideenwettbewerb bei »Zukunft Stahl« gewonnen

Im Rahmen des Vorlaufforschungsprojektes »Smart Skin« hat das Fraunhofer IPA eine Beschichtungstechnologie entwickelt, die auf verschiedenen technischen Oberflächen von Autos, Gebäudefassaden oder Weiße-Ware-Artikeln appliziert werden kann. Das Besondere daran: Touch- und Gestenerkennung sowie der Zugang zum Internet werden möglich. Auch auf Seiten der Produktion können Informations- und Materialflüsse digital dargestellt werden. Die Idee überzeugte die Besucher der Handelsblatt-Jahrestagung »Zukunft Stahl« Ende März in Düsseldorf: Sie votierten mehrheitlich für Smart Skin.



Mobiler Kommunikationsassistent ausgezeichnet

Ob für die Personenansprache und Interaktion, für einfache Transporte oder als autonom navigierendes Telepräsenzsystem: Der mobile Kommunikationsassistent MobiKa ist kostengünstig und vielseitig einsetzbar. Diese Eigenschaften des Service-roboters für zuhause honorierte die Jury bei der Bayerischen Innovationspreisverleihung Gesundheitstelematik am 21. März mit dem 2. Platz. Mit dem Preis zeichnet die Bayerische Telemedallianz zusammen mit dem Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit und Pflege Innovationen aus, die einen konkreten Nutzen bieten, medizinische und ökonomische Relevanz haben und eine neue Form der Zusammenarbeit und Integration ermöglichen.

MobiKa besteht in der Grundausstattung aus einer mobilen, radgetriebenen Roboterplattform und einem schlanken Aufbau mit höhenverstellbarem Tablet. Mit der am Fraunhofer IPA entwickelten Navigationssoftware bewegt sich MobiKa sicher autonom zu einem vorgegebenen Ziel. Die Software zur Personenerkennung ermöglicht dem Roboter, gezielt auf Menschen zuzufahren und über das Tablet sowie Sprachausgaben Kontakt aufzunehmen.

Besonderen Wert legten die IPA-Forscher auf den wirtschaftlichen Einsatz des als Prototyp vorliegenden Assistenzsystems, weshalb sie möglichst einfache, kostengünstige Komponenten verbauten. Im Gegensatz zu anderen Interaktionsrobotern hat MobiKa ein funktionales und bewusst nicht humanoides Design. Dies soll seine Funktion als Werkzeug des Nutzers – vergleichbar zu existierenden Haushaltsgeräten bzw. -robotern – unterstreichen.



Die Biologische Transformation

von Thomas Bauernhansl und Robert Mieke

Wenn die Digitale auf die Biologische Transformation trifft, können die technischen Voraussetzungen geschaffen werden, um die dringenden Probleme der Gesellschaft tatsächlich zu lösen. Nahezu alle industriellen und gesellschaftlichen Bereiche und auch entsprechende Forschungsinstitutionen werden sich in einer biointelligenten Wertschöpfung massiv verändern. Die Vision der Biologischen Transformation, wie sie hier detailliert vorgestellt wird, ist bereits dabei, Realität zu werden.

Die Biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung beschreibt die zunehmende Nutzung von Materialien, Strukturen, Prozessen und Organismen der belebten Natur in der Technik. Diese systematische Anwendung von Wissen über biologische Prozesse führt im Kontext der Wertschöpfung zu einer zunehmenden Integration von Produktions-, Informations- und Biotechnologie mit dem Potenzial, künftige Produkte, Herstellprozesse, Organisationen, kurz die Lebensweise der Menschen insgesamt tiefgreifend zu verändern.

Zurzeit wird der Begriff Nachhaltigkeit noch mit ökonomischen Einbußen und Einschränkungen für Unternehmen bis hin zu jeder einzelnen Person assoziiert. Die Biologische Transformation soll genau hier ansetzen und Nachhaltigkeit durch neue Konzepte und Innovationen wirtschaftlich und attraktiv machen.

Das Potenzial der Biologischen Transformation erweist sich als vielfältig – von disruptiven Innovationen über die Modernisierung der deutschen Unternehmens- und Bildungskultur bis hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Man muss es nur ausschöpfen.

Der vorliegende Artikel basiert auf der vom Fraunhofer IPA federführend verfassten Voruntersuchung Biotrain. Dabei zeigt eine Status-quo-Analyse, dass deutsche Unternehmen derzeit in vielen relevanten Bereichen der Biologischen Transformation, wie etwa der Biotechnologie und der Informationstechnik, nicht führend, aber in einer aussichtsreichen Position sind, wenn nun die richtigen Maßnahmen ergriffen werden.

Zu den Stärken Deutschlands im internationalen Vergleich zählen beispielsweise die ausgeprägte Forschungslandschaft sowohl in der Grundlagen- als auch in der angewandten Forschung sowie eine privilegierte Stellung im Internationalen Handel. Als Schwächen wurden dagegen die Aversion gegenüber potenziellen Risiken und disruptiven Veränderungen in

Voruntersuchung Biotrain mehr auf Seite 20f.

der deutschen Gesellschaft gesehen, die zu einer restriktiven Gesetzgebung geführt hat. Als Chancen wurden unter anderem die Sicherung des Industriestandortes Deutschland und die Eindämmung der Umweltbelastungen beurteilt – beispielsweise durch neuartige Arbeitsplätze und -bedingungen – sowie eine Regionalisierung und die Ressourceneffizienz. Als Risiko sehen die befragten Experten u. a. eine nicht beherrschbare, steigende Komplexität durch Künstliche Intelligenz und autonome Systeme.

Die Vision

In der vom Projektkonsortium Biotrain entwickelten positiven Zukunftsvision für Deutschland hält die Biologie umfassenden Einzug in die Wertschöpfung und ermöglicht den Menschen eine ökologisch ausbalancierte Befriedigung ihrer Bedürfnisse. Mithilfe von intelligenten, dezentralen Bioproduktionszellen (sogenannten Smart Biomanufacturing Devices) vollzieht sich der Wandel hin zu einer biobasierten, personalisierten und dezentralen Fertigung. Obgleich nicht alle Produkte dezentral hergestellt werden können, entwickelt sich aus der technischen Erneuerung der industriellen Wertschöpfung eine fortschrittliche Wirtschaftsform, die die physikalischen Grenzen unseres Planeten berücksichtigt: die technologiebasierte Bedarfswirtschaft. Produkte werden erst dann hergestellt, wenn sie gebraucht werden (just in time). Abfall existiert nicht mehr, da jedweder Output eines ausgebrauchten Produkts den Input für ein neues darstellt. In Summe führt die Dezentralisierung

der Wertschöpfung mithilfe biointelligenter Systeme zu einer massiven Reduktion des Verbrauchs von nicht-regenerativen Materialien und verursachten Emissionen. Re- und Upcycling sind Teil des regulären Produktlebens. Biobasierte Produkte können problemlos an die Biosphäre abgegeben und zurück in den Wertschöpfungskreislauf geführt werden. Weltweit wird Deutschland in diesem Szenario das erste Land sein, das sich einer biointelligenten Wertschöpfung verschreibt. Mitte des 21. Jahrhunderts gilt Deutschland dann als Vorreiter einer nachhaltigen und zugleich wohlstandsorientierten Volkswirtschaft und wird zum globalen Leitbild. Soweit das Wunschdenken.

Voraussetzungen für die Verwirklichung

Im Vergleich zur Digitalisierung sind für eine umfassende Biologische Transformation tiefergehende und längerfristige Fördermaßnahmen notwendig. Beispielsweise muss zunächst ein umfängliches interdisziplinäres Netzwerk aufgebaut werden. Zu den weiteren Voraussetzungen für eine umfassende Biologische Transformation in Deutschland zählen die Erforschung und Entwicklung der Basistechnologien wie etwa Bioinformatik, Systembiologie, Informationstechnologie und Biosensorik, Additive Fertigung mit biointelligenten Materialien oder Tissue Engineering. Auch muss ein differenzierter gesellschaftlicher und interdisziplinärer Diskurs geführt werden, denn die Themen haben häufig ethische Relevanz und enthalten hohes Konfliktpotenzial. Außerdem sind interdisziplinäre Qualifikations- und Ausbildungsformen unverzichtbar, denn eine anpassungsfähige, multidisziplinäre Ausbildung wird als erforderlich für das Ge-

Biointelligenter 3D-Druck

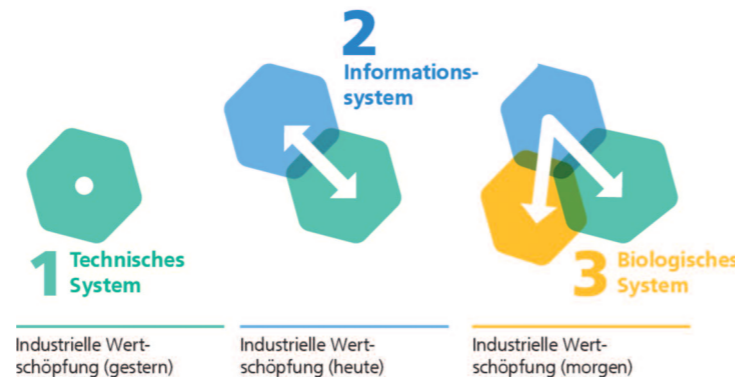
mehr auf Seite 30f.

lingen der Biologischen Transformation angesehen. Ziel soll es sein, die Basistechnologien im Hinblick auf den Transformationsprozess zu stärken, um deutschen Unternehmen auch in Zukunft eine führende Position zu sichern. Wir müssen das gegenwärtige gesellschaftliche und politische Momentum, den Schwung, den die Aktualität und die mediale Aufmerksamkeit für die Themen Bionik, Bioökonomie und Biotechnologie bringen, nutzen, um die weitere Verbreitung konkreter Möglichkeiten und Konzepte analog zur Digitalisierung (Industrie 4.0) voranzutreiben. Zugleich ist es notwendig, Risiken, die mit den neuen Technologien einhergehen, und

hemmende Rahmenbedingungen aktiv zu adressieren und breit zu diskutieren.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise

Wie sieht nun aber der Weg zu einer nachhaltigen, biologisch transformierten technologiebasierten Bedarfswirtschaft aus?

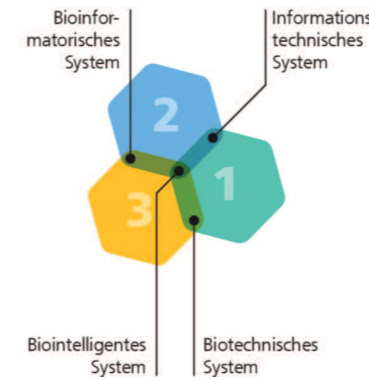


Integrations Ebenen der Biologischen Transformation, Wertschöpfung gestern, heute und morgen. Quelle: Fraunhofer

Beim Prozess der Biologischen Transformation unterscheiden wir drei Entwicklungsmodi. Zunächst erlaubt es die Inspiration, über Jahrtausende evolutionär entstandene biologische Phänomene auf Wertschöpfungssysteme zu übertragen. Unternehmen entwickeln mit diesem Ansatz neuartige Materialien und Strukturen (z. B. Leichtbau), Funktionalitäten (z. B. Biomechanik) sowie Organisations- und Kooperationslösungen (z. B. Schwarmintelligenz, Neuronale Netze, evolutionäre Algorithmen). In einem weiteren Modus findet das Wissen über die Biologie Anwendung in Form einer tatsächlichen Integration biologischer Systeme in Produktionssysteme (z. B. Substitution chemischer durch biologische Prozesse). Anwendungsbeispiele dieses Modus sind u. a. biotechnologisch hergestellte Pharmazeutika, aus Zucker oder CO₂-Abfallströmen gewonnene Grundstoffe und Biodiesel für die chemische Industrie oder die Nutzung von Mikroorganismen zur Rückgewinnung von Seltenen Erden aus Magneten. Drittens führt die umfassende Interaktion technischer, informatorischer und biologischer Systeme zur Schaffung völlig neuer, autarker Produktionstechnologien und -strukturen, sogenannten biointelligenten Wertschöpfungssystemen (z. B. in Minizellfabriken). Die wesentlichen Integrationsebenen, die die Grundlage für den Prozess bilden, sind demnach die technische Ebene, die Informationsebene und die biologische Ebene.

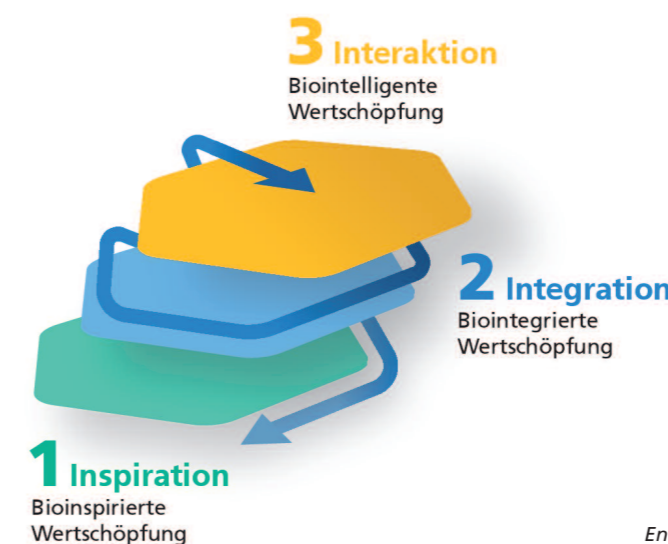
Von der Digitalen zur Biologischen Transformation: Digitalisierung als Befähiger

Während der Einsatz selbstlernender Algorithmen in der Industrie zunächst lediglich der Produktivitätssteigerung dient, nutzen Forschungseinrichtungen diese vermehrt zur Lösung komplexer Herausforderungen menschlichen Zusammenlebens und Wirtschaftens. Gleichzeitig ermöglichen die enormen Entwicklungsschritte und der Preisverfall im Bereich der Sensorik eine



massive Ausweitung des Technologieeinsatzes. Die verfügbare Menge an Informationen wächst dadurch exponentiell. Mit maschinellem Lernen können die immensen Datenmengen gezielt ausgewertet und in Datenbanken potenziellen Nutzern zielgerichtet zur Verfügung gestellt werden. Die Biowissenschaften, insbesondere die Forschung in der Genetik, waren eine der ersten

Disziplinen, die sich mit einer strukturierten Datenerfassung und -speicherung befasst haben und sind heute ein Vorreiter bei der Digitalisierung in den experimentellen Wissenschaften. Der enorme Anstieg des verfügbaren Wissens über die Biologie, die durch die Digitalisierung ermöglichte Vernetzung von Wissenschaftsdisziplinen und Industrien sowie der intelligente Umgang mit großen Datenmengen wird die industrielle Wertschöpfung der Zukunft sektorübergreifend maßgeblich verändern. Darüber sind sich zahlreiche Experten, Visionäre und Wissenschaftler einig.



Die Biologie findet Einzug in die Wertschöpfung: Inspiration, Integration, Interaktion

Die Verbindung von Produktions-, Informations- und Biotechnologie wird Produkte, Produktionsverfahren, Organisationsformen, Lehr- und Lernmethoden sowie Regionen und Lebensweisen tiefgreifend verändern. Während sich Optimierungsmaßnahmen seit der ersten industriellen Revolution entweder alleine auf das technische System konzentrierten (z. B. Realisierung der Fließfertigung) oder eine Verbindung zwischen technischem und informatorischem System (z. B. Vernetzung produktionstechnischer Anlagen mithilfe cyberphysischer Systeme) anstrebten, wird künftig eine synchrone Verzahnung technischer, informatorischer und biologischer Systeme denkbar. Durch Inspiration, Integration und Interaktion kann die Wertschöpfung in allen Bereichen optimiert werden.

Biointelligente Wertschöpfungssysteme: Maximale Wandlungsfähigkeit und Resilienz

Durch die digitale Transformation (Industrie 4.0) wurden in produzierenden Unternehmen umfangreiche Flexibilisierungspotenziale realisiert. Mit der Biologischen Transformation entsteht die Möglichkeit, vollkommen wandlungsfähige Produktionseinheiten zu schaffen. Biointelligente Wertschöpfungssysteme sind in der Lage, ihre Architektur autonom und ad hoc zur optimalen Lösung eines Produktionsauftrags zu adaptieren. Wertschöpfungssysteme sind dabei nicht länger als abgegrenzte Entitäten (Fabriken, Anlagen) zu verstehen, sondern als regionale soziotechnische Zellen, die über sämtliche notwendigen Informationen verfügen (vgl. DNA), um Ressourcen auszutauschen und intelligent zu nutzen (vgl. Stoffwechsel),



Entwicklungsmodi der Biologischen Transformation. Quelle: Fraunhofer

sich an Umgebungsbedingungen anzupassen (vgl. Evolution), sich spontan und autonom untereinander zu vernetzen und im Schwarm gezielte Lösungen für gegebene Aufgaben zu finden. Fallen Teile des Wertschöpfungssystems unvorhergesehen aus, passt sich das System selbstständig und in Echtzeit an (Resilienz). Biointelligente Wertschöpfungszellen können in verschiedensten Dimensionen (vgl. Molekül, Zelle, Organismus, Gemeinschaft, Region etc.) vorkommen, sind dezentral organisiert, bewirtschaften regionale Ressourcen und stehen in vielfältigen Austauschbeziehungen mit ihren umgebenden Wertschöpfungseinheiten und biologischen Ressourcen.

Smart Biomanufacturing Devices: Technologien für eine biointelligente Wertschöpfung

Smart Biomanufacturing Devices, das sind intelligente Bioproduktionszellen, machen es möglich, verschiedenste Produkte selbstständig mit den gegebenen biologischen Ressourcen vor Ort zu produzieren. Hierzu werden u. a. auf der additiven Fertigung basierende Produktionsverfahren mit selbstlernenden Algorithmen gekoppelt, um regional zur Verfügung stehende biobasierte Materialien aufzubereiten (u. a. Bioreaktoren, Bioraffinerien), zu verarbeiten und auf spezifische Anforderungen (u. a. Nutzung, End of Life) zu adaptieren.

Es gibt nur ein System, das spontan nach Bedarf ohne Rohstoffe produzieren kann: das biologische System mehr auf Seite 16ff.

Technologische und biologische Systeme werden dazu befähigt, miteinander zu kommunizieren und voneinander zu lernen. Entstehende Haushaltsabfälle werden beispielweise mit bioelektrochemischen Produktionszellen direkt verwertet und fließen in Form von Energie und Material in neue Produkte ein.

Konsumenten als Zulieferer

Die Verbreitung von Smart Biomanufacturing Devices ermöglicht es den Konsumenten dann, auch als Zulieferer von Rohstoffen und Bauteilen in Erscheinung zu treten und Gestalter der digitalisierten Wertschöpfung zu sein. Auf diese Weise wird es mehr und mehr möglich, Materialkreisläufe zu schließen.

Lebende Produkte ermöglichen Höchstmaß an Personalisierung

Die Biologische Transformation dient nicht nur der Dezentralisierung und Wandlungsfähigkeit der Wertschöpfung, sie ermöglicht auch die Integration von adaptiven Mikroorganismen in Materialien und Oberflächen, eine Funktionalisierung und Anpassung von Produkten an die jeweilige Nutzung und die Refabrikation nach der Nutzungsphase. Über intelligente Kommunikationsschnittstellen können Konsumenten jederzeit aktiv in den Entwicklungs- und Nutzungsprozess eingreifen und wesentliche Parameter steuern.

Neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen: Technologie und Biologie fühlen und steuern

Das intensivierte Kommunikationsvermögen zwischen technischen und biologischen Systemen bietet völlig neuartige Potenziale für Mensch-Maschine-Schnittstellen. In zukünftigen Wertschöpfungssystemen werden Menschen und Maschinen intuitiv zusammenarbeiten. Dabei sind sie in der Lage, miteinander barrierefrei zu kommunizieren. Maschinen geben ihre Informationen beispielsweise über intelligente tragbare Geräte wie Augmented-Reality-Brillen weiter und Menschen werden in den Maschinen über Avatare als digitale Stellvertreter abgebildet. Dadurch kann die Maschine individuell mit der Person interagieren, so zum Beispiel den Arbeitsplatz ergonomisch anpassen, die Sprache ändern oder sonstige physische oder psychische Zustände des interagierenden Menschen im

Wertschöpfungsprozess berücksichtigen. Mithilfe von neuartiger Sensorik, Aktorik und Datenverarbeitung (als Kombination von Human-Brain-Interfaces und Exoskeletten) können Menschen dazu befähigt werden, technologische Systeme (z. B. Maschinenzustände) intuitiv zu steuern und damit eine beanspruchungsgerechte und gleichzeitig hocheffiziente Wertschöpfung zu realisieren.

Neue Lebensweisen, soziale Innovationen

Die Dezentralisierung der Wertschöpfung und die steigenden Möglichkeiten der aktiven Teilnahme an der Wertschöpfung führen auch zu einer Veränderung von Lebensweisen. Lebensmittel, die nicht in Minizellfabriken hergestellt werden, werden in eigenen oder genossenschaftlich bewirtschafteten Garten- und Zuchtanlagen angebaut (Horticulture). In urbanen Regionen werden vermehrt vertikale und horizontale Gärten an privaten

7 von 10 neu zugelassenen Medikamenten sind biologischer Natur und werden auf Basis biologischer Systeme produziert mehr auf Seite 22ff.

und öffentlichen Gebäuden installiert. Ganze Gebäudekomplexe und Viertel werden biointelligent, weit über die Einführung von Smart Grids und Smart Entertainment hinaus. Intelligente Plattformtechnologien ermöglichen eine ideale Kapazitätsauslastung der installierten Smart Biomanufacturing Devices. Infolge der Regionalisierung der Wertschöpfung werden Transportwege massiv reduziert. Kleine und mittlere Unternehmen mit flexiblen Strukturen als Grundlage für Innovationsprozesse gewinnen in diesem Zusammenhang an Bedeutung.

Der Trend der genossenschaftlichen Nutzung führt zu sozialen Innovationen. Sharing-Konzepte gewinnen an Akzeptanz und werden in vielen Bereichen marktfähig. Das Open-Source-Prinzip löst in vielen Fällen das Eigentumsprinzip ab. Zwischen den Bewohnern von Regionen entsteht ein neues Gefühl des Miteinanders und der Selbstbestimmung. Die Wertschöpfung wird sich weniger in Ballungszentren konzentrieren und ehemals von Landflucht betroffene Regionen und Kommunen werden neu belebt.

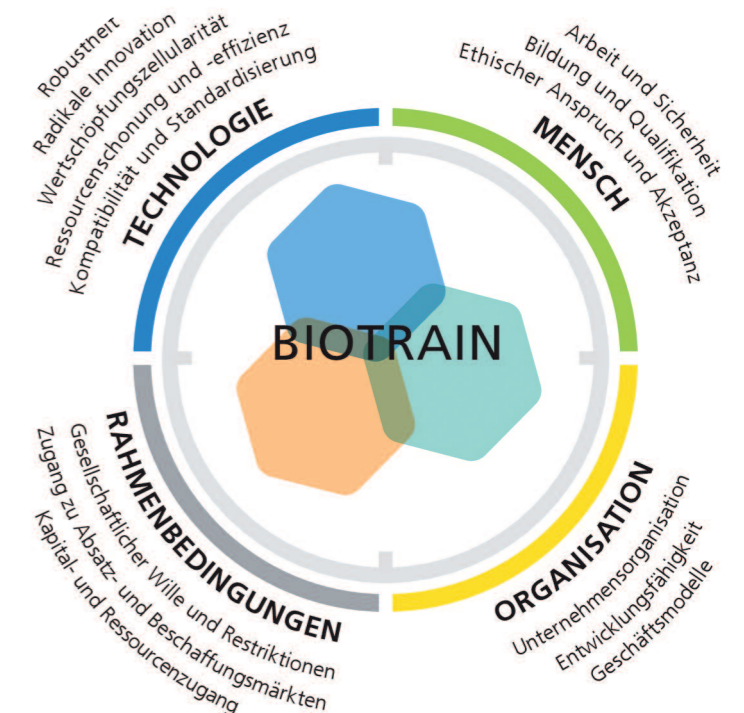
Die technologiebasierte Bedarfswirtschaft

Aus der technischen Erneuerung der industriellen Wertschöpfung entwickelt sich eine fortschrittliche Wirtschaftsform: Die technologiebasierte Bedarfswirtschaft – ein fundamentaler Wandel. Statt Waren werden mehr und mehr Baupläne gekauft, die von lernenden Systemen verarbeitet und auf lokale Gegebenheiten, zum Beispiel das Ressourcenvorkommen oder das Energiedargebot, adaptiert werden können. Während ein Großteil der Konsumprodukte vor Ort – auch im Privathaushalt oder in lokalen Fertigungszellen – produziert wird, übernehmen etablierte Unternehmen weiterhin die Fertigung komplexer Produkte wie Maschinen, Anlagen, Fahrzeuge etc. Im Gegensatz zu heutigen zentralisiert-linearen Produktionsweisen erfolgt dies jedoch dezentral und in Kreisläufen.

Nachhaltige Wertschöpfung durch biointelligente Systeme

In Summe führt die Dezentralisierung der Wertschöpfung mithilfe biointelligenter Systeme zu einer massiven Reduktion des Verbrauchs von nicht-regenerativen Materialien und von Emissionen, u. a. durch die Substitution ökologisch unvorteilhafter Produktionsprozesse, Einsparungen durch die kollaborative

Nutzung (Shared Economy) und Problemlösungskompetenzen selbstlernender Systeme. Kreisläufe werden flächendeckend nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip geschlossen. Re- und Up-cycling sind Teil des Produktlebens, das bereits in der Frühphase geplant wird. Biobasierte Produkte oder Produktreste können problemlos an die Biosphäre abgegeben und zurück in den Wertschöpfungskreislauf geführt werden. Die Substitution importierter durch regional verfügbare biobasierte Materialien erlaubt eine dramatische Reduktion der Importabhängigkeit. Die von der Bundesregierung bereits früh aktiv forcierte Standardisierung der Bewertung von nachhaltiger Wertschöpfung ermöglicht gezielte regulatorische Eingriffe. Die Erweiterung der Bilanzgrenzen und eine konsequente Bepreisung von externen Effekten führen zu einem Umdenken in Unternehmen. Damit verbunden verdrängt die Stakeholderendgültig die Shareholder-Orientierung. Entscheidungsträger in Unternehmen priorisieren vermehrt den Dienst an der Gemeinschaft. In Summe sinkt der individuelle Fußabdruck der Bürgerinnen und Bürger auf ein sozio-ökologisch vertretbares Maß. Die Ökosphäre wird radikal entlastet. ■



»Es gibt nur ein System, das spontan nach Bedarf ohne Rohstoffe produzieren kann: das biologische System«



Ich bin in Lagos, Nigeria geboren und aufgewachsen. Dort habe ich auch meinen Bachelorabschluss gemacht. Während meines Masterstudiums in Physik sagte mir ein russischer Professor, dass, wenn ich etwas bewirken wolle, ich mich auf ein Gebiet begeben müsste, in dem bisher nicht viel passiert ist und es Möglichkeiten gibt, alles zu messen. Diesen Rat habe ich befolgt und einen Kurs in Neurowissenschaften belegt. Dabei war mir sofort klar: Das ist es! Seitdem arbeite ich im Bereich Computational Neuroscience – ich analysiere die Funktionsweise von Neuronen, also Nervenzellen, erforsche, wie man mit ihnen »spricht« und entwickle neue Technologien. Nachdem ich meine Masterarbeit über die Verwendung biologischer Neuronen für Berechnungen geschrieben hatte, ging ich ans Imperial College in London, um in Computational Neuroscience und Bioengineering zu promovieren. Dort habe ich dann aber Koniku gegründet.

Oshorenoya Agabi, Gründer und CEO von Koniku Inc., ist ein inspirierter Erfinder und Wissenschaftler aus Berkeley, Kalifornien, der das, was in Deutschland Biologische Transformation genannt wird, mit großem Engagement und Elan vorantreibt. Professor Thomas Bauernhansl, Institutsleiter Fraunhofer IPA, hat ihn im Mai 2018 getroffen und ein ausführliches Interview geführt, von dem hier ein Ausschnitt abgedruckt ist. Agabi hielt im Juni 2018 in Berlin auf der Fraunhofer-Konferenz Futuras in Res eine Keynote, die auf großes Interesse stieß. Osh Agabi und Andreas Traube, Abteilungsleiter für Laborautomation und Bioverfahrenstechnik am Fraunhofer IPA, planen zurzeit ein Kooperationsprojekt zum Thema »Automatisierte Produktion von biointelligenten Sensoren«.

Koniku ist weltweit das erste und einzige Unternehmen, das Chips mit biologischen Neuronen, also Nervenzellen baut. Biologische Neuronen auf einem Chip, sogenannte Wetchips, ermöglichen die Entwicklung von Supercomputern der nächsten Generation. Koniku möchte die Rechenleistung bis auf die menschliche Wahrnehmungsleistung hochskalieren. Die Co-Prozessoren bestehen aus biologischen Neuronen. Vielleicht, so die Vision, gibt es eines Tages einen Roboter mit einem biologischen Gehirn. Osh Agabi glaubt fest daran. Koniku will ein Gerät bauen, das imstande ist, im biologischen Sinne wie ein Mensch zu denken. »Wir glauben, dass wir dies in den nächsten zwei bis fünf Jahren schaffen«, so Oshorenoya Agabi.

Bauernhansl: Welche Vision haben Sie, die Sie mit uns teilen möchten?

Agabi: Ich stelle mir zum Beispiel vor, dass es Mess-, Kontroll-, Kommunikationsgeräte und Computer mit integrierten biologischen Systemen geben wird. Eine biohybrid lebende Maschine, wenn Sie so wollen; beispielsweise mit Steuerungen, die keine Energie benötigen, weil sie biologische Systeme enthalten.

Sie tragen Zellen in sich, die Chlorophyll enthalten, sodass sie sich anpassen können, dass sie ihre eigene Energie produzieren, wenn sie der Sonne ausgesetzt sind.

Oder eine andere Idee: Stellen Sie sich vor, Sie könnten das persönliche Geschmackempfinden eines bestimmten Menschen genau bedienen und ein entsprechendes Produkt herstellen. Das geht tatsächlich. – Wenn ich Ihnen ein Produkt zum Riechen gebe, woher wissen Sie, ob es Ihnen gefällt? Ich sage es Ihnen. Man kann es aus den körperlichen Reaktionen ablesen. – Ihre Augen können Millionen von Farben auflösen. Ihr Ohr kann Hunderttausende von Frequenzen auflösen, aber Ihre Nase kann eine Billion verschiedene Gerüche unterscheiden. Sie hat 400 Dimensionen und Rezeptoren. – Wenn ich Ihnen ein Produkt zum Riechen gebe, verändern sich nämlich Ihre Gehirnwellen. Wenn ich ein EEG anlege, kann ich die Veränderungen auf dem Bildschirm sehen. Die Größe Ihrer Pupillen verändert sich, die Feuchtigkeit auf Ihrer Haut verändert sich ...

»Die größte Ressource, die wir haben, ist die menschliche Vorstellungskraft«

Die physiologischen Reaktionen zeigen an, ob Sie den Geruch mögen oder nicht, übrigens unabhängig von dem, was Sie sagen. Was Sie sagen, ist ja nur ein Teil davon. Das Meiste ist unbewusst. Wir können nun Stück für Stück den Geruch entwickeln, den die Produkte haben sollen. Wir können das natürlich individualisieren, sodass jeder den Geruch oder den Geschmack bekommt, den er möchte.

Jede chemische Substanz, die Sie entwickeln, können Sie Molekül für Molekül konstruieren. Stellen Sie sich vor, Sie würden einen Film aus Gerüchen zusammenstellen. Das entwickeln wir momentan.

Stellen Sie sich nochmals vor, Sie könnten den Geschmack von Lebensmitteln tatsächlich festlegen. Wenn Sie etwas in den Mund nehmen, entsteht geradezu eine Kaskade von Ereignissen in Ihrem Mund ... Auf diesem Gebiet wollen wir Kernkompetenz aufbauen mit unserer Forschung.

Im Moment schaffen wir es, etwa zwei Millionen Gehirnzellen auf einem Chip zu platzieren. Wir wollen dies erhöhen, bis wir ein Organoid haben, das wir in der Schädelhöhle eines Roboters platzieren können. Damit ist der Roboter zu Wahrnehmung fähig. Diese Wahrnehmungsfähigkeit ermöglicht es dem Roboter, auch zu riechen, weil wir dafür einen Algorithmus entwickelt haben. Mit Sensoren kann der Roboter schmecken, hören, riechen ...

Ein Sicherheitsroboter zum Beispiel, der Sprengstoffe an Menschen schnüffeln kann, wäre doch super. Es ist gut, den Menschen am Flughafen zu helfen. Mein Credo ist: Schaffe

meine Bedürfnisse morgen werden größer sein als meine Bedürfnisse heute. Definitionsgemäß werden die Ressourcen, die wir verbrauchen, selbst bei vollem Recycling, ständig zunehmen.

Wenn wir weiter in diese Richtung denken: Die Menge der Materialien und Rohstoff ist per Definition begrenzt (z. B. Gold in iPhones). Vielleicht haben wir gerade noch genug, um heute ein iPhone für jeden Menschen herzustellen, aber der Bedarf wird weiter steigen.

Es gibt nur ein System, das spontan nach Bedarf ohne Rohstoffe produzieren kann: das biologische System. Wir können Biologie ingenieurmäßig konstruieren, um Dinge zu produzieren. Zur Zeit gibt es keine Technologie, die aus Zellen Gold macht – metaphorisch gesagt – aber biologische Systeme können von sich aus wachsen und produzieren.

Wir von Koniku sind nicht die einzigen, die das tun, manche Firmen produzieren Spinnseide oder andere wertvolle Industriegüter, ohne Abfall zu erzeugen. Biologische Systeme werden vielleicht nicht die einzige Komponente, aber sie werden eine Schlüsselkomponente sein.

Neben dem Recycling ist die Schaffung biologischer Systeme ein zusätzlicher Weg, um das Materialproblem zu lösen. Diese biologischen Produkte können weggeworfen werden und lösen sich von selbst auf, sie wachsen erneut von selbst und recyceln sich selbst.

Bauernhansl: Wie lange wird es dauern, um diese Vision zu realisieren?

Agabi: Die größte Ressource, die wir haben, ist die menschliche Vorstellungskraft. Meine Aufgabe als Gründer und CEO dieses Unternehmens besteht darin, Ressourcen zu bündeln, damit die Leute auf ein bestimmtes Thema aufmerksam werden. Wenn alles so läuft, wie ich es mir vorstelle, werden wir spätestens in acht Jahren darauf eine klare Antwort geben können. Das Bisschen, was wir mit der Firma Kuniko schaffen können, zeigt den Leuten: Es ist nicht unmöglich, es ist machbar. Dann sehen wir, wie sehr wir die Vorstellungskraft der Menschen wecken.

»Biodiversität ist die Gans, die das goldene Ei legt, die wir eifersüchtig hüten müssen«

Bauernhansl: Welche Kerntechnologien müssen wir entwickeln, um die industrielle Wertschöpfung der Zukunft zu verändern?

Agabi: Automatisierung ist hier enorm wichtig. Wenn Sie eine pluripotente Stammzelle nehmen und diese verändern möchten, müssen Sie wissen, wie Sie unterschiedliche Medien in einer kontrollierbaren Umgebung präzise einführen können. Wir müssen den gesamten Prozess der Zellenherstellung verstehen. Im Moment geben wir dafür eine ordentliche Summe aus. Das ist der Schlüssel zum Erfolg.

Heute braucht man drei Wochen, um eine DNA zu synthetisieren, wenn ich Glück habe – und nur bei meinen eigenen Ingenieuren. Wenn ich es an ein anderes Unternehmen schicke, dauert es ewig. Wie können wir das beschleunigen? Ich persönlich glaube, dass die Entdeckung der DNA – vielleicht war uns das damals nicht bewusst – etwas vom Größten ist, das unserer Spezies je passiert ist. Ok, jetzt können wir DNA lesen, aber wie können wir sie schreiben? Im Wesentlichen mit der gleichen Geschwindigkeit, wie die Zelle dies tun würde. In drei Minuten. Einfach Lesen, Schreiben, Lesen ...

Daher müssen einige etablierte Prozesse in der Wissenschaft in unseren Händen industrialisiert und standardisiert werden. Ich muss jedoch darauf hinweisen, dass Koniku dies niemals alleine schaffen wird. Ich weiß, dass wir Allianzen brauchen mit etablierten Akteuren in vielen Bereichen, wir brauchen Automatisierung, gute Beispiele in der Pharmaproduktion, medizinische Geräte, saubere Entsorgung und vieles mehr.

Und noch etwas: Die Ethik dessen, was wir tun – nämlich mit dem »Zeug« spielen, das das Leben ausmacht – geht nicht an uns vorbei. Ich habe die Einstellung eines Chief Ethics Officer zur Chefsache gemacht. Jemand, der mir wöchentlich Bericht erstattet, mir hilft, die Öffentlichkeit über Gebote und Verbote aufzuklären und der dafür sorgt, dass wir die bestehenden Vorschriften einhalten. Wir sollten auch die Behörden darüber unterrichten, was die Vorteile und Risiken sind, bei dem was wir tun, um weitere Prüfungsbestimmungen auf den Weg zu bringen. Biodiversität ist die Gans, die das goldene Ei legt, die wir eifersüchtig hüten müssen.

Bauernhansl: Wie halten Sie die Zelle im technischen System am Leben?

Agabi: Hier kommt die Automatisierung ins Spiel. Es gibt eine Herausforderung bei der Perfusion. Also der Durchströmung der Zellen mit Flüssigkeit, oder, anders gesagt, ein Mikrofluidproblem. Wenn Sie ein gutes Perfusionssystem haben, das Sie gut steuern können, ist es lösbar. Hier sind wir gut vorangekommen. Die Tardigraden, also die sogenannten Bärtierchen, überleben beispielsweise im Vakuum. Das Geheimnis liegt in ihrer DNA. Eine Forschergruppe zeigte vor einiger Zeit, dass das Einfügen vom Tardigraden-Genom in Neuronen dazu führt, dass diese ionisierende Strahlung besser überleben. Stellen Sie sich vor, Sie könnten das Gen isolieren und in eine Zelle einfügen ... Für uns liegen alle Optionen auf dem Tisch, Anti-Frost-Proteine, Tardigraden-DNA und anderes. Wir arbeiten an verschiedenen Ansätzen, um ein Produkt zu entwickeln, das den Menschen hilft – allen Völkern gleichberechtigt.

Die Zeit der Biologische Transformation ist gekommen! ■

»Die Entdeckung der DNA ist etwas vom Größten, was unserer Spezies passiert ist«

»Schaffe eine Welt, die gleichzeitig offen und extrem sicher ist«

eine Welt, die gleichzeitig offen und extrem sicher ist. Dies hilft uns allen, einander zu verstehen, ohne befürchten zu müssen, dass wir uns gegenseitig zerstören oder beschädigen. Ein Roboter, der Krankheiten auch über den Atem diagnostizieren kann, der im Krankenhaus arbeiten kann, der uns hilft, ein längeres und eigenständiges Leben zu leben. Das sind meine Visionen, und wir sind schon weit bei der Umsetzung in die Realität.

Bauernhansl: Wie können wir Wohlstand mit später vielleicht acht bis elf Milliarden Menschen teilen, ohne die Möglichkeiten der nächsten Generationen zu beeinträchtigen, ein nachhaltiges Leben zu führen. Was sind hier die größten Herausforderungen für die industrielle Produktion?

Agabi: Neben den Problemen rund um Verschwendung und Abfall, dem Schaffen von geschlossenen Kreisläufen und dem 100-Prozent-Recycling ... die Anforderungen werden immer höher. Wenn Sie sich die globale Produktion ansehen, wie sie heute ist: Meine heutigen Bedürfnisse sind ja limitiert durch das, was ich für möglich halte. Was morgen möglich ist, wird aber auch produziert. Sie können vielleicht alles recyceln, aber

Wenn Technik und Biologie verschmelzen

Fraunhofer-Broschüre zur Biologischen Transformation

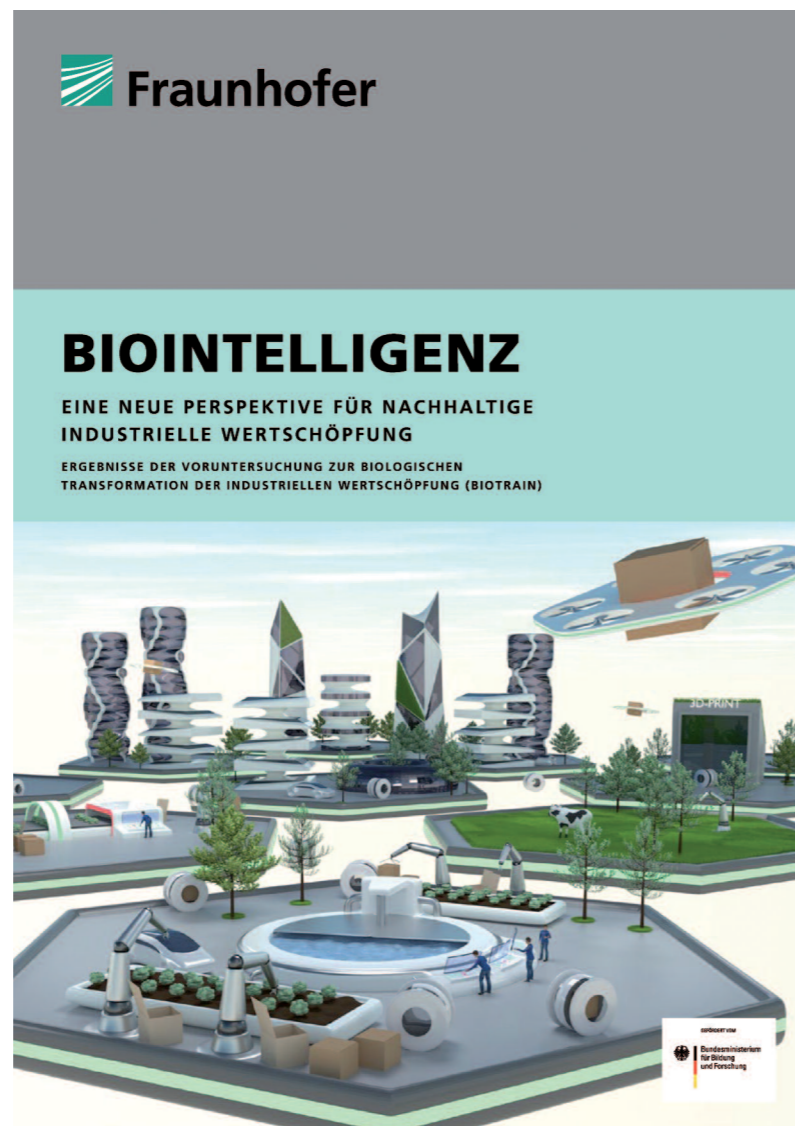
Die Biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung kann – davon sind zahlreiche Wissenschaftler der Fraunhofer-Gesellschaft überzeugt – in den nächsten Jahrzehnten die gesamte Industrie und Gesellschaft revolutionieren. Was die Rahmenbedingungen, Chancen und Meilensteine auf diesem Weg sind, haben sechs Fraunhofer-Institute in den letzten Monaten untersucht und nun veröffentlicht.

Wer nachhaltig produzieren will, kommt nicht um das Vorbild der Natur herum. Denn bei ihr gibt es keine Abfälle, jeder tote Organismus ist ein Baustein für neues Leben. Aber wie lässt sich diese Blaupause in die industrielle Wertschöpfung integrieren?

Etwa so: Roboter, deren Steuerungsmodul ihre Energie über Photosynthese selbst erzeugen, Fermenter, die aus Essensresten Medikamente herstellen, oder Küchenschränke, in denen innerhalb weniger Tage die Zutaten für ganze Mahlzeiten wachsen – die Biologische Transformation soll es möglich machen. Dabei werden auch noch Energie und Wasser gespart sowie schädliche Düngemittel vermieden.

Neuorientierung der industriellen Wertschöpfung

Denn unsere Umwelt braucht neue Konzepte. Zunehmend soll nach den Prinzipien der Natur gewirtschaftet werden. Dabei werden immer mehr Materialien, Strukturen, Prozesse und Organismen der belebten Natur in der Technik genutzt. Ziel der Biologischen Transformation ist letztlich das »biointelligente System«, das regenerativ, kostengünstig und hochflexibel arbeitet. Dies kann künftige Produkte, Herstellprozesse und unsere Lebensweise insgesamt tiefgreifend verändern – zum Wohl der Menschen und ganz besonders der Umwelt.



Download der Broschüre unter Veröffentlichungen:
<https://www.biotrain.info/>

Handlungsempfehlungen für Unternehmen

BIOTRAIN ist eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte und vom Projektträger Karlsruhe PTKA betreute Voruntersuchung. Die darin dokumentierte Analyse des Status quo zeigt, dass deutsche Unternehmen derzeit in vielen relevanten Bereichen der Biologischen Transformation, wie der Biotechnologie und der Informationstechnik, zwar nicht führend, aber in einer aussichtsreichen Position sind, wenn nun rasch die richtigen Maßnahmen ergriffen werden.

Doch welche sollen das sein? Die nun öffentlich verfügbare Broschüre Biointelligenz, die gemeinsam von den Fraunhofer-Instituten IPA, IGB IML, IPT, IWM, IWU verfasst wurde, gibt Aufschluss darüber und stellt die wichtigsten Ergebnisse vor.

Zunächst lotet die Voruntersuchung die Position Deutschlands aus und analysiert die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken – auch im internationalen Vergleich. Im Anschluss werden die notwendigen Basistechnologien und zentralen Handlungsfelder vorgestellt sowie mögliche Entwicklungspfade und Szenarien durchgespielt. Dies leitet hin zur Entwicklung und Gestaltung einer positiven Vision für Deutschland. Konkrete Empfehlungen, insbesondere an die Politik, sind ebenfalls Thema der Broschüre. So raten die Autoren dazu, ein geeignetes politisches Rahmenwerk zur Biologischen Transformation zu schaffen und die Forschungs- und Transferaktivitäten in zehn identifizierten Handlungsfeldern zu intensivieren. Ferner sollten Bildungsprogramme angepasst und geeignete Rahmenbedingungen sowohl für etablierte Unternehmen als auch Start-ups geschaffen werden. ■

Kontakt

Dr. Robert Miehe
 Telefon +49 711 970-1424
robert.miehe@ipa.fraunhofer.de

Studie: Digitalisierung im Stahl- und Metallhandel

Stand, Bedarfe und Anwendungen

Um flexibel auf wirtschaftliche Veränderungen reagieren zu können, setzen Unternehmen verstärkt auf digitale Prozesse. Viele kleine und mittelständische Unternehmen geraten bei dieser Entwicklung in Rückstand. Nach einer im Februar erschienenen Studie des Fraunhofer IPA gaben 80 Prozent aller befragten Teilnehmer aus dem Stahl- und Metallhandel an, keine Erfahrungen mit Industrie-4.0-Anwendungen zu haben. Allerdings möchten 60 Prozent zukünftig digitale Applikationen nutzen und sind auch zu Investitionen bereit. Die größte Herausforderung bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in Teilen des Kerngeschäfts wie der sogenannten Anarbeitung von Halbzeugen liegt aus Sicht der Befragten in der Einbindung von Bestandsmaschinen und in der Schnittstellenproblematik. Umsetzungsbeispiele bestehender Produkte von Industrie-4.0-Anwendungen zeigen große Potenziale, sind jedoch oft noch nicht in gewünschter Reife am Markt oder werden nur wenig genutzt. Die Erfassung von Daten findet bisher größtenteils schriftlich oder lokal in der Maschinensteuerung statt. Digitale Anwendungen könnten helfen, um beispielsweise leichter zugängliche Prozessdaten für die Auftrags- und Produktionsplanung zu gewinnen.



Download der Studie:

<http://s.fhg.de/DX7>

Kontakt

Florian Schumpp
 Telefon +49 711 970-1555 | florian.schumpp@ipa.fraunhofer.de

Die Biologische Transformation der pharmazeutischen Industrie

Die Biologische Transformation ist derzeit dabei, die pharmazeutische und medizinische Welt zu verändern, wie dies seit der Einführung moderner Therapien wie dem Impfen, der Entdeckung des Penicillins oder der modernen Chirurgie nicht mehr vorgekommen ist.

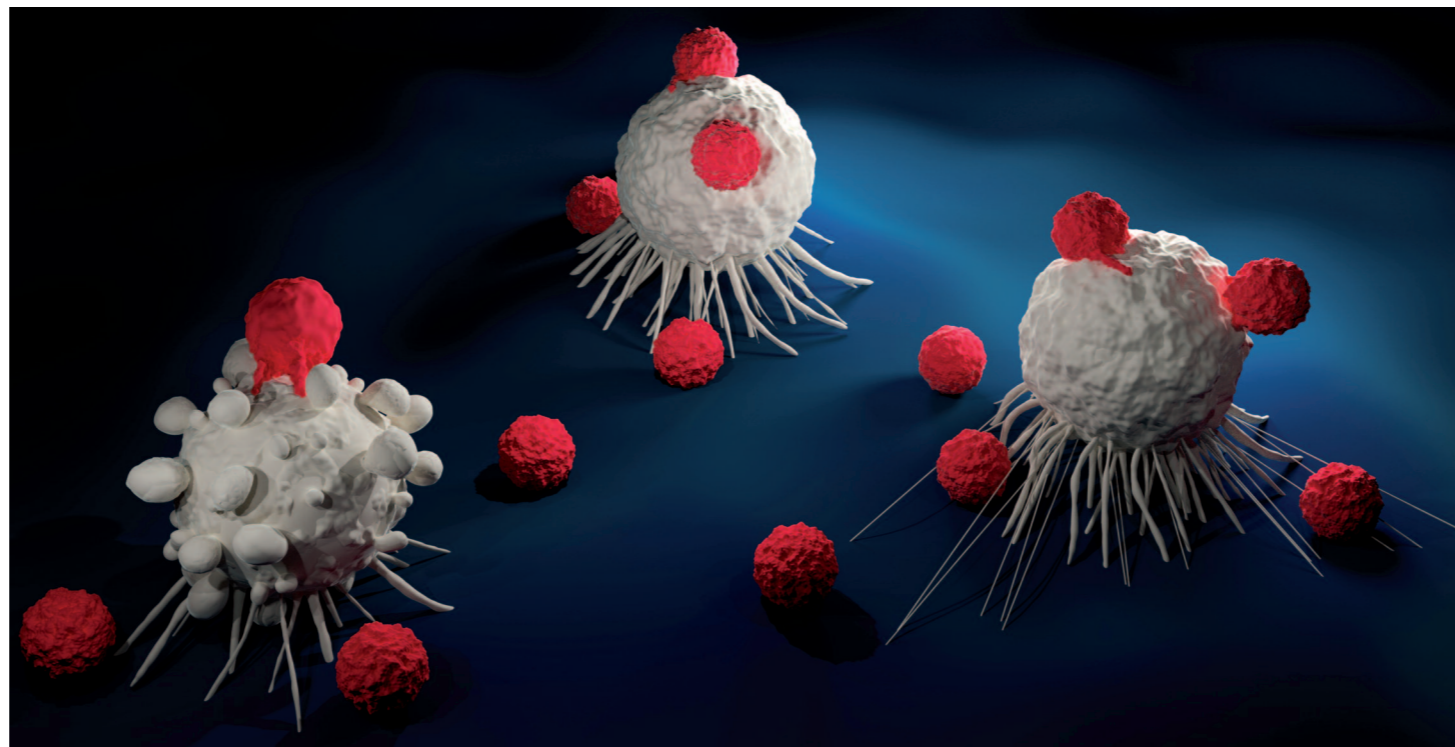
Durch moderne Analyseverfahren ist man der Natur komplexer Erkrankungen auf die Spur gekommen und hat erkannt, dass deren Ausprägung beim Individuum sehr unterschiedlich sein kann. Es bedarf daher einer spezifischen Diagnostik und besonders einer individuellen Therapie, die bei gezieltem Einsatz auch wirklich wirksam ist. Ob bei Autoimmunerkrankungen, Krebs oder bislang nicht heilbaren seltenen Erbkrankheiten: Das Portfolio an therapeutischen Möglichkeiten wird immer größer und die Behandlungsfähigkeit auch solcher Erkrankungen, die bislang als unheilbar galten und bei denen bislang nur Symptome bekämpft wurden, ist inzwischen zumindest denkbar.

Beispiel Zelltherapeutika

Im Sommer 2018 wurde ein auf gezielt veränderten Immunzellen basiertes Zelltherapeutikum von Novartis in Europa zugelassen. Mit der CAR-T-Zelltherapie wurde die Behandlung einer akuten Form von Lymphomen und Leukämien bei Kindern plötzlich behandelbar. Die Heilungsraten der Patienten sind bahnbrechend. Ebenfalls bahnbrechend sind aber auch die Kosten. Mindestens 300 000 Euro kostet die Behandlung pro Patient. Die bestehenden manufakturähnlichen manuellen Herstellungsverfahren können heute nur einige Hundert Patienten im Jahr bedienen.

Medikamente werden biologisch

Sieben von zehn neu zugelassenen Medikamenten basieren heute nicht mehr auf chemischen Wirkstoffen, sondern sind biologischer Natur und werden auf Basis biologischer Systeme produziert: therapeutische Proteine, modifizierte Zellen des Immunsystems oder Gentherapien. Entlang der kompletten Wirkkette der Biologie werden heute Möglichkeiten gefunden, wie diese therapeutisch oder steuernd eingesetzt werden können. Durch die gezielte Messung biologischer Vorgänge



und den Einsatz steuernd wirkender Substanzen ist hier bereits ein Level der Biologischen Transformation erreicht, das biologische Lösungen nicht mehr »nur« nachbildet und integriert. Vielmehr scheint bereits eine Produktion vorzuliegen, die sich nach einem biointelligenten, interaktiven Prozess vollzieht.

Auf dem Weg zur biointelligenten Produktion

Zumindest aus medizinischer Sicht könnte von Biointelligenz die Rede sein. Ganzheitlich betrachtet stellen sich noch enorme Herausforderungen, die primär die Produktentstehung der Wirksysteme betreffen. Genau an dieser Stelle sind biointelligente Systeme zur Entwicklung und Produktion der Schlüssel zu einer großen Verbreitung der neuen Therapien. Andernfalls werden die neuen Therapien nie kostengünstig genug bereitgestellt werden können, damit diese wirklich einer breiten Masse an Menschen auch nutzen.

Am Beispiel von Zelltherapeutika wie der bereits genannten CAR-T-Zelltherapie kann das erklärt werden. Die Herstellung der Zellen folgt stets dem gleichen Ablauf. Die Zellen stammen entweder aus einem größeren Bestand oder sie werden direkt dem Patienten entnommen, der später auch therapiert werden soll. Meist findet hier noch eine spezifische Aufreinigung der Zellen statt. Diese werden gezielt manipuliert, um

bei der späteren Verabreichung im Körper einen bestimmten Wirkmechanismus auszulösen. Bei der CAR-T-Therapie werden die entnommenen T-Zellen so verändert, dass diese ein spezifisches Oberflächenmolekül tragen, das auf die Krebszellen beim Patienten reagiert. Die modifizierten Zellen werden anschließend noch in Kultivierungsverfahren vermehrt, dann in ein sogenanntes Primärpackmittel (z. B. eine Spritze) abgefüllt und schließlich dem Patienten in mehreren Dosen verabreicht.

Die Prozesse zur Herstellung müssen sehr standardisiert ablaufen, um die Qualität der Produkte sicherzustellen. Daher werden an verschiedenen Stellen während des Herstellungsprozesses Proben entnommen und einer Qualitätssicherung zugeführt. Diese Herstellung erfolgt patientenindividuell. Jede Patientencharge muss strikt getrennt von einer anderen Charge gehandhabt werden. Bei der heutigen manuellen Herstellung und Qualitätssicherung steigen die Zahl an notwendigem Produktionspersonal und die Infrastrukturkosten also mit den höheren Chargenmengen.

Biointelligenter Reaktor

Der Kern, um diese Produktion effizient zu gestalten, liegt in einem vollautomatisiert einsetzbaren biointelligenten Reaktorsystem. In diesem sind bereits Kernprozessschritte zur Ver-

änderung und Kultivierung der Zellen enthalten. Außerdem werden dort gleichzeitig alle Vorgänge möglichst in-situ überwacht oder gezielt und automatisiert miniaturisierte Proben entnommen und diese einer ebenfalls automatisierten Analytik zugeführt. Jede Charge entspricht einem Produktionsreaktor. Eine Vermischung zwischen Chargen ist ausgeschlossen, da jeder Reaktor die notwendigerweise zuzuführenden Produktionsmittel (z. B. Kulturmedien) bereits mit sich führt. Durch die Selbstüberwachung des Reaktors und seine Selbstregelung, bestehend aus der Biologie der Zellen, der Reaktortechnik und der intelligenten Steuer- und Auswertesoftware, könnte ein solches Produktionssystem sowohl zentralisiert als auch dezentral eingesetzt werden, ohne dass dies Auswirkungen auf die Qualität der produzierten Produkte hätte. Der Vorteil einer zentralisierten Produktion liegt in der Parallelisierungsmöglichkeit der geschlossenen Produktionsreaktoren mit üblichen technischen Mitteln. Bei einem dezentralen Produktionssystem entfielen vorteilhafterweise Transport- und Logistikaufwände.

Ansätze für entsprechend biointelligente Reaktorsysteme befinden sich heute bereits in der Erprobung. Einen wirklichen Durchbruch wird dies jedoch erst dann haben, wenn die Einbindung der biologischen Prozesse in die Produktionssysteme bereits während der Entwicklung erfolgt und anschließend auch ein Teil der regulatorischen Zulassung wird. Dies setzt voraus, dass die biointelligenten Reaktoren flexibel an bestimmte Anforderungen angepasst werden können. Da die Herstellung stets dem gleichen Muster folgt, erscheint dies technisch machbar.

Das Fraunhofer IPA hat sich dieser Herausforderungen angenommen und unterstützt bereits heute zahlreiche Unternehmen, die mit den Problemen des biologischen Wandels in der Pharmaindustrie konfrontiert werden. Es besteht die reelle Chance, durch die gemeinschaftliche Entwicklung der Biologie, der Automatisierungstechnik und intelligenten Informationssystemen bahnbrechende Innovationen zu schaffen und die biointelligente Wertschöpfung zum Nutzen aller in einem ersten Anwendungsbereich Wirklichkeit werden zu lassen. ■

Kontakt

Andreas Traube
Telefon +49 711 970-1233
andreas.traube@ipa.fraunhofer.de

Zellen aus der Mühle

Gewebeprobe im Labor aufzubereiten verlangt Zeit und Fingerspitzengefühl. Viele Schritte sind noch immer Handarbeit. Forscher von der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in Mannheim haben deshalb einen TissueGrinder entwickelt, der auf Knopfdruck Gewebe in einzelne, intakte Zellen aufspaltet.



Der kleine Apparat funktioniert so ähnlich wie eine Kräutermühle: Verschiedene kreisförmig angeordnete Zahnkränze drehen sich in einem ganz bestimmten, vorher definierten Abstand gegeneinander und zerkleinern das Gewebe. Das Verfahren ist so schonend, dass die einzelnen Zellen dabei keinen Schaden nehmen. Nach dem Mahlvorgang kommt das sterile System in eine Zentrifuge und die Einzelzellsuspension wird in eine zweite Kammer des Probengefäßes transportiert. Dadurch werden die Zellen aus der Lösung herausgefiltert, ohne dass jemand Hand anlegen muss. Drei bis fünf Minuten dauert das alles.

Damit legt der TissueGrinder, den PAMB-Wissenschaftler um Christian Reis entwickelt haben, den Grundstein für die beschleunigte Analytik der Zukunft. Denn bisher vergehen Tage oder gar Wochen, ehe ein Patient weiß, ob sein Tumor bösartig ist und welche Therapie hilft. Künftig könnte der Apparat Teil eines Analyse-Systems sein, das direkt neben dem OP-Tisch steht und dem Arzt innerhalb kürzester Zeit die gewünschten Ergebnisse liefert. Die Therapie könnte umgehend beginnen.

Bisheriges Verfahren hat Schwächen

Bisher ist es noch mühselig und zeitraubend, einzelne Zellen aus Gewebeprobe herauszulösen. Reis weiß das aus eigener Erfahrung. Der promovier- te Biotechnologe, der bei der PAMB die Gruppe Labormechatronik und -pro- zessstechnik leitet, war während seines Studiums an einem großen Forschungs- projekt beteiligt. Immer wieder musste er an einem sterilen Arbeitsplatz im Labor Hautproben zerschneiden und mit einem Enzym beträufeln. Über Nacht entstand so im Kühlschrank eine Pampe, die Reis anschließend durch ein Sieb drücken musste, um daraus einzelne Zellen zu extrahieren. Die Prozedur konnte bis zu zwei Tage in Anspruch nehmen.

Aber nicht nur der Zeitverlust störte Reis. Noch viel mehr ärgerte er sich über die große Fehleranfälligkeit: »Sehr leicht lagern sich Pilze oder Bakterien auf der Gewebeprobe ab«, sagt er. »Damit ist sie völlig unbrauchbar.« Hinzu kommt, dass die Enzyme nicht nur die Eiweiße zerschneiden, die die einzel- nen Zellen der Gewebeprobe zusammenhalten, sondern auch die Oberflächenmarker angreifen, die wie ein Schlüssel ge- nutzt werden können, um Aussagen über den Zellzustand oder -typ zu treffen. Darauf sind nämlich Diagnostiker bei nachfolgenden Untersuchungen der Zelle unter dem Mikro- skop oder in einem Fluorescence Activated Cell Sorter (FACS) angewiesen. Und noch etwas wurmte den Wissenschaftler: »Es ist dem Zufall überlassen, ob das Untersuchungsergebnis reproduzierbar ist«, sagt Reis. »Jeder Laborant geht etwas anders vor bei der mechanischen Zerkleinerung der Gewebe- proben.«

TissueGrinder soll Künstliche Intelligenz erhalten

Reis begann sich zu fragen, ob es nicht irgendwie möglich sei, das Verfahren zu automatisieren und zu standardisieren. Mit dem TissueGrinder ist er seinem Ziel nun sehr nah. Denn das Gerät schneidet und reibt immer gleich oft und wendet dabei stets die gleiche Kraft an. Die Einzelzellsuspensionen, die der TissueGrinder aus Gewebeprobe erzeugt, sind also miteinander vergleichbar. Und sollte das Mahlwerk doch ein-

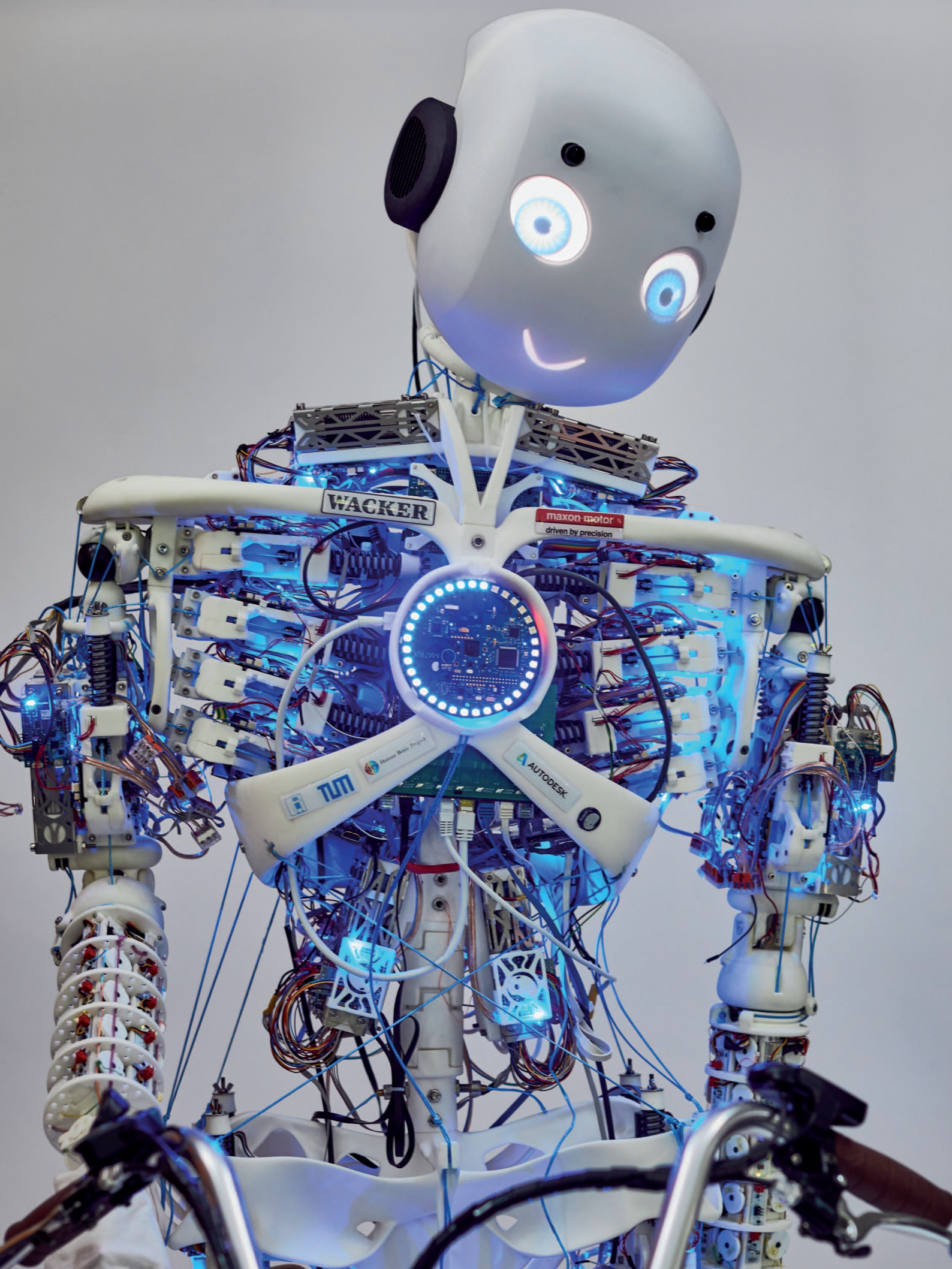


mal fehlerhaft arbeiten, ist wenigstens nachvollziehbar, was vorgefallen ist. Denn eine Software protokolliert jeden einzel- nen Arbeitsschritt. Auch die Unwägbarkeiten der Enzymbe- handlung gehören bald der Vergangenheit an: Der Tissue- Grinder zerkleinert rein mechanisch und kommt deshalb ohne Enzyme aus.

Erste Partnerunternehmen setzen das Gerät bereits zu Test- zwecken ein. Parallel dazu plant Reis, den Apparat mit Künst- licher Intelligenz auszustatten: »Bisher arbeitet der Tissue- Grinder ein vorgegebenes Protokoll ab, das je nach Gewebe- art unterschiedliche Arbeitsschritte vorgibt«, sagt der Forscher. »Künftig soll das Gerät selbst erkennen, womit es zu tun hat und autonom entscheiden, wie es bei der Zerkleinerung am besten vorgeht.« Wie es mit ihm selbst weitergeht, da ist sich Reis hingegen noch nicht sicher: Er könnte sich mit dem TissueGrinder selbstständig machen. Oder er bleibt der Wissen- schaft und der PAMB treu und verkauft eine Lizenz zur Her- stellung und Vermarktung an einen Investor. Interessenten gibt es bereits. ■

Kontakt

Dr.-Ing. Christian Reis
Telefon +49 621 17207120
christian.reis@ipa.fraunhofer.de



Biologisch inspirierte Robotik

Die Biologische Transformation macht auch vor der Robotik nicht halt. So entstehen abseits der bekannten und vergleichsweise wenig biologisch inspirierten klassischen Industrieroboter neue Robotersysteme, die in ihrer Bauweise, dem Bewegungsablauf oder auch der Steuerung natürliche Vorbilder nachahmen.

Die Natur stand immer schon Pate für Innovationen, und das auch in der Robotik. So gibt es schon lange die Vision, die vielseitigen menschlichen Fähigkeiten mit technischen Mitteln in Robotersystemen abzubilden und diese so in neuen Anwendungsszenarien einsetzen zu können. Ein solches Robotersystem könnte ein humanoider Roboter sein, der die menschliche Fähigkeit, hochdynamische Bewegungen durchführen zu können, ebenso wie dessen Wahrnehmungs- und kognitive Fähigkeiten imitiert.

Von dieser Vision sind marktreife Produkte heute allerdings noch weit entfernt. Es erscheint nicht mal sicher, ob künftige Robotik einer Imitation des Menschen folgen wird oder typische Alltagsaufgaben nicht durch technisch geeignetere Formen und Architekturen umgesetzt werden. Dennoch profitiert die Robotik in steigendem Maße von Funktionsprinzipien, die von biologischen Vorbildern abgeleitet werden. Die Motivation hierfür ist, Kinematiken kompakter, beweglicher, sicherer und auch anmutiger zu gestalten und sie mit einer Art Körperintelligenz auszustatten. Die nächste Stufe ist die Biointelligenz, das heißt, die Verschmelzung von biologischen Strukturen und Prozessen mit der Informationsverarbeitung, wie sie beispielsweise bei neuartigen lernenden Regelungen in der Robotik oder Prothetik bereits zur Anwendung kommt.

Sensibles und nachgiebiges Greifsystem

Wie eine solche biologisch inspirierte Kinematik aussehen kann, zeigte bereits 2010 der Bionische Handlingassistent, der noch im gleichen Jahr den Deutschen Zukunftspreis erhielt. Zusam-

men mit dem Fraunhofer IPA entwickelte die Firma Festo das robotische Handlingsystem nach dem Vorbild des Elefantenrüssels, das Leichtigkeit, Geschicklichkeit und Flexibilität imitiert. Es besteht aus einem Roboterarm und einem sogenannten Fin-Ray-Greifer mit drei Fingern. Ein Novum sind seine enorme Nachgiebigkeit sowie die vollständig integrale Struktur. Der präzise Greifer kann durch flexible Bewegungsabläufe auf den Kontakt mit Menschen reagieren und den Druck in den eingebauten Faltenbälgen abbauen, ihn anschließend allerdings sofort wieder aufnehmen. Weil der Greifer besonders nachgiebig und feinfühlig ist, kann das System rohe Eier, Tomaten oder ein Glas Wasser sorgfältig greifen. Die in der Struktur des Greifers befindliche Intelligenz ermöglicht ein adaptives und flächiges (Um-)Greifen verschiedener Objekte ohne weitere Steuerung.



Die Bewegungen der künstlichen Gliedmaße werden durch ein ausgeklügeltes pneumatisches System angetrieben. Das Fraunhofer IPA entwickelte für das System einen Faltenbalg als Antrieb, der sowohl Aktor als auch strukturbildendes Mittel ist. Um die Anpassungsfähigkeit des neuartigen Arms durch eine extreme Leicht- und Integralbauweise sowie Funktionsinklusion in der Struktur zu ermöglichen, bedienten sich die Forscher des 3D-Druckverfahrens selektives Lasersintern: Schritt für Schritt werden dünne Schichten eines biegsamen Kunststoffes übereinander aufgetragen und mithilfe eines Lasers verschmolzen. Auf diese Weise fertigte Festo den gesamten Handling-Assistenten einschließlich Greifer und allen beweglichen Teilen.

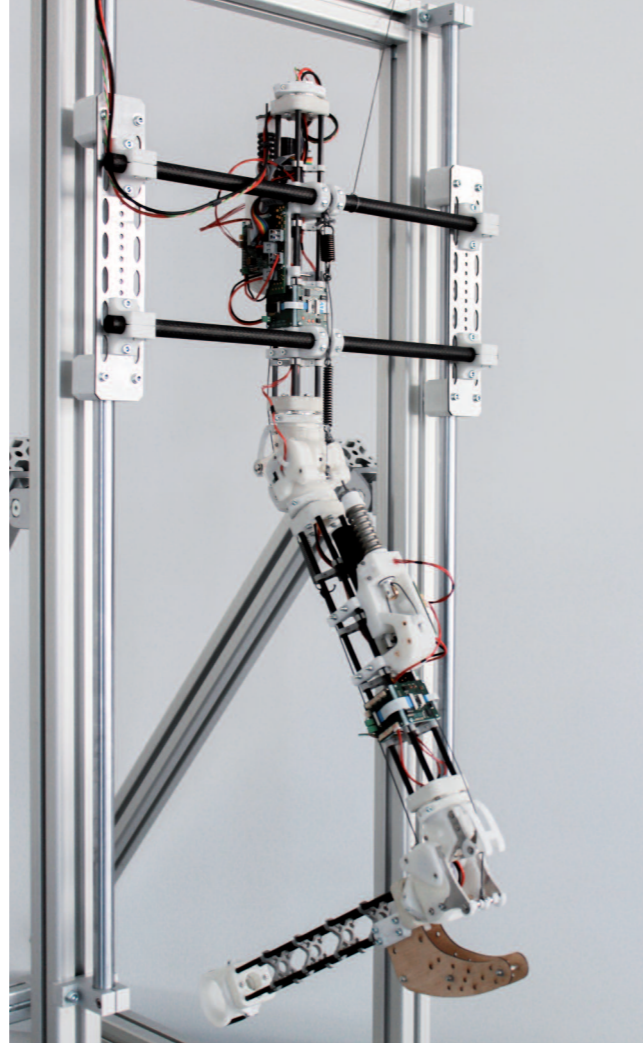
Roboter mit Knochen, Muskeln und Sehnen

Nicht nur für den Handlingsassistenten ist Nachgiebigkeit ein entscheidendes Kriterium. Während klassische Industrieroboter auch aufgrund ihrer steifen Strukturen strenge Anforderungen an den sicheren Betrieb stellen, können nachgiebige Systeme im direkten Kontakt mit dem Menschen agieren, weil sie intrinsisch sicher sind. Das Forschungsprojekt Myrobotics, das 2015 endete, zeigt, wie ein solches Robotersystem aussehen kann. Im Projekt entwickelten IPA-Forscher zusammen mit Partnern Roboter-Hardwaremodule, die sie als Open-Source-Baukasten der Öffentlichkeit und insbesondere der Forscher-Community bereitgestellt haben. Robotik-Forscher und -Entwickler können mit den bio-inspirierten Komponenten schnell, einfach und kostengünstig eigene und leicht adaptierbare Robotersysteme umsetzen und dabei von dem Wissen einer Entwickler-Community profitieren. Viele Komponenten lassen sich im 3D-Druckverfahren selbst herstellen.

Mit dem Baukasten lassen sich Robotersysteme aufbauen, deren Komponenten biologischen Gliedern wie Armen und Beinen in Bauweise und Funktion nachempfunden sind. Die Komponenten bestehen sowohl aus steifen als auch aus nachgiebigen Elementen. Sie haben karbonverstärkte »Knochen«, auf denen »Zugmuskeln« platziert werden, deren Kräfte über ein ausgeklügeltes System von »Sehnen« auf »Gelenke« übertragen werden. Durch Sensoren und eine lokale Signalverarbeitung können die Systeme Reize wahrnehmen und reflexähnlich auf ihre Umwelt reagieren.

Wie bei ihrem menschlichen Vorbild können die Roboter Kraft speichern und Stöße abfedern. So sind sie für den Umgang mit unvorhergesehenen Einflüssen aus dem Umfeld, beispielsweise, wenn sie von Hand bedient werden, ausgelegt und ermöglichen eine angenehmere und sicherere direkte Interaktion. Zukünftig kann diese Technologie dort, wo Menschen und Maschinen gemeinsam agieren, genutzt werden, zum Beispiel in der Haushalts- oder Rehabilitationsrobotik.

Aktuell finden sich die Myrobotics-Komponenten unter anderem in dem humanoiden Roboter »Roboy«, einer Forschungsplattform der Technischen Universität München (s. S. 26). Die Plattform verfolgt das Ziel, die humanoide Robotik weiterzuentwickeln. Hierfür sollen auch Technologien der Künstlichen Intelligenz (KI) genutzt werden. So ist beispielsweise das Bewegen eines Gelenks wie der Schulter ein komplexer Vorgang, für den mehrere Muskeln gesteuert werden müssen, um das Kugelgelenk in die gewünschte Position zu bringen. Einmal



vom Anwender eingesteuert, soll die KI dann diese Bewegungen durch Verstärkungslernen selbst lernen. Die Technologien des »Roboy« sind auch im umfangreichen »Human Brain Project« der Europäischen Union im Einsatz. Das Projekt läuft seit 2013, ist auf zehn Jahre ausgelegt und involviert mehr als 100 Forschungseinrichtungen und Krankenhäuser, um Neurowissenschaften, Medizin und Informatik voranzubringen.

Körpergetragene Robotik

Auch Exoskelette, also mechanische bzw. mechatronische Systeme, die Anwender direkt am Körper tragen, orientieren sich am menschlichen Bewegungsapparat. Es gibt sie unter anderem selten als rein mechanische Lösung, häufiger hingegen als mechatronische Lösungen ohne oder mit positivem Energieeintrag, also mit Kraftunterstützung zum Beispiel durch Servomotoren, sowie mit Biosignalschnittstellen. Diese nehmen die Reize menschlicher Muskeln auf, verarbeiten sie und können sie in Bewegungen des Exoskeletts umwandeln. Exoskelette gibt es für die unteren und oberen Extremitäten oder auch als Systeme für den ganzen Körper.

Aktuell ist das größte Einsatzgebiet von Exoskeletten die Rehabilitation. Dort ermöglichen sie zum Beispiel die frühe

Mobilisation von Patienten nach Unfällen mit Verletzungen des Rückenmarks oder Erkrankungen wie Schlaganfall und helfen, dass die Betroffenen die verlorenen motorischen Funktionen zurückgewinnen. In manchen Fällen können Exoskelette die verlorene Funktion technisch ersetzen. So arbeitete das Fraunhofer IPA im EU-Projekt »AIDE« an der Regelungstechnik für ein Exoskelett, mit dessen Hilfe Menschen mit Lähmungen, beispielsweise nach einem Schlaganfall, sich wieder autonom bewegen können.

Exoskelette können auch eingesetzt werden, um gesunde Menschen bei ergonomisch belastenden Tätigkeiten wie dem Heben schwerer Lasten in Produktion, Logistik, Baugewerbe oder Dienstleistung zu unterstützen. Beispielsweise muss ein Angestellter am Flughafen pro Schicht das Gewicht von rund acht Tonnen beim Verladen der Koffer stemmen – eine Herausforderung für den Körper, gerade auch im Hinblick auf den demographischen Wandel. Exoskelette können einerseits helfen, Erkrankungen von Muskeln oder Skelett frühzeitig vorzubeugen, und andererseits ältere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nach Bedarf entlasten.

Stuttgarter Exo-Jacket

In diesem Kontext gibt es am Fraunhofer IPA seit 2015 das Stuttgarter Exo-Jacket, eine Exoskelettplattform für Forschungs- und Entwicklungszwecke. Das Exo-Jacket unterstützt die oberen Extremitäten aktiv bei der manuellen Handhabung und insbesondere bei Hebe- und Überkopftätigkeiten. Das aktuellste System, das Stuttgarter Exo-Jacket 2, zielt hauptsächlich auf Anwendungen in der Logistik, wo Arbeiter Gewichte bis zu ca. 20 Kilogramm im Bereich zwischen Knie- und Schulterhöhe vor dem Körper manuell bewegen.

Kerngedanke des Systems ist, die Beweglichkeit der Nutzerhände und damit seine Handhabungsfähigkeiten nicht einzuschränken. Antriebsmodule an den Ellenbogen- und Schultergelenken liefern unterstützende Kräfte und können bis zur Hälfte des maximal zu tragenden Gewichts kompensieren. Passive Freiheitsgrade an Schulter und Unterarm (sieben pro Arm) ermöglichen, die oberen Gliedmaße fast ohne Einschränkungen durch das Exoskelett bewegen zu können. Das Rückenmodul, das wie ein Rucksack an Schultern und Hüfte des Trägers befestigt ist, schützt die Wirbelsäule zusätzlich vor falschen Bewegungen. Aktuell lässt sich die Kraftunterstützung für jeden Arm mit einem kleinen Druckschalter in der Hand des Trägers aktivieren. Zukünftig soll die Bedienung noch intuitiver werden, indem das Exo-Jacket die Nutzerintentionen

automatisch erkennt. Möglich wird dies, indem es kinematische Informationen und Biosignale des Trägers erfasst und interpretiert.

Auch abseits der Logistik ist der gerade genannte Ansatz, dass der Anwender Objekte mit seinen Händen selbst handhabt und dabei Kraftunterstützung erhält, relevant. Ein Beispiel für ein weiteres Einsatzgebiet ist die stationäre Pflege, für die aktuell ebenfalls Forschungsprojekte laufen. So hat das Projekt »ExoPflege« zum Ziel, ein leichtes, benutzerfreundliches Exoskelett zu entwickeln, das insbesondere das Umbetten von bewusstlosen oder narkotisierten Patienten erleichtern soll.

Robotik der Zukunft

Die aufgeführten Beispiele zeigen die Grundprinzipien der Biologisierung: die Anpassung der Technik an Vorbilder aus der Natur oder den Menschen – bis hin zur körperlichen Symbiose – und die Nutzung biologisch inspirierter Regelungstechnik für die Intentionserkennung bei Bewegungen.

Auch die Robotik der Zukunft ist dadurch geprägt, dass sie menschliche bzw. biologische Vorbilder imitiert oder sich diesen angleicht. Zu dieser Erkenntnis gelangten 17 Wissenschaftler des Aufsatzes »The grand challenges of Science Robotics«, den sie Anfang 2018 veröffentlichten. Sie stellen die wissenschaftliche und technische Weiterentwicklung künftiger Roboter anhand von zehn Herausforderungen dar, die sich fast alle einer biologisch inspirierten Robotik zuordnen lassen. Darunter fällt die Nutzung bionischer Gestaltungs- und Funktionsprinzipien genauso wie die Verbindung von funktionsintegrierten Materialien mit biologisch inspirierten Fertigungsverfahren. Außerdem zählen dazu die Miniaturisierung, die effiziente Skalierbarkeit und Arbeitsteilung bis hin zur Nutzung von Roboter-Schwärmen sowie der umfassende Einsatz Künstlicher Intelligenz für das robuste Erkennen von Menschen und Gegenständen, für die intuitive Interaktion sowie für die stete Leistungsoptimierung von Robotersystemen. In diesem Kontext lassen sich auch viele der IPA-Aktivitäten verorten. ■

Kontakt

Martin Hägele
Telefon +49 711 970-1203
martin.haegle@ipa.fraunhofer.de

Biointelligenter 3D-Druck

Die Natur ist als Fabrikant unschlagbar: Sie produziert hundertprozentig umweltfreundlich und nachhaltig. Wie am Fließband stellt sie komplexe Strukturen her, sei es ein Gebäude wie ein Schneckenhaus, einen Sensor wie das Auge oder einen Computer wie das Gehirn. Sie verwendet dabei ausschließlich Ressourcen aus der unmittelbaren Umgebung und recycelt alle Abfälle restlos. Ihr Modell ist die Kreislaufwirtschaft, die aus sich selbst schöpft und von außen – bis auf die Sonnenenergie – keinerlei Nachschub braucht. Warum also nicht die Natur als Vorbild für menschliches Wirtschaften nehmen, um das Schlagwort Nachhaltigkeit mit Leben zu füllen? Die Fraunhofer-Gesellschaft geht diesen Weg und hat die »Biologische Transformation« zu einem Leitthema gemacht. Wie das konkret aussehen könnte, zeigt Oliver Schwarz.

Nachhaltiger 3D-Druck

Der Wissenschaftler vom Fraunhofer IPA und Universitätsdozent für Bionik sprüht nur so vor Ideen. Bei seinem aktuellen Ansatz orientiert er sich besonders nah am natürlichen Vorbild. Produkte will er von selbst wachsen lassen, wobei der promovierte Technische Biologe das Holz eines Baums oder den Panzer eines Krebses im Auge hat. Ein 3D-Drucker soll die Strukturen, die sich dabei bilden, in die gewünschte Form bringen. Letztlich geht es darum, den 3D-Druck zu einer nachhaltigen Technologie zu machen. 3D-Drucker, die Formen aus Plastik herstellen, gibt es für den Hausgebrauch inzwischen schon für wenige hundert Euro zu kaufen. In der Industrie werden sie meist für Rapid Prototyping genutzt, um auf die Schnelle ein Produkt in der Hand halten zu können. So druckt etwa ein Fahrradhersteller zunächst ein Plastikmodell in Originalgröße, stellt es in den Windkanal und lässt erst nach erfolgreichen Tests die teure Produktion aus Carbon anlaufen. Der Prototyp hat danach ausgedient und wandert auf den Müll, er ist ein Wegwerfartikel wie Einweggeschirr. Doch Plastik ist ein problematischer Abfall, der Ressourcen verbraucht und der Umwelt zusetzt.

Lignin oder Chitin zum Verdrucken

Schwarz geht einen anderen Weg. Was aus seinem Drucker kommt, so sein Ziel, wird man guten Gewissens auf den Kompost werfen können. Dort würde das Naturmaterial ebenso rasch verrotten wie die abgeschnittenen Äste vom Obstbaum. Allerdings muss er dafür den 3D-Druck revolutionieren – und

zunächst einige knifflige Probleme lösen. Vor allem braucht er einen Naturstoff, der sich als Baustein für die Bio-Druckerei eignet. Diese Substanz soll außerdem aus der Region stammen, um weite Transportwege zu vermeiden, die den ökologischen Ansatz konterkarieren würden. Zwei Materialien hat Schwarz in die engere Wahl gezogen: Lignin, ein Bestandteil von Holz, und Chitin. Holz ist überall verfügbar und wäre aus ökologischer Sicht ein konsequentes Material. Denn viele Gegenstände, die heute aus Kunststoff bestehen, waren früher aus Holz. Man könnte sogar Zellulose-Fasern als Bewehrung zugeben und so einen sehr robusten Verbundwerkstoff herstellen.

Aus Pilzen gewonnenes Chitin

Schwarz hat sich aber für Chitin als erste Präferenz entschieden. Denn »Chitin hat eine antibakterielle und heilungsfördernde Wirkung, sodass man es in der Medizin einsetzen kann«, wie der Wissenschaftler sagt. Außerdem ist das Material relativ haltbar und verrottet nicht schon beim ersten bakteriellen Angriff. Als erste Anwendungen schweben ihm medizintechnische Instrumente wie Pinzetten oder Griffe von Chirurgenbesteck vor. Seit einem Jahr läuft das Projekt. Chitin ist in der Natur das zweithäufigste Biopolymer nach Cellulose. Es steckt vor allem im Exoskelett von Insekten und Krebstieren. Derzeit wird es meist aus den Schalen von Garnelen gewonnen und dient vor allem als Fettblocker in der Ernährung oder als Filtermaterial zur Wassergewinnung. Da Schwarz aber eine regionale Produktion anstrebt, möchte er es aus Pilzen extrahieren, die ebenfalls erhebliche Mengen davon enthalten. Die entsprechenden Pilze könnte jeder Bauernhof kultivieren.

Enzyme als Biokatalysatoren

Aber wie lassen sich die Chitin-Bausteine verbinden, damit sie zu einer definierten Form heranwachsen? Die heutigen 3D-Drucker arbeiten mit Hitze. Schwarz orientiert sich dagegen konsequent an der Natur: Enzyme sollen diesen Part übernehmen und die Moleküle miteinander verketteten. Solche Biokatalysatoren sind in der Technik längst weit verbreitet: Sie machen etwa das Leder weich, lassen bei der Käseproduktion die Milch gerinnen oder lösen im Waschmittel Fette aus dem Gewebe. Meist spalten sie allerdings Moleküle, doch beim Enzym-Drucker sollen sie biologische Bausteine miteinander verketteten. Nach einem derartigen geeigneten Enzym suchen Schwarz und seine Arbeitsgruppe gerade.

Enzym-3D-Druck

Der eigentliche Druckvorgang wirkt dann fast konventionell: Zunächst wird ein Pulverbett aus Chitin-Monomeren in der Druck-Kammer aufgetragen, dann träufeln Düsen Enzyme auf alle Stellen, die fest werden sollen. So wächst die gewünschte Form Schicht für Schicht heran. Ein zusätzlicher Vorteil dieser biologischen Methode: Das Pulver muss nicht vollkommen rein sein, denn die Enzyme docken ganz von selbst an den »richtigen« Substanzen an. So entsteht auf jeden Fall ein fester Verbund. Zudem hofft Schwarz, die Festigkeit der gedruckten Gegenstände je nach Anforderungen verändern zu können. Seine Idee: Wenn er die Reaktion der Enzyme vorzeitig stoppt, etwa durch Hitze, bleibt das Produkt relativ weich.

Ein Bioreaktor gehört zur Ausstattung

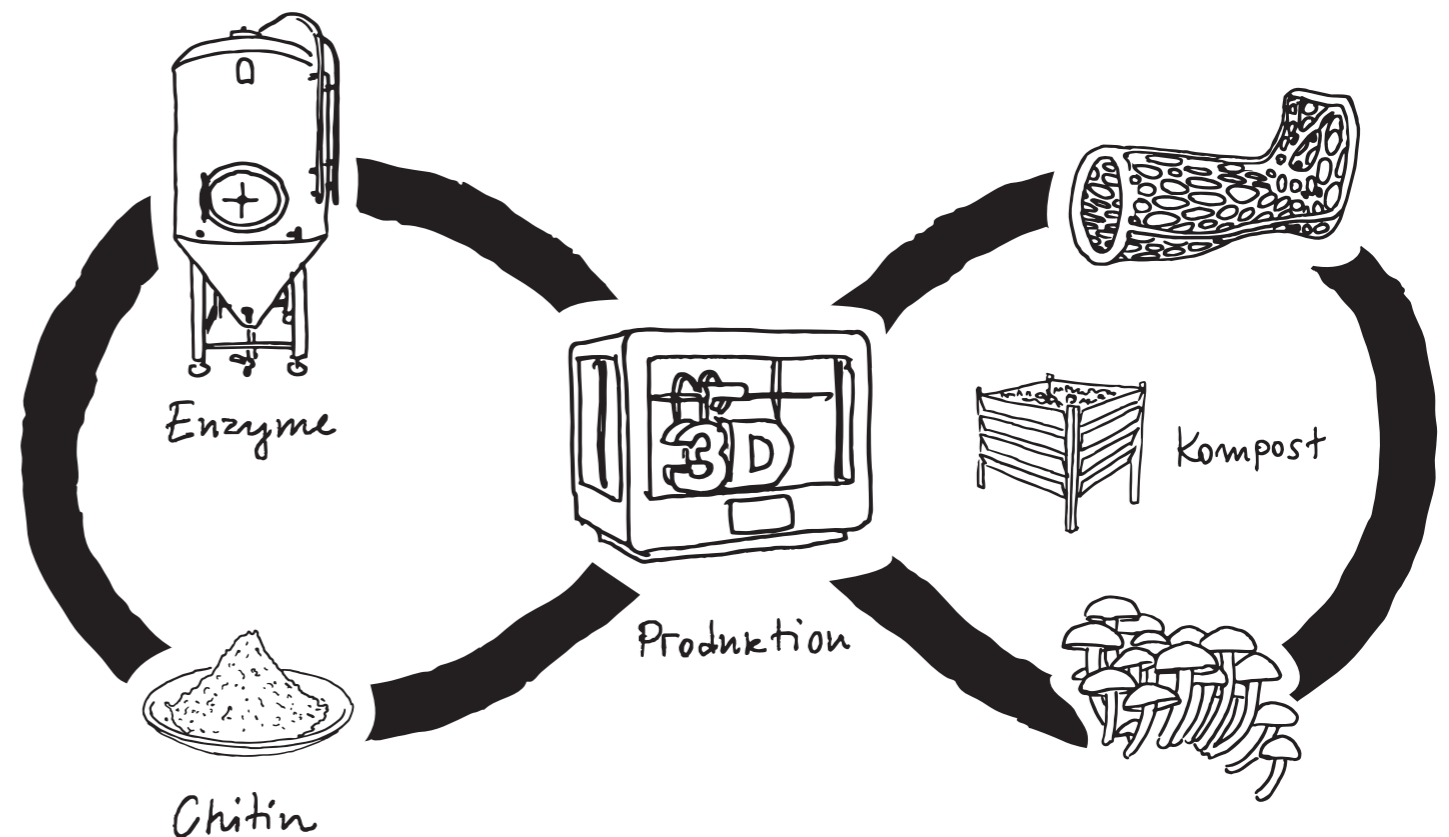
Fernziel des Projekts ist ein 3D-Drucker, der nicht nur die gewünschten Gegenstände nach CAD-Anweisung herstellt. Er soll auch die Bausteine, die für die Produktion nötig sind, selbst erzeugen. Dazu dient ein kleiner Bioreaktor, der die Enzyme erbrütet. Über einen Bypass soll er dem Drucker kontinuierlich Nachschub liefern – eine Technologie, die allerdings noch nicht ausgereift ist. Wenn der Drucker ausgeschaltet wird, so die Vorstellung, geht auch der Reaktor in den Schlafmodus, etwa indem die Zufuhr an Nährstoffen unterbunden wird. Schwarz ist überzeugt, dass so ein Enzymdrucker das Zeug dazu hat, zum Allerweltsprodukt zu werden: »Er könnte in

vielen Haushalten stehen.« Den Einwand, dass ein Fermenter vielleicht manchen Nutzer überfordert, lässt er nicht gelten: »Schließlich brauen auch manche Leute ihr Bier selbst.«

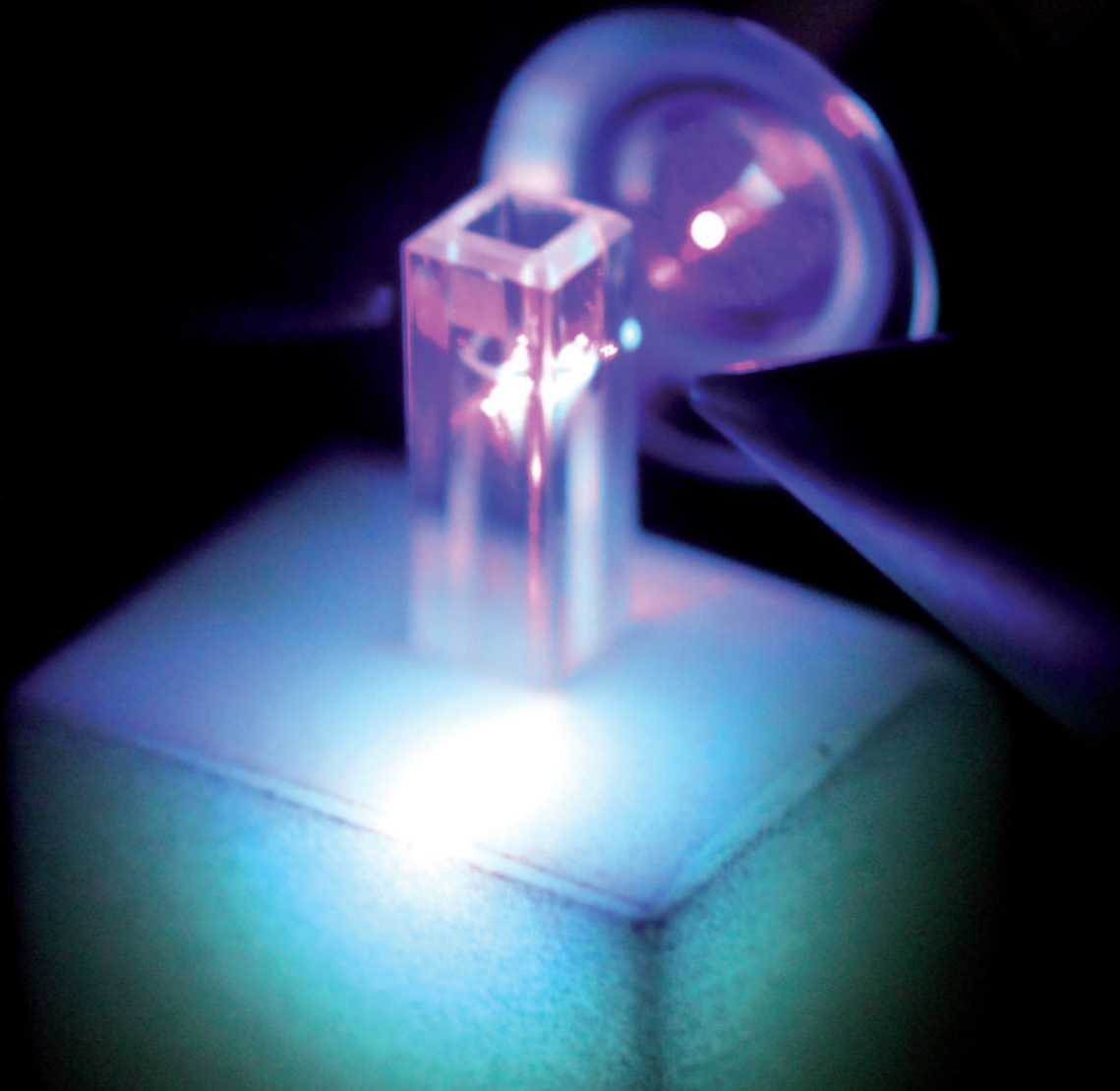
Was ihm dagegen noch Kopfzerbrechen bereitet, ist die Qualitätssicherung. Die Natur arbeitet nicht so exakt wie eine Maschine, wie jeder Fabrikant weiß: So machen am Fließband Menschen mehr Fehler als Roboter. Das Enzym ist die kritische Stelle in seinem Projekt, denn es kann in falscher Konzentration aus dem Reaktor kommen oder mit Bakterien kontaminiert sein. Selbst wer die Temperatur und den pH-Wert im Fermenter optimal einstellt, sieht dem Enzym nicht an, in welchem Zustand es ist und ob es korrekt arbeitet. Hier ist eine zusätzliche Qualitätsprüfung nötig. Schwarz denkt daran, zunächst einen winzigen Probekörper zu drucken, der rasch aushärtet und optisch kontrolliert werden könnte – ähnlich wie man im herkömmlichen Tintenstrahldrucker zur Kontrolle einen Probeausdruck macht. Ob sein Enzym-Drucker aber tatsächlich einmal auf den Markt kommen wird, lässt sich noch nicht absehen. Unternehmen, die an einer Kooperation interessiert sind, dürfen sich gerne melden. ■

Kontakt

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



Drohende Herzinfarkte frühzeitig erkennen



Was bisher noch Tage dauern kann, soll künftig in 15 Minuten bei niedergelassenen Ärzten geschehen: Forscher von der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in Mannheim entwickeln derzeit ein kostengünstiges Gerät, das Blutproben untersucht. Ein drohender Herzinfarkt wäre damit frühzeitig nachweisbar und könnte womöglich abgewendet werden.

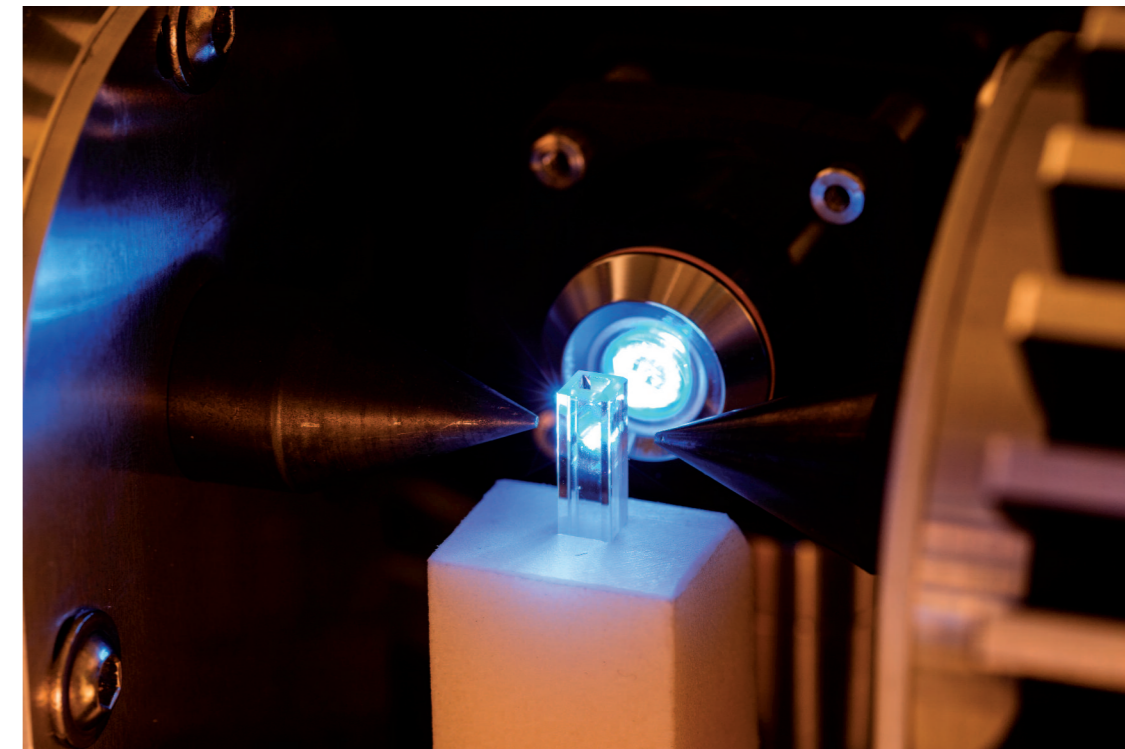
Ein drohender Herzinfarkt schickt für gewöhnlich seine Boten voraus: unspezifische Brustschmerzen. Doch wer damit zum Hausarzt kommt, wird oft wieder nach Hause geschickt. Viele Mediziner verkennen den Ernst der Lage. Ein anderes, viel eindeutigeres Anzeichen bleibt deshalb oft unbemerkt: »Bereits mehrere Tage vor einem Herzinfarkt sind bestimmte Stoffe im Blut nachweisbar«, sagt Christian Reis, der bei der PAMB die Gruppe Labormechatronik und -prozess Technik leitet.

Die Apparate, die Blutproben analysieren und die Stoffe erkennen können, sind so groß, dass sie ganze Räume füllen und so teuer, dass sie sich nur große Kliniken und Zentrallabors leisten können. Hausärzte müssen ihre Blutproben also einschicken und abwarten, bis das Ergebnis vorliegt. Tage bängen

Wartens verstreichen ungenutzt; für manch einen Patienten ist es dann schon zu spät. »Es gibt zwar Schnelltests«, sagt Reis, »aber die schlagen erst bei höheren Werten an. Ärzte können da kaum noch etwas tun.«

Nicht mehr als 15 Minuten sollen künftig vergehen, bis ein drohender Herzinfarkt nachgewiesen ist. Die Behandlung könnte umgehend beginnen, der Herzinfarkt womöglich abgewendet werden. Möglich macht das ein Apparat, den Reis und sein Team derzeit entwickeln. »BeadTrap«, auf Deutsch etwa »Partikelfalle«, heißt er und hat ungefähr die Dimensionen eines handelsüblichen Druckers.

Der Name ist Programm: Magnetisierbare Partikel werden von außen in Schwingung versetzt. Sie ziehen bestimmte Biomarker an und konzentrieren sie lokal. So werden sie für Diagnostiker sichtbar. Ungefähr 1500 Euro würde das Gerät kosten, wenn es marktreif wäre. Jedes kleine Krankenhaus und jede Hausarztpraxis könnte es sich problemlos leisten. Neben Herzinfarkten könnten sie mit BeadTrap auch andere medizinisch kritische Zustände nachweisen, etwa Blutvergiftungen, HIV oder Hirnverletzungen.



Doch ob der Apparat jemals Marktreife erlangen wird, ist derzeit völlig offen: »Mit BeadTrap würden wir in direkter Konkurrenz zu großen Konzernen stehen«, sagt Reis. Außerdem bräuchte der Apparat als diagnostisches Produkt eine entsprechende Zulassung. Die zu bekommen ist allerdings aufwendig und nur mit entsprechenden Partnern zu stemmen. ■

Kontakt

Dr.-Ing. Christian Reis
Telefon +49 621 17207120
christian.reis@ipa.fraunhofer.de

Umtriebige Zeiten für das freie Robot Operating System ROS

Das Interesse am freien Robot Operating System ROS hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Es bietet Komponenten für Manipulation, Navigation oder Bildverarbeitung, aber auch Treiber, Algorithmen sowie Diagnose- und Entwicklungswerkzeuge. Diese sind frei verfügbar, herstellerunabhängig, standardisiert und entstehen partizipativ. Einmal entwickelte Komponenten können einerseits mehrfach verwendet werden, was die Entwicklung und Inbetriebnahme von Robotersystemen effizienter und somit wirtschaftlicher macht. Und andererseits kann jedermann die Komponenten als Basis für die Neu- oder Fortentwicklung nutzen. Auch eine kommerzielle Nutzung ist bereits recht verbreitet und beinhaltet häufig sowohl Open-Source- als auch Closed-Source-Komponenten.

Bereits seit 2013 gibt es die Initiative ROS-Industrial, die sich für den industriellen Einsatz von ROS einsetzt. Sie versteht sich als Schnittstelle zwischen Entwicklergemeinschaft und Industriepartnern und hat mit ihren mittlerweile drei Konsortien und 67 Mitgliedern weltweit eine wichtige Netzwerkfunktion. Das Fraunhofer IPA leitet den europäischen Ableger. In dieser Funktion richtete das Institut im Dezember bereits zum sechsten Mal eine große ROS-Veranstaltung aus, die rund 150 Teilnehmern 27 Fachvorträge aus Forschung und Industrie bot. Daraus lassen sich 7 Kernbotschaften ableiten, die Trends, Anwendungshighlights und anzugehende Herausforderungen mit ROS widerspiegeln:



»Smart Transport Robots STR« bei BMW nutzen eine Navigationssoftware vom Fraunhofer IPA mit ROS-Komponenten. (Quelle: BMW Group)

Plattformen, Ökosysteme und Cloudtechnologien sind die Zukunft

Henrik Christensen, Professor an der UC San Diego, nannte in seiner Key Note drei treibende Faktoren, warum Roboteranwendungen zunehmend keine Insellösungen mehr sein werden. Stattdessen werden sie in größeren, vernetzten Strukturen oder Ökosystemen agieren und Daten teilen. Zu den Faktoren gehören die zunehmend geforderte Flexibilität in Produktionen, die alternde Weltbevölkerung, verbunden mit dem Wunsch nach mehr automatisierter Dienstleistung zuhause, und als dritter Punkt die Verstärkung, die die Logistik vor stetig wachsende Herausforderungen stellt. Roboter müssen in allen Kontexten zugleich kosteneffizient und robust sein, was sich perspektivisch nur über die Cloud bieten lässt. Denn entsprechende Hardware auf den Systemen ist entweder nicht sinnvoll in die Geräte zu integrieren, zum Beispiel bei Haushaltsrobotern, oder die Systeme werden zu teuer, zum Beispiel autonom fahrende Autos.

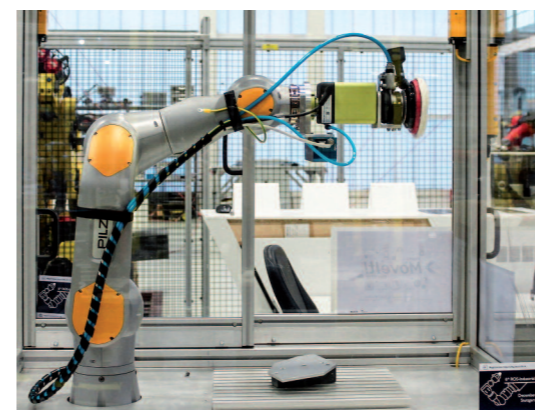
Zahlreiche Firmen vornehmlich aus den USA und Asien agieren innerhalb dieser neuen Ökosysteme. Sie haben ihr Geschäftsmodell dahingehend geändert, Dinge oder Technologien nicht mehr zu besitzen, sondern sie als Plattform-Dienste anzubieten. ROS kann ein entscheidender Faktor sein, um die nötige Standardisierung für diese Entwicklung hin zu gemeinsamen Plattformen zu bieten.

IT-Giganten sehen Mehrwerte in ROS

Prominente Beispiele für diese Entwicklungen sind Amazon und Google, die ebenfalls mit Vorträgen auf der ROS-Konferenz präsent waren. Beide stellten 2018 jeweils eine neue Plattform vor, um die Entwicklung von Robotern mithilfe von ROS in der Cloud zu ermöglichen. Auch über die Branche hinaus sorgte dieses Engagement von Firmen, deren Kerngeschäft fern der Robotik liegt, für Aufsehen. Die Amazon-Plattform Robomaker bietet eine browserbasierte Entwicklungsumgebung und zahlreiche cloudbasierte Dienste wie Sprach- und Bilderkennung für Roboter oder Tools für maschinelles Lernen und Analyse. Eine Simulationsumgebung sowie die Möglichkeit des Flottenmanagements sind ebenfalls Teil von Robomaker. Auch Google adressiert mit seiner auf ROS basierenden Plattform Cloud Robotics den steigenden Bedarf an Lösungen, die skalierbar sind, kollaborative Fähigkeiten und Verhalten sowie eine robuste Verwaltung von Änderungen und Monitoring bieten.

Erfolgreiche Anwendungen mit ROS mehren sich

Eine ganze Konferenzsession war dem Thema Anwendungshighlights mit ROS gewidmet. Zwei Navigationslösungen für mobile Roboter präsentierte das Fraunhofer IPA. Zum einen läuft die IPA-Software mit ROS-Modulen auf Fahrerlosen Transportfahrzeugen von Bär Automation. Diese FTF sind in einer Automobilproduktion im Einsatz, um die Karosserien flexibel von Montagestation zu Montagestation zu bringen. Außerdem navigieren sogenannte Smart Transport Robots



Leichtere Systemintegration ist nötig

Mehrere Sprecher auf der Konferenz hoben hervor, dass die Systemintegration für ROS-basierte Anwendungen noch zu aufwendig und ressourcenintensiv ist. In verschiedenen Vorträgen wurden deshalb Komponenten oder Entwicklungsplattformen präsentiert, die eine einfachere, schnellere und verlässliche Systemintegration ermöglichen sollen.

Die Qualität der Software muss höchsten Anforderungen genügen

Um Open-Source-Software in industrielle Anwendungen zu bringen, muss sie qualitativ hochwertig sein, insbesondere für sicherheitskritische Einsätze. Neue Tools für die Qualitätssicherung von Codes entstehen beispielsweise im Forschungsprojekt ROSIN. Außerdem entwickeln die Projektpartner eine Umgebung für automatische Codetests.

Funktionale und IT-Sicherheit sind unabdingbar

Thema in den Vorträgen und Diskussionen waren immer wieder Sicherheitsfragen, deren Lösung Voraussetzung ist, um ROS-basierte Anwendungen in den industriellen Einsatz zu bringen. Ein Ansatz hierfür sind die genannten Codetests. Die Firma Pilz hat vergangenes Jahr einen eigenen Roboterarm, basierend auf ROS-Komponenten, vorgestellt. Die Firma profitiert von den umfangreichen Programmierkenntnissen der Entwicklergemeinschaft, gab aber auch zu bedenken, dass der Code nach erfolgter Sicherheitsabnahme nicht mehr geändert werden dürfe.

Unternehmen können Förderungen erhalten

ROS weiter in industrielle Anwendungen zu bringen ist auch das Ziel zweier Forschungsprojekte mit IPA-Beteiligung, für die sich Unternehmen auf EU- bzw. bald auch nationaler Ebene bewerben können. Das EU-Projekt ROSIN bietet neben der finanziellen Förderung von ROS-Softwarekomponenten auch verschiedene Weiterbildungsmaßnahmen an. In der zweiten Jahreshälfte 2019 möchte das nationale Forschungsprojekt SeRoNet (Serviceroboter-Netzwerk) einen Aufruf zur geförderten Beteiligung öffentlich machen. Hier geht es darum, eine Plattform zu etablieren, die Produkte und Dienstleistungen für professionelle Servicerobotik bereitstellt und die kooperative Zusammenarbeit von Hard- und Softwareanbietern, Systemintegratoren und Endanwendern ermöglicht. ■

Kontakt

Thilo Zimmermann
Telefon +49 711 970-1240
thilo.zimmermann@ipa.fraunhofer.de

Nächste Schulungstermine zum Thema ROS am IPA:

24.–28. Juni 2019

Anmeldung unter:

<https://rosindustrial.org/events/2019/04/01/ros-industrial-training-eu>

Robuste Lösungen für den Kunden

»Made in Germany« steht für Highend. Viele Produkte, die hierzulande gefertigt werden, haben mehr Feinheiten, als der einzelne Kunde braucht: Hier noch ein Sensor, dort noch ein Schalter. Doch gerade diese Einstellung, immer noch mehr hinzuzufügen, könnte in Zukunft Probleme bereiten. Denn der Markt für Highend wird voraussichtlich kaum noch wachsen – und er wird zunehmend härter umkämpft. Manche ausländische Unternehmen, die mit schlichten Produkten begannen, haben sich inzwischen in die Top-Liga hochgearbeitet. So kann sich das Handy des chinesischen Produzenten Huawei, das vor Jahren als Billigversion begann, nun mit den Top-Marken messen. Dazu kommt, dass die Innovationszyklen immer kürzer werden, sodass der Forschungsaufwand wächst.

Frugale Produkte und Produktionssysteme



»Die Brot- und Buttermaschinen wurden vergessen«, bringt Marco Schneider vom Fraunhofer IPA das Dilemma des deutschen Maschinenbaus auf den Punkt. Wer langfristig denkt, muss sich einem stürmisch wachsenden Markt stellen: der Mittelschicht in den Schwellenländern. Allerdings haben die Kunden in China oder Indien andere Bedürfnisse als die in Europa. Sie wollen preiswerte Produkte. Dafür hat sich in der Ökonomie seit einigen Jahren die Bezeichnung »frugal« etabliert. Das Fremdwörterlexikon übersetzt das Wort als »einfach, bescheiden«. Ökonomen fassen die Bedeutung weiter: Frugale Güter sind nicht nur kostengünstig, sondern vor allem auf den jeweiligen Kundenkreis zugeschnitten. Es handelt sich dabei nicht um billigen Ramsch, zweite Wahl also, sondern

um robuste Produkte, die durchaus einen hohen Qualitätsanspruch haben – auch wenn sie nicht über alle Feinheiten verfügen. Oft stecken pfiffige Ideen dahinter, um den Kundenwunsch exakt zu bedienen. Frugal können nicht nur Produkte sein, sondern auch Produktionsprozesse.

Innovationsforum Frugale Maschinen, Anlagen und Geräte

Baden-Württemberg hat sich zu einem Schwerpunkt für frugale Produkte, Produktionen und Dienstleistungen entwickelt, was auch Fraunhofer-Instituten zu verdanken ist. Das IPA befasst sich seit Jahren mit dem Thema und unterstützt vor allem kleine mittelständische Unternehmen, sich damit systematisch auseinanderzusetzen. Im November 2018 hatte das Institut zum zweitägigen »Innovationsforum Frugale Maschinen, Anlagen und Geräte« geladen, zu dem zahlreiche Vertreter aus Industrie, Politik und Verbänden angereist waren. Die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Veranstaltung bot branchenübergreifende interdisziplinäre Workshops und Vorträge. Letztere spiegelten die ganze Bandbreite des Themas wider. So steckt beim Verein »EinDollarBrille« ein sozialer Gedanke im Zentrum. Er will mit seiner frugalen Sehhilfe 150 Millionen Menschen in armen Ländern wie Malawi oder Äthiopien zu klarer Sicht verhelfen. Einfache mechanische Biegemaschinen, die Menschen vor Ort bedienen können, formen aus Draht das Gestell, in das vorgefertigte Gläser aus chinesischer Produktion einrasten. »Seit 2014, dem Start des Projekts, haben wir schon 100 000 Brillen verkauft oder verschenkt«, teilt der Verein mit.

Kaugummi als Indikator

Manchmal steckt auch nur eine clevere Idee hinter dem frugalen Ansatz. Querdenken ist ohnehin gefragt, wenn frugal erfolgreich sein soll, darin sind sich die Experten einig. Ein Team um den Pharmakologen Professor Lorenz Meinel von der Universität Würzburg steht beispielhaft dafür. Es suchte nach einem Weg, die Diagnose von Entzündungen im Mundraum, etwa nach einer Zahnimplantation, schnell und preiswert stellen zu können. Derzeit muss ein Arzt dem Patienten



Dr.-Ing. Marco Schneider, Bereichsleiter Fertigungs- und Prozesstechnik, eröffnet das Innovationsforum Frugale Maschinen, Anlagen und Geräte.

studiert hatte, fand den schlichten Ausweg. »Seit zehn Jahren beschäftigen wir uns mit frugal«, sagt er. Einfach war der Start nicht: »Ich habe sechs Jahre gebraucht, um das Topmanagement zu überzeugen.« Auch die Ingenieure mussten umdenken und kreative Lösungen finden. »Ein einfaches Produkt herzustellen, ist das Schwierigste.« Schubert hat vor allem die Anzahl der Modelle drastisch reduziert und eine modulare Bauweise eingeführt. Außerdem konnte er die Kosten für einzelne Bauteile dank pfiffiger Ideen um bis zu 70 Prozent reduzieren.

Frugale Lösungen können allerdings auch einen Nachteil haben: Unternehmen, die sowohl herkömmliche als auch frugale Produkte im Angebot haben, könnten sich selbst Konkurrenz machen. Sicher einer der Gründe, weshalb der Werkzeugmaschinenbauer Trumpf das chinesische Unternehmen JFY aufgekauft hat. So kann er die unterschiedlichen Produkte unter verschiedenen Labels vertreiben. »Man muss die Märkte komplett trennen«, sagt Unternehmensvertreter Dr. Thomas Kühn. Kleine Unternehmen haben freilich nicht die Mittel für teure Übernahmen. Hier helfen die Fraunhofer-Institute IPA und IAO, sondieren Kundenwünsche in fremden Ländern, helfen beim Ausbau von Netzwerken und unterstützen bei der strukturierten Umsetzung robuster Lösungen.

Kontakt und weitere Informationen

S-TEC Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus
Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme (ZFP)

Uwe Schleinkofer, Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1553
uwe.schleinkofer@ipa.fraunhofer.de

<http://s.fhg.de/V4q>

eine Probe entnehmen und an ein Labor schicken – eine aufwendige Prozedur. Der innovative Ansatz ist wesentlich eleganter: Der Patient kaut ein präpariertes Kaugummi, und wenn sich ein bitterer Geschmack einstellt, ist eine Behandlung nötig. Das smarte Kaugummi schlägt allerdings nur auf jeweils einen speziellen Erreger an. Vorteil: Die Diagnose steht innerhalb von zwei Minuten und kostet nur wenige Euro.

Papier aus Heu und eine faltbare Biogasanlage

Bei der Creapaper GmbH wiederum steht die Ökologie im Vordergrund. Die Forscher haben einen Weg gefunden, Papier aus Heu herzustellen, um den Wald zu schonen. In manchen Supermärkten stehen bereits Obstschalen aus Gras-Papier. Und CNG-HomeGas hat eine simple Biogasanlage entwickelt, die aus Kuhmist nicht nur Gas zum Kochen produziert, sondern auch hochwertigen Dünger. In Entwicklungsländern eingesetzt, müssen Kleinbauern nicht länger Holz oder Öl kaufen. Die Anlage ist sehr robust, widersteht sogar der aggressiven afrikanischen Sonne und passt, zusammengefoldet, auf ein Motorrad. Bezahlt wird nach einem speziell auf die nicht liquide Zielgruppe angepassten Finanzierungsmodell.

Pro und Contra

Doch es muss nicht immer ein neues Produkt sein. Beim Maschinenbauer Voith Paper war es die Not, die einen frugalen Lernprozess in Gang setzte. Seine Maschinen zur Papierherstellung waren zwar technisch Weltspitze, aber zu teuer. Viele Kunden waren nicht mehr bereit, den Preis zu bezahlen. Vor allem bei den Maschinen zur Altpapieraufbereitung brach das Geschäft drastisch ein und erforderte ein radikales Umdenken. Dr. Hans-Ludwig Schubert, ein Querdenker in den Maschinenbau, der zunächst Philosophie

»Zu einem geringen Preis das Kundenbedürfnis treffen«

Interview mit Uwe Schleinkofer, Leiter des Zentrums für Frugale Produkte und Produktionssysteme, S-TEC



Herr Schleinkofer, was bedeutet frugal? Was ist eine frugale Produktion, was sind frugale Produkte? Und was verstehen Sie unter frugalen Lösungen?

Schleinkofer: Frugal bedeutet eine spezielle Fokussierung und ein Mindset hinsichtlich einfacher, robuster und kostenbewusster Lösungen von Kundenproblemen.

Beide, ein sehr hochautomatisiertes und ein frugales Produktionssystem, können Ansätze für die Produktion frugaler Produkte bzw. Konsumgüter sein. Hochautomatisierte Produktionssysteme geben Unternehmen die Möglichkeit, frugale Produkte für einen preissensiblen Markt in einem Hochlohndland herzustellen. In der Regel wird in den Schwellenländern lokal ein frugales Produktionssystem eingesetzt, um frugale Produkte bzw. Konsumgüter herzustellen. Ein Beispiel ist die Brillen-Biegemaschine des Vereins »EinDollarBrille«. Dies beinhaltet einen sehr einfachen Mechanismus und keine Automatisierung. In vielen Schwellenländern sind hochautomatisierte Lösungen nicht notwendig, da die Arbeitskosten niedrig und die Arbeitslosenquote höher ist als in den Industrieländern. Es zeichnet sich aber auch ab, dass in den Industrieländern auch der Bedarf nach einfachen, robusten und kostengünstigen Lösungen besteht.

Bei frugalen Lösungen geht es letztlich darum, dass man mit innovativen Ansätzen zu neuen Lösungen kommt, die das Kundenbedürfnis gut treffen, und das zu einem sehr geringen Preis.

Ikea ist also ein Paradebeispiel für frugale Lösungen?

Schleinkofer: Das ist ein Ansatz, doch es gibt noch andere. Wichtig ist, dass der Kunde im Mittelpunkt steht: Market-Pull statt Technologie-Push.

Sie arbeiten schon länger an dem Thema. Hat sich bei den Unternehmen die Einstellung dazu verändert?

Schleinkofer: Wir sehen immer mehr Unternehmen, die sich darüber Gedanken machen, ob dieser Ansatz für sie geeignet ist. Für kleinere Mittelständler ist es natürlich schwierig, einen neuen Markt zu bedienen. Genau dafür ist das Netzwerk »Innovationsforum frugale Anlagen, Maschinen und Geräte« entstanden. Wir unterstützen Unternehmen, sei es, dass wir Kooperationspartner vor Ort kennen oder dass wir Netzwerke initiieren. Deshalb sind wir branchenübergreifend unterwegs. So könnte sich zum Beispiel ein Drehmaschinenhersteller mit einem Fräsmaschinenhersteller zusammenschließen. Die tun sich gegenseitig nicht weh und können gemeinsam einen Markt für frugale Produkte erschließen.

Gibt es Märkte, die besonders geeignet sind für frugale Lösungen?

Schleinkofer: Das mittlere Marktsegment in Asien und im Pazifikraum wächst extrem, es verdreifacht sich in den nächsten Jahren. Da entsteht ein Riesenzugpotenzial, das man nicht vernachlässigen darf. Aber wir kennen auch mittelständische Unternehmen, die frugale Maschinen für Baden-Württemberg entwickelt haben und jetzt Anfragen aus ganz Deutschland und sogar aus EU-Ländern bekommen.

Kannibalisieren sich solche Unternehmen nicht selbst, wenn sie für den deutschen Markt auch einfachere und kostengünstigere Geräte herstellen?

Schleinkofer: Nein. Denn wenn sie den Markt nicht bedienen, macht es ein Konkurrent. Außerdem kann man frugale Produkte als Einstiegschance nutzen, um Kunden an sich zu binden, vor allem im Investitionsgüterbereich. Wer sich einmal eine Maschine beschafft hat, und dann auf die nächsthöhere upgraden will, bleibt der Marke bestenfalls treu.

Wo sind die Hemmnisse, die frugale Lösungen im Weg stehen?

Schleinkofer: Auf der einen Seite will man etwas Innovatives machen, auf der anderen Seite stehen Zweifel: Schaffen wir das? Warum sollen wir das machen? Da braucht es Vorreiter, da muss die Geschäftsführung hinter der Idee stehen. Denn in den Schwellenländern kommt es oft auf Lösungen an, die sehr schnell auf den Markt kommen. Dafür braucht man zunächst keine hundertprozentig ausgereifte Lösung.

Welche Rolle spielt Fraunhofer dabei?

Schleinkofer: Fraunhofer hat das »Innovationsforum Frugale Maschinen, Anlagen und Geräte« initiiert. Das ist quasi die Plattform zum Austausch über frugale Innovationen. Zusätzlich haben das Fraunhofer IPA und das Fraunhofer IAO das »Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme« gegründet, das vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert wird. Es ist Bestandteil des Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus S-TEC. Fraunhofer, Universität Stuttgart und weitere Partner arbeiten darin zusammen. In diesem Zentrum können wir Unternehmen beim Einstieg in das Thema oder bei der Entwicklung frugaler Innovationen unterstützen.



»Frugale Produkte mit modularem Baukasten herstellen«

Interview mit Philipp Raunitschke, Geschäftsführer ESTA Apparatebau GmbH & Co. KG

ESTA ist ein mittelständischer Anlagenbaubetrieb mit rund 220 Mitarbeitern. Er stellt Entstaubungsanlagen für das Gewerbe her, die im Mitteldruckbereich arbeiten, wo große Luftmengen zu bewältigen sind.

Spielt frugal in Ihrem Unternehmen schon eine Rolle?

Raunitschke: Wir haben unsere Geräte oft auf spezifische Kundenwünsche hin entwickelt. Das klingt fast schon frugal, hat aber den Nachteil, dass man über die Jahre ein breites Produktsortiment hat, das Kosten verursacht. Die Kunst besteht darin, genau das zu treffen, was der Kunde möchte, und trotzdem marktfähig zu sein. Deshalb wollen wir künftig frugale Produkte mit einem modularen Baukasten herstellen. Dabei arbeiten wir mit Fraunhofer zusammen.

Denken Sie dabei an den deutschen Markt?

Raunitschke: Auch. Aber China liegt uns besonders am Herzen. Wir haben schon Kontakte geknüpft und arbeiten an einer Marktstrategie. Eine Kernfrage ist: Was will der chinesische Kunde genau für ein Produkt? Auf Messen haben wir uns ein erstes Bild gemacht. Unser Eindruck: Der chinesische Kunde möchte keine Technik von gestern. Im Gegenteil, er möchte vorne mit dabei sein. Und Verfügbarkeit ist ihm sehr wichtig.

Welche Produkte haben Sie im Auge?

Raunitschke: Fuß fassen wollen wir mit einer Produktgruppe von Filtern oder Entstaubern. Die genaue Ausführung der Geräte müssen wir noch herausfinden. Aber man darf das nicht als reines Exportgeschäft sehen, sondern muss möglichst schnell in eine lokale Wertschöpfung gehen. Sonst lässt sich das kostentechnisch nicht abbilden. Wir denken darüber nach, zumindest größere Baugruppen lokal fertigen zu lassen, vielleicht auch im Verbund.

Warum will ein relativ kleines Unternehmen auf den chinesischen Markt?

Raunitschke: Wir wurden von unseren Kunden mitgezogen, für die wir in Deutschland und Europa schon arbeiten. Die haben ein Werk in China aufgebaut und wollen dort gerne mit einem ihnen bekannten Anbieter zusammenarbeiten. Das ist für uns erst mal einfacher, weil man vom Qualitätsanspruch näher beieinander ist.

Haben Ihre Entwickler Probleme mit frugaler Produktion?

Raunitschke: Die hatten wir. Und nicht nur die Entwickler taten sich anfangs schwer, sondern das ganze Unternehmen. Das klassische deutsche Maschinenbauunternehmen möchte das perfekte Produkt. Das führt zu extrem langen Entwicklungszeiten, und am Ende ist niemand wirklich zufrieden. Das haben wir hinter uns. Alle mussten ihre Einstellung ändern, von der Geschäftsführung über den Vertrieb bis zu den Technikern. Etwa bei der Fehlerkultur: Früher durfte niemand Fehler machen, deshalb experimentierte man nicht gerne und lernte nicht dazu. Natürlich brauchen die Mitarbeiter die Rücken- deckung vom Management, dass sie so arbeiten dürfen und sollen.

Wie lange arbeiten Sie mit Fraunhofer zusammen?

Raunitschke: In diesem konkreten Projekt etwa ein halbes Jahr. Das Thema der frugalen Entwicklung hat sehr gut in unsere Strategie gepasst, an der wir seit rund drei Jahren arbeiten: Der Kunde steht im Mittelpunkt. Der muss zufrieden sein, nicht der Ingenieur oder der Manager. Doch als Mittelständler können wir nicht alles selbst erfinden, dafür haben wir nicht die Ressourcen. Mit Fraunhofer wollen wir Unternehmenskompetenz im Bereich frugale, modulare Produktentwicklung aufbauen. Für uns ist es wichtig, in einem Netzwerk mit anderen Firmen zusammenzuarbeiten.

»Frugale Ansätze bieten stabilere Absätze«

Interview mit Dr. Tobias Weber, ehemals VDMA Landesverband Baden-Württemberg – heute bei Trumpf – sowie Dr. Reinhard Stumpe, Wirtschaftsförderung Region Stuttgart, Transformationsbeauftragter Industrieproduktion und Markus Götz, IHK Region Stuttgart, Leiter Referat Innovation, Technologietransfer und Digitalisierung. (Bild unten v. l. n. r.)

Für welche Unternehmen eignet sich frugale Produktion?

Stumpe: Wir haben viele Unternehmen in der Region, die sich mit Hightech-Produkten beschäftigen. Gerade für die ist es wichtig, denn Hightech-Märkte sind volatil. Da bieten frugale Ansätze stabilere Absätze.

Weber: Ich sehe das ähnlich. Wer im Hightech-Segment unterwegs ist und über Innovationen Market-Push erzeugt hat, muss jetzt auf das große Marktsegment zielen, das er bisher außer Acht gelassen hat. Vielleicht kommt dort Pull her. Dafür muss er den Kundennutzen herausfinden – eine Riesenherausforderung. Hier geht es auch um kulturelle Eigenheiten.

Die Bereitschaft der Unternehmen ist vorhanden?

Götz: Ich glaube, dass verschiedene Unternehmen aus verschiedenen Richtungen zu dieser Thematik kommen, ohne es vielleicht als frugal zu bezeichnen. In der Vergangenheit hat sich vieles aus den generellen Rahmenbedingungen entwickelt: Ein Unternehmen ist zum Beispiel nach Südamerika gegangen, um dort günstiger zu produzieren, und lernte so die Gesellschaft kennen: Welche Produkte werden gebraucht? Welches Marketing ist nötig? Es erkannte vielleicht, dass dort gar kein Highlevel-Produkt gebraucht wird.

Stumpe: Ein kleines mittelständisches Unternehmen muss nicht unbedingt nach Indien oder China gehen. Ein zusätzlicher Kunde kann sich auch in Europa auf tun. Oft ist es sinnvoll, einen Schritt einfacher zu produzieren. So muss ein Motor in einer Anlage nicht überdimensioniert sein, was manche Kunden fordern. Da müsste das Unternehmen sagen, für diese Anwendung würde ein schwächerer Motor ausreichen. Auch das ist für mich ein frugaler Ansatz, der durchaus neue Kunden gewinnen kann.

Muss ein kleines Unternehmen anders vorgehen als ein großes?

Stumpe: Es gibt verschiedene Wege. Es gibt große Unternehmen, die nach Indien oder China gehen und zu ihren Zulieferern sagen: Möchtest du dort nicht auch ein Werk aufbauen? So hat es die Automobilindustrie gemacht, und so könnte es für Maschinen- und Anlagenbau und andere Branchen auch gehen. Oder aber ein Geschäftsführer hat einen kulturellen Draht nach Indien oder China und baut dort eine Dreherei oder Stanzerei auf.

Wie groß ist die Bereitschaft der Unternehmen, sich auf frugale Ansätze einzulassen?

Weber: Wenn die konjunkturelle Lage gut ist, bekommt man oft zu hören, dass man jetzt keinen neuen Markt braucht. Aber das halte ich für eine sehr gefährliche Denkweise. Denn es kommen auch wieder andere Zeiten, und dann braucht man so einen Markt.

Götz: Die IHK berät Unternehmen, welches Land als Absatzmarkt für ihre jetzigen Produkte infrage kommt. Der Zutritt zum ausländischen Markt ist meist die erste Stufe. Erst im zweiten Schritt geht es darum, die Produkte unter dem frugalen Gesichtspunkt anzupassen. ■



6. NOVEMBER 2019

ENTWICKLUNG FRUGALER PRODUKTE

ANFORDERUNGSGERECHTE, ROBUSTE UND ERSCHWINGLICHE PRODUKTE FÜR PREISSENSITIVE KUNDEN

Wie gelingt es, anforderungsgerechte, robuste und erschwingliche Produkte fernab von Highend-Angeboten und Billiglösungen zu entwickeln? Wie richtet man eine kostenorientierte Produktentwicklung verstärkt am Kundennutzen aus? Und wie können Produkte gezielt für bestimmte Länder und die dort vorhandenen Kundengruppen entwickelt werden? Experten des Fraunhofer IPA geben in diesem Seminar Antworten – basierend auf dem strategischen Produktansatz »frugal«.

Stuttgarter Produktionsakademie

ENTWICKLUNG FRUGALER PRODUKTE

ANFORDERUNGSGERECHTE, ROBUSTE UND ERSCHWINGLICHE PRODUKTE FÜR PREISSENSITIVE KUNDEN

ENTWICKLUNGS- UND INNOVATIONSMANAGEMENT
6. NOVEMBER 2019

Stuttgarter Produktionsakademie
Telefon +49 711 970-1208
anmeldung@stuttgarter-produktionsakademie.de

Einer für alle

Ein Unternehmer aus Österreich entwickelt einen Unimog, der auf die Bedürfnisse von Kleinbauern in Schwellenländern zugeschnitten ist. Er rechnet mit einem gigantischen Wachstumspotenzial frugaler Produkte.



Es ist eine Mischung aus Traktor und Transporter. Ganz vorne, direkt über der Achse, eine kleine Fahrerkabine mit Windschutzscheibe und Dach. Innen Lenkrad, Schaltung und Handbremse. Aber kein Radio, keine Klimaanlage, kein Schnickschnack. Die offene Ladefläche ist geräumig und verfügt über modulare Aufbauten für verschiedene Lasten. Dahinter eine Drei-Punkt-Aufhängung mit Zapfwelle für Fräsen, Pflüge und anderes landwirtschaftliches Gerät. Allradantrieb. Konstruiert für den Einsatz abseits befestigter Straßen. CH4pa heißt das eigenwillige Gefährt. Es ist ein Prototyp, war bereits auf mehreren brasilianischen Landwirtschaftsmessen ausgestellt.

Dort stieß der Unimog CH4pa auf reges Interesse. Kein Wunder: Er ist exakt auf die Bedürfnisse brasilianischer Kleinbauern zugeschnitten. Deshalb die minimalistische Ausstattung, das geländegängige Fahrwerk – und der Motor, der mit Biomethan

angetrieben wird. Entwickelt hat den CH4pa aber kein Brasilianer, sondern ein Österreicher: Georg Wagner und sein Team von Spirit Design. Über Jahre haben sie sich mit den Lebensverhältnissen im schier endlosen brasilianischen Hinterland beschäftigt. »Was den Kleinbauern dort das Leben schwer macht, sind vor allem die Betriebskosten ihrer Fahrzeuge«, sagt Wagner. »Diesel ist in Brasilien kaum billiger als bei uns und Treibstoffe machen fast 50 Prozent der jährlichen Gesamtkosten von Kleinbauern aus.«

Biomethan könnte 20 Milliarden Liter Diesel einsparen

Biomethan hingegen ist preiswert und in rauen Mengen verfügbar. Allein in Brasilien ließen sich Jahr für Jahr 20 Milliarden Liter Diesel durch das Gas ersetzen – und 97 Prozent Kohlendioxid im Vergleich zu fossilen Treibstoffen einsparen. Der Gas-Antrieb ist in Brasilien ohnehin schon beliebt.

Allerdings verlaufen die Erdgas-Pipelines bisher nur entlang der Atlantikküste im Süden und Nordosten des Landes. Die Bauern im Hinterland haben kein Gasnetz. Wagner hat aus der Not eine Tugend gemacht: Die Kleinbauern produzieren ihr Biomethan regional selbst. Schließlich fallen bei Ackerbau und Viehhaltung genug Reststoffe an, die in Biogasanlagen vergären können. »Schon 30 Kühe oder 400 Schweine genügen, um einen CH4pa antreiben zu können«, sagt Wagner.

Weil die meisten Kleinbauern Brasiliens in Kooperativen organisiert sind, sind diese Zahlen schnell erreicht. Eine Pilotanlage in Itaipu, dem weltgrößten Wasserkraftwerk unweit der berühmten Iguazu-Wasserfälle im brasilianisch-paraguayisch-argentinischen Grenzgebiet veranschaulicht, wie sich Kleinbauern selbst mit Biomethan versorgen könnten. Die dortige Biogasanlage von der brasilianischen Partnerfirma CIBiogás vergärt Rasenschnitt und Speisereste zu Biogas, das anschließend zu Biomethan gereinigt wird. Danach ist es an der Tankstelle verfügbar. »Die Anlage produziert genug Biomethan für 200 Fahrzeuge«, sagt Wagner.

Eine solche Anlage demonstriert erstmals das Gesamtsystem, das Wagner vorschwebt: Damit Kleinbauern aus entlegenen Landstrichen keine unverhältnismäßig langen Strecken zurücklegen müssen, nur um Biomethan zu tanken, sollen Biomethan-Regionen mit jeweils etwa 35 Bauern entwickelt werden. Um die Kosten für die Biogasreinigung zu reduzieren, haben Wagner und sein Partner vor Ort, CIBiogás-Präsident Rodrigo Regis, gemeinsam mit der Technischen Universität Wien eine mobile Biogasaufbereitungsanlage entwickelt. Diese kann die Höfe einer Biomethan-Region anfahren, das Gas direkt bei der Biogasanlage abzapfen und reinigen.

Betriebskosten sinken auf die Hälfte

Setzt sich dieses Konzept durch, könnten sich brasilianische Bauern künftig flächendeckend selbst mit Biomethan versorgen – und den Gärrest aus den Biogasanlagen als Dünger auf ihren Feldern ausbringen. »Die Betriebskosten würden durch den Ersatz von Diesel und fossilem Dünger um die Hälfte niedriger ausfallen, stiegen die Kleinbauern von ihren dieselgetriebenen Fahrzeugen auf den CH4pa um«, sagt Wagner. Außerdem hat das Team von Spirit Design den CH4pa so konstruiert, dass die allermeisten Kleinbauern ihn selbst reparieren können. Auf störungsanfällige Elektronik und Hydraulik haben sie möglichst verzichtet.

Das Konzept, das Spirit Design zusammen mit CIBiogás für Brasilien ausgearbeitet haben, lässt sich auf andere Entwicklungs- und Schwellenländer übertragen: China, Indien, Afrika, Lateinamerika, Teile Osteuropas. Insgesamt leben rund 430 Millionen Kleinbauernfamilien auf der Welt in ähnlichen Verhältnissen wie ihre brasilianischen Kollegen – ein gigantisches Absatzpotenzial für den CH4pa und für alle anderen sogenannten frugalen Produkte, die passgenau auf die Bedürfnisse von Nutzern in Entwicklungs- und Schwellenländern zugeschnitten und preiswert zu haben sind.

Komponenten müssen weltweit lieferbar sein

Doch bis Wagner und sein Team die Früchte ihrer jahrelangen Entwicklungsarbeit ernten können, liegt noch ein mühseliger Weg vor ihnen: Sie müssen ihren Prototyp zur Serienreife weiterentwickeln, damit er die geltenden Abgasnormen erfüllt und eine Straßenzulassung erhält. Dafür kooperiert das Team von Spirit Design mit einem professionellen Engineering-Unternehmen aus der Fahrzeugbranche.

Ist der serienreife CH4pa virtuell entwickelt, soll er von einem regionalen, brasilianischen Traktorenhersteller mit den entsprechenden Produktionsanlagen übernommen werden, um dort gegen Lizenzzahlungen produziert und vertrieben zu werden. »Es gibt zwar Traktorenhersteller, die durchaus am CH4pa interessiert sind«, sagt Wagner, »aber ehe die unterschreiben, muss der virtuelle Prototyp mit der gesamten Zulieferkette stehen.« Denn wenn der Unimog später in ganz verschiedenen Weltgegenden im Einsatz sein soll, müssen die Komponenten, aus denen er sich zusammensetzt, weltweit lieferbar sein. ■

Kontakt

Philipp Mößner
Telefon +49 711 970-1505
philipp.moessner@ipa.fraunhofer.de

»Prozessindustrie ist existenziell«

Das Geschäftsfeld Prozessindustrie am Fraunhofer IPA richtet sein Angebot an die Chemie-, Pharma-, Lebensmittel- und Stahlindustrie. Ivica Kolaric leitet es seit Sommer 2018 und ist außerdem Abteilungsleiter Funktionale Materialien. Im Interview spricht er über neue Herausforderungen, Ziele und Veränderungen.

Herr Kolaric, in welcher Rolle sehen Sie den Geschäftsfeldleiter?

Ich sehe ihn als Moderator, der die Bedürfnisse der Industrie erkennt, die Kompetenzen des Instituts bündelt und zu einem Angebot formuliert. Ein Geschäftsfeld sollte einen Mehrwert erzeugen. Es sollte also Projekte oder Kunden akquirieren, die es ohne das Geschäftsfeld nicht geben würde.

Was haben Sie als neuer Geschäftsfeldleiter für Ziele?

Im ersten Schritt möchte ich die Sichtbarkeit vorhandener Kompetenzen erhöhen und dann das Verständnis für die branchenspezifischen Bedürfnisse wecken, den Marktbedarf aufnehmen und Lösungsangebote generieren. Wir haben am IPA neun Fachabteilungen unter diesem Branchendach zusammengeführt und meine Erfahrung bisher ist, dass es richtig spannend ist, auf welche Lösungen solche neu zusammengestellten, interdisziplinären Teams kommen.

Welche Themen werden Sie aufgreifen?

Wir sind dabei, ein Zentrum für Dispergiertechnik und ein weiteres für Solid Handling einzurichten. Dort können wir verfahrens- und produktionstechnische Prozessparameter an Anlagen im Technikumsmaßstab demonstrieren und erfassen. Wir nutzen die dort erhobenen Prozessdaten zu einer integrierten Qualitätskontrolle, mit dem Ziel, eine zeit- und kostenintensive Endkontrolle zu vermeiden. Gängige Simulationsmodelle bilden nur ideale Abläufe ab. Unser Ziel ist es, bessere Modelle zu entwickeln, welche die Produktentwicklung signifikant verkürzen. Damit haben wir schon so viel zu tun, das reicht eigentlich auch für die nächste Zeit.

Wo finden sich Dispergiertechnik und Solid Handling in der Prozessindustrie?

Die Prozessindustrie kann man grob in die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig einteilen. Wir konzentrieren uns zunächst auf flüssige und feste Systeme mit ihren spezifischen Anforderungen: Da geht es zum einen um Prozessabläufe bei Schüttgut, die Fördertechnik, das Sedimentationsverhalten und zum anderen bei pulverigen Stoffen um Explosionsschutz und den Umgang mit Stäuben. In den Produkten der Prozessindustrie hat man es mit einer Vielzahl von Additiven zu tun: Stabilisatoren, Emulgatoren und so weiter. Diese werden den Gebinden, Pasten beigefügt und es entscheidet oft der richtige Dispergierprozess darüber, ob mehr oder weniger Additive benötigt werden, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Kleinste Veränderungen der Prozessparameter führen zu dramatischen Veränderungen der gesamten Produktion.

Welche Bedeutung hat die Prozessindustrie?

Meine Sichtweise auf die Prozessindustrie ist die, dass sie einerseits im gesellschaftlichen Kontext eine vergleichsweise geringe Wertschätzung findet, andererseits aber existenziell für unser tägliches Leben ist. Wir sind mit unserem Lebensstandard auf ihre Produkte angewiesen. Deutschland wird vor allem mit der Automobilindustrie in Verbindung gebracht. Dabei steht die Bundesrepublik mit ihrer Chemiebranche an der Weltspitze. Ich würde gerne die Wahrnehmung dieser wichtigen Branche steigern.

Was hat sich seit der Gründung des Geschäftsfelds 2015 verändert?

Die Prozessindustrie ist das jüngste Geschäftsfeld am IPA. Man sieht allerdings, dass es sich, was Umsatzzahlen und Projekte angeht, zu einem wichtigen Leistungsträger entwickelt hat. Jetzt sind wir dabei, unser Leistungsangebot neu zu strukturieren und es besser auf die Marktbedürfnisse auszurichten. So ist der Entschluss gefasst worden, die Lebensmittelindustrie als vierte Branche mit ins Portfolio aufzunehmen. Qualitätssicherheit und die schonende Verarbeitung der Inhaltsstoffe sind Themen, in die wir unsere Expertise einbringen können.



Wie wird sich die Prozessindustrie Ihrer Meinung nach entwickeln?

(Lacht) Super hoffe ich mal! Themen wie Künstliche Intelligenz und Predictive Analytics sind zwar allgemein die großen Themen. Für mich stellt sich aber auch die Frage, wie der Mittelstand diese vorteilhaft für sich nutzen kann. Wir wollen basierend darauf für deren Bedarfe spezifische Lösungen mitentwickeln – unter Berücksichtigung von Unternehmensgröße, Leistungsfähigkeit und Kostensituation.

Die Prozessindustrie ist eine energieintensive Industrie. Denken Sie nur an die Stahlindustrie, in deren Öfen Stahl in großen Mengen geschmolzen und verarbeitet wird. Dieser muss dann sicher und zuverlässig zu den Kunden transportiert, um dann beispielsweise in Presswerken zu Fahrzeugkarosserien umgeformt zu werden. Allein die deutsche Automobilindustrie verarbeitet etwa 17 Millionen Tonnen Stahl pro Jahr. Hieraus resultiert ein großer Bedarf nach einer zuverlässigen Energieversorgung und Infrastruktur. Ich habe eine Lehre gemacht als Werkzeugmacher. Deshalb habe ich dieses Beispiel gewählt. Aber natürlich gelten die hohen Anforderungen an die Infrastruktur und Versorgungssicherheit auch für die anderen Branchen der Prozessindustrie.

Welche Schwerpunkte wollen Sie setzen?

Deutschland ist historisch ein etablierter Chemiestandort und genießt weltweit hohes Ansehen und die Pharmaindustrie ist ein Industriezweig mit wachsender Bedeutung. Hier wird die Qualitätskontrolle immer wichtiger, weil Wirkstoffe die Gesundheit nicht nur positiv, sondern auch negativ beeinflussen können. Die Lebensmittelindustrie erlebt einen Paradigmenwechsel: weg von der bloßen Aufnahme von Kalorien hin zu nachhaltigem, gesundem Genuss. Vegane Bratwurst oder Schokolade mit hohem Kakao-Anteil zum Beispiel. Beides erfordert neue Rezepturen und Verfahren. Oder schauen wir uns die großen Themen des aktuellen politischen Diskurses an: Energiewende, Agrarwende, emissionsfreies, vernetztes, autonomes Fahren und den demographischen Wandel. All diese Themen stehen in einer starken wirtschaftlichen, technologischen und ökologischen Abhängigkeit von der Prozessindustrie. Also genießen alle vier Bereiche hohe Priorität. ■

Ivica Kolaric

Geschäftsfeldleiter Prozessindustrie

Telefon +49 711 970-3729 | ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de

Vorschau Interaktiv Ausgabe 2|2019

60 Jahre Fraunhofer IPA

Die Übermorgen-Macher – unsere Titelstory im nächsten Interaktiv – steht ganz im Zeichen unserer Gründung. Am roten Faden der Robotik erzählen wir die Geschichte von den Anfängen unseres Instituts bis hin zur Künstlichen Intelligenz und dem maschinellen Lernen in der Gegenwart. Zu Wort kommen Personen, die das IPA geprägt haben und solche, die es heute gestalten. Dabei wird auch die Vielfalt unserer Themen sichtbar. Vorallem wird deutlich, dass wir unserer Ausrichtung treu geblieben sind: Produktion verbessern, um Unternehmen fit für morgen und übermorgen zu machen.

Wir feiern unser Jubiläum und haben uns etwas Besonderes ausgedacht: Studierende des Fachbereichs Art & Design an der University of Applied Sciences Europe (UE) in Hamburg werden unserer Jubiläumsausgabe illustrieren. Betreut werden sie dabei von den Professoren Friederike Groß und Christian Meyer zu Ermgassen.

Einen Vorgeschmack darauf, gibt das Titelbild des vorliegenden Interaktiv. Die Zeichnung »Digitalmikroben« stammt von Friederike Groß. Dem ein oder anderen ist sie vielleicht als langjährige Karikaturistin der Stuttgarter Zeitung bekannt. Seit 2013 ist Friederike Groß Professorin für Illustration und Fachbereichsleiterin Art & Design UE am Campus Hamburg.

Impressum

interaktiv Ausgabe 1|2019 | 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:

Jaana Ernst, Klaus Jacob, Larissa Mocka, Fred Nemitz, Dr. Karin Röhrich, Christine Sikora (Bild und Produktion),

Dr. Birgit Spaeth, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion), Hannes Weik

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

Fotos: Rainer Bez, Nikola Kaloyanov Seite 31, Fraunhofer IPA; alle weiteren Abbildungen stammen aus folgenden Quellen:

Seite 9 oben: WILLI NOTHERS; Seite 11, iStock; Seite 22, shutterstock; Seite 26, Roboy Project – Andra Photography;

Seite 27, Festo AG & Co.KG; Seite 34, BMW Group

Titelbild: Digitalmikroben, Illustration von Friederike Groß

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

Bestellservice:

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

70 JAHRE
FRAUNHOFER
70 JAHRE
ZUKUNFT
#WHATSNEXT

www.fraunhofer.de



