

interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | 1.2014

Was Gelähmten auf die Beine hilft

Zelltherapie für jedermann

Komplexitätsbewirtschaftung



Eine für alles.
Alles in einer.

Weiterbildung.
Qualifizierung.
Wissenstransfer.

**Liebe Leserinnen und Leser, liebe Kunden
und Partner des Fraunhofer IPA,**

die neue Ausgabe unseres Magazins bietet Ihnen auf fast 50 Seiten wieder einen lebendigen Einblick in die Forschung unseres Hauses. Neben neu entwickelten Innovationen aus dem Fraunhofer IPA finden Sie eine ausführliche Diskussion unseres aktuellen strategischen Themas Komplexitätsbewirtschaftung, wir stellen Ihnen den neuen Juniorprofessor des ISW, Andreas Pott, vor und lassen uns erklären, warum die Seilrobotik für ihn eine geradezu magische Ausstrahlung besitzt.



Der Schwerpunkt des ersten interaktiv-Heftes im Jahr 2014 liegt auf unserem Geschäftsfeld »Medizin- und Biotechnik«: Was Gelähmten auf die Beine hilft, wie bei minimalinvasiver Chirurgie Hydraulik Muskelkraft ersetzen kann, dass Mikropartikel Krebszellen aushungern können und wie ein Zaubertisch für das Bio-Labor funktioniert, erfahren Sie hier ebenso wie aktuelle Forschungsergebnisse zur personalisierten Produktion von Zelltherapien oder zur innovativen zellfreien Bioproduktion. Auch die Aktivitäten des Fraunhofer IPA in der SiLA-Initiative, der Begriff steht für »Standardization in Lab Automation«, sind Thema eines ausführlichen Beitrags. Wir wollen hier erreichen, dass zukünftig Standards für Gerätetreiber und Kommunikationsschnittstellen auf dem Markt zur Verfügung stehen, die eine einfache Integration von Geräten und Systemen unterschiedlicher Hersteller im Labor möglich machen.

»Wer wischt schon gerne Fußböden?« Eine Lösung hat das IPA mit dem Robo-Butler – zunächst für die professionelle Gebäudereinigung – entwickelt. Wie er funktioniert und was er kann, erfahren Sie in diesem Heft. Auch MiRoR soll Menschen unangenehme, in diesem Fall auch gefährliche Arbeiten abnehmen. Wir stellen Ihnen den sicheren und flexiblen neuen Miniaturroboter für Inspektion und Wartung vor.

Unser ehemaliger Institutsleiter Professor Hans-Jürgen Warnecke – lange Jahre war er auch Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft – feiert im April seinen 80. Geburtstag. Der seit zwanzig Jahren intern vergebene IPA-Innovationspreis trägt seit verganginem Jahr seinen Namen. Auch über die im Rahmen des »Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreises 2013« ausgezeichneten Projekte finden Sie in dieser Ausgabe interessante Informationen.

Und nun wünsche ich Ihnen eine anregende Lektüre und grüße Sie herzlich!

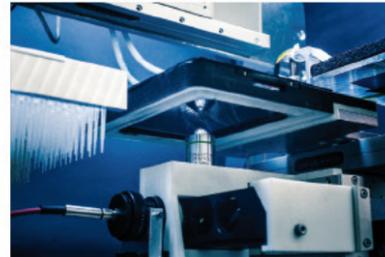
Ihr Thomas Bauernhansl
Institutsleiter Fraunhofer IPA

10



Was Gelähmten auf die Beine hilft
 Von dem künstlichen, motorgetriebenen Ellenbogengelenk könnten Patienten profitieren, denen der Nerv, der vom Hals zum Arm führt, eingerissen ist. Das aktive kleine Außenskelett gibt Bewegungsfreiheit zurück und kann bei der Therapie helfen.

24



Zelltherapie für jedermann
 Neue personalisierte Produktionstechnologien sollen der Herstellung von Zelltherapeutika dienen, die Krankheiten wie Krebs, Herzinfarkt, Hautverbrennungen oder altersbedingte Knochenschäden heilen helfen.

30



Ein neuer Miniaturroboter für Inspektion und Wartung
 Der Miniaturroboter soll komplexe Industrieanlagen autonom inspizieren, warten und reparieren. Im EU-Projekt MiRoR wird das neuartige automatisierte Robotersystem entwickelt.

36

Komplexe Märkte erfordern komplexe Fabrik- und Managementstrukturen
 Von Thomas Bauernhansl
 Das Umfeld der produzierenden Industrie ist geprägt durch wachsende Komplexität, die an vielen Stellen mit Kontrollverlust einhergeht. Dies erfordert ein Umdenken in den Unternehmen. Die neue Managementdisziplin »Komplexitätsbewirtschaftung« unterstützt eine effektive und effiziente Produktion.

40

»Alles verstehen und kontrollieren zu wollen, bringt uns im Umgang mit Komplexität nicht weiter« Interview mit Anja Schatz



Editorial

Von Prof. Thomas Bauernhansl, Institutsleiter Fraunhofer IPA 3

Plattform

Nachrichten und Notizen 6

Titel

Was Gelähmten auf die Beine hilft 10

FuE

Minimalinvasive Chirurgie: Hydraulik statt Muskelkraft 13

Zukunftsbranchen

Gebündelte Fähigkeiten am Fraunhofer IPA: Das Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik 14

FuE

Mikropartikel hungern Krebszellen aus 16

Zaubertisch für das Bio-Labor 18

Biomoleküle vom Band 21

Blickpunkt

Zelltherapie für jedermann. Ansätze zur personalisierten Produktion von Zelltherapien 24

FuE

Entwicklung von Standards in der Laborautomatisierung 26

Selbst ist das Elektroauto 28

Sicher und flexibel: MiRoR ein neuer Miniaturroboter für Inspektion und Wartung 30

Die große Magie der Seilrobotik 32

Serie

Komplexe Märkte erfordern komplexe Fabrik- und Managementstrukturen
 Von Thomas Bauernhansl 36

Im Gespräch

»Alles verstehen und kontrollieren zu wollen, bringt uns im Umgang mit Komplexität nicht weiter« Interview mit Anja Schatz 40

FuE

Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2013 42

Kompakte Ultraschall-Prüfanlage für Eisenbahnräder 44

Messen

45

Impressum

46

Saubere Rundfahrt: Robo-Butler für Gebäudereinigung

Sie sollen Büros sauber machen und Papier entsorgen: Roboter für die gewerbliche Reinigung. Wissenschaftler am Fraunhofer IPA entwickeln dafür im Verbundprojekt »Plug & Play für Automatisierungssysteme« (AutoPnP) die notwendige Steuerungssoftware. Dank intelligenter Softwarefunktionen können die mobilen Assistenten Schmutz erkennen und beseitigen sowie Papierkörbe leeren. Erste Anwendertests fanden im Dezember letzten Jahres beim Reinigungsspezialisten Dussmann in Berlin statt.



Care-O-bot entleert den Papierkorb automatisch in den Sammelbehälter am Reinigungswagen. (Quelle: Dussmann Group/Ecke)

Bei der professionellen Gebäudereinigung entfallen 70 Prozent der Arbeiten darauf, Böden sauber zu machen und Abfälle zu entsorgen. Für die automatisierte Umsetzung dieser Aufgaben entwickelten Wissenschaftler am Fraunhofer IPA den Roboterassistenten Care-O-bot® 3 weiter und programmierten die notwendigen Softwarefunktionen. Der mobile Robo-Butler soll gewerblich genutzte Innenräume, wie z. B. Büros, selbständig reinigen. Neben dieser und weiteren Anwendungen der Service-robotik wird im Verbundprojekt AutoPnP eine modulare Softwarearchitektur entwickelt. Dadurch lassen sich die einzelnen Hard- und Softwarekomponenten mit geringem Aufwand von einem Robotersystem zum anderen übertragen.

Fußböden reinigen und Papierkörbe leeren

Bei der täglichen Fußbodenreinigung sucht der Roboter Büroräume nach eventuellen Verschmutzungen ab, die mit einem Reinigungsgerät entfernt werden. Dabei fährt er zunächst autonom durch offenstehende Büros und inspiziert die Fußbodenflächen. Verschmutzungen werden dabei automatisch erkannt, kartiert und dann vom Roboter gereinigt. Auf Basis von Algorithmen zur Klassifizierung von Objekten kann der Roboter zudem Papierkörbe erkennen. Durch die visuelle Prüfung des Füllstands werden diejenigen Papierkörbe identifiziert, die der Roboter mit seinem Arm greifen und in einen Sammelbehälter entleeren soll.



Anwendertests bei der Dussmann AG

Damit die entwickelten Lösungen den Anforderungen der Praxis gerecht werden, findet die Umsetzung in enger Kooperation mit dem Reinigungsspezialisten Dussmann statt. Als Demonstrationshardware wird der am Fraunhofer IPA entwickelte Serviceroboter Care-O-bot® 3 eingesetzt und weiterentwickelt. »Auf Basis der modularen Softwarestruktur ist es mittelfristig auch möglich, die konzipierte Lösung auf eine speziell für dieses Einsatzfeld angepasste und damit entsprechend kostengünstige Roboterplattform zu übertragen«, sagt Richard Bormann, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme. »Im Dezember fanden in Berlin die ersten Anwendertests mit dem Demonstrator bei Dussmann statt, welche die Umsetzbarkeit solcher Reinigungsanwendungen mit dem heutigen Stand der Technik erfolgreich demonstrierten«, so Bormann. (lap)



Das Verbundprojekt AutoPnP steht für »Plug & Play für Automatisierungssysteme« und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Beteiligte Konsortialpartner

Fraunhofer IPA | fortiss GmbH | Technische Universität Berlin/DAI-Labor | Dussmann AG | Schunk GmbH | Festo AG | Festo Didactic GmbH & Co. KG

Messen und Veranstaltungen

Hannover Messe 2014 | Automatica 2014

Kontakt

Dipl.-Ing. Richard Bormann M. Sc.
Telefon +49 711 970-1062
richard.bormann@ipa.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter:

<http://www.autopnp.com>

Innovationspreis der Automatisierungsindustrie 2013

Erster Platz für »Energieeffizienz von parallelen Seilrobotern«

Auf dem Kongress der SPS IPC Drives 2013 in Nürnberg wurde am 27. November erstmals der Innovationspreis der Automatisierungsindustrie verliehen. Den ersten Preis erhielt Werner Kraus, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPA. Sein Beitrag umfasst ein neues Verfahren: Durch die Reduktion von Seilkräften lassen sich der Energieverbrauch senken und die Seilmechanik schonen.



Prof. Walter Schumacher, Technische Universität Braunschweig, verleiht den ersten Preis an Werner Kraus, Fraunhofer IPA.

Erstmals prämierte das Kongresskomitee der SPS IPC Drives 2013 die drei besten Beiträge mit dem Innovationspreis der Automatisierungsindustrie. Über den mit 3000 € dotierten ersten Preis freute sich Werner Kraus, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme. »Der Seilroboter ist ein Paradebeispiel dafür, wie aus bewährten Standardkomponenten durch moderne Steuerungstechnik ein intelligentes Robotersystem entstehen kann. Deshalb freue ich mich besonders, auf der Branchenmesse für Automatisierungstechnik den ersten Preis für diese neue Technologie annehmen zu dürfen«, so Kraus.

In parallelen Seilrobotern werden Seilwinden in Kombination mit einer PC-basierten Steuerung eingesetzt, um eine Plattform mithilfe von Seilen im Raum kontrolliert zu bewegen. Durch die gering bewegte Masse wird eine hohe Dynamik bei gleichzeitig hoher Energieeffizienz erreicht. In seinem Vortrag stellte Werner Kraus ein neues Verfahren zur Senkung von Seilkräften vor. Dadurch lässt sich die Energieaufnahme um

20 Prozent reduzieren. Darüber hinaus wurde erstmalig der Energieverbrauch eines parallelen Seilroboters mit dem eines seriellen Industrieroboters verglichen. Das Resultat: Im betrachteten Szenario erweist sich der Seilroboter insgesamt als energieeffizienter. Insbesondere die benötigte Spitzenleistung des Seilroboters fällt deutlich geringer aus. (lap)

Kontakt

Dipl.-Ing. Werner Kraus
Telefon: +49 711 970-1049 | werner.kraus@ipa.fraunhofer.de

Weitere Informationen

http://www.mesago.de/de/SPS/Der_Kongress/Innovationspreis/index.htm



»besser lackieren.

Jahrbuch 2014«

Das Jahrbuch enthält geltende Gesetze, Richtlinien und Normen sowie neueste Technologien, Forschungsprojekte, Entwicklungen und Trends für effektive Lackierprozesse in der Industrie.

Noch immer verbraucht die Lackierung über die Hälfte der Energie der gesamten Karosserieproduktion. Wie ein Innovationsschub in der Karosserielackierung den Verbrauch drastisch einsparen könnte, darüber informiert u. a. das kompakte Nachschlagewerk für die industrielle Lackiertechnik. Im Rahmen des Verbundprojekts »Energieeffiziente Lackierung« hat das Fraunhofer IPA gemeinsam mit Automobil-, Lackieranlagen- und Lackherstellern kurz-, mittel und langfristig umsetzbare Technologien neu- bzw. weiterentwickelt.

Die weiteren Top-Themen reichen von innovativer Beschichtung durch neue Lacke und Materialien, UV-Bestrahlung von Kunststoffbauteilen durch Simulation bis hin zur modellbasierten Steuerung des Lackfilmverlaufs sowie Angeboten zur Aus- und Weiterbildung.

besser lackieren. Jahrbuch 2014 | Bestell-Nr. 694 | 43,00 €
Redaktion: Dr. Oliver Tiedje | Dieter Ondratschek

Zu beziehen unter:

buecher@besserlackieren.de | www.besserlackieren.de

German High Tech Champions® Award 2013 für Myrobotics Toolkit



Wissenschaftler des Myrobotics-Teams bei der Verleihung der GHTC®-Awards im »Tokio International Forum« mit Komponenten des Toolkits. Dr. Konstantinos Dalamagkidis, TU München, Dr. Alexander Lenz, Bristol Robotics Lab, Dr. Christophe Maufroy und Dipl.-Ing. Maik Siee, Fraunhofer IPA (v.l.n.r.).

Beim zweiten Fraunhofer-Symposium »Green Technology made in Germany – Lightweight Design« in Tokio wurden am 18. November 2013 die German High Tech Champions (GHTC®) Awards verliehen. Unter den ausgezeichneten Technologien: das Myrobotics Toolkit. Wissenschaftler am Fraunhofer IPA haben gemeinsam mit europäischen Partnern das modulare Hardwaresystem entwickelt. Damit können Forscher, industrielle Anwender und Hobbytütler kostengünstig eigene Leichtbau-Roboter entwerfen und bauen. Im Anschluss an die Preisverleihung konnten die Wissenschaftler das Toolkit japanischen Unternehmen vorstellen, um gemeinsame Projektideen zu entwickeln.

»Make your own robot« lautete das Konzept des Myrobotics Toolkits, das in diesem Jahr in Tokio mit einem der sechs GHTC®-Awards in Höhe von 10 000 € ausgezeichnet wurde. Dank flexibler, modularer und kostengünstiger Hard- und Software bietet das Toolkit die Möglichkeit, leichte und nachgiebige Roboter selbst zu entwickeln und zu bauen. Im Rahmen der GHTC®-Kampagne konnte das Projektteam renommierte Branchenexperten aus Wirtschaft und Wissenschaft mit ihrem »Business Case« überzeugen. (lap)

Beteiligte Projektpartner Myrobotics: Fraunhofer IPA | TU München | ETH Zürich | University of Bristol | University of the West of England | EU gefördertes Forschungsprojekt (grant agreement n° 288219) | Teil des 7. EU-Rahmenprogramms (FP7/2007-2013)

Weitere Informationen unter: www.myrobotics.eu | <http://is.gd/ghtc2013>

Statt Weihnachtskarten verschickt das IPA eine Solaranlage

Das Fraunhofer IPA hat auch dieses Jahr einen Großteil seiner für den Versand von Weihnachtskarten vorgesehenen Mittel zugunsten einer karitativen Aktion verwendet. Unterstützt werden die Friends of Ruanda e. V., die sich u. a. für das Training Center for Modern Profession (TCMP) in Ruanda engagieren. Das Ausbildungszentrum soll eine Solaranlage erhalten, an der 22 junge Menschen zum »Solateur« geschult werden. Zudem wird der IPA-Ingenieur Roland Wertz mit den dort Auszubildenden per Skype über die neusten Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in der Solartechnologie sprechen.



Anschauungsunterricht an einem Solarmodul.

Aus dem Verständnis heraus, dass die Einheimischen in Ruanda ihr Land und ihre Bedürfnisse am besten kennen, realisiert Friends of Ruanda e. V. keine eigenen Projekte, sondern hilft ausschließlich seinen Partnern vor Ort. Dabei soll »jedes Projekt ein Problem lösen und Nachhaltigkeit schaffen«, sagt Eliphaz Ntibizerwa. Der Berufsschullehrer und Wirtschaftsingenieur aus Bad Boll lebt seit 22 Jahren in Deutschland und hat zusammen mit seiner Frau den gemeinnützigen Verein für seine alte Heimat gegründet.

Weitere Informationen: <http://www.friends-of-ruanda.org/ausbildungsplaetze.html>



Care-O-bot® 3 bei »Quarks & Co«

Rund um das Thema Roboter ging es bei Quarks & Co im vergangenen November. Das erfolgreiche Wissenschaftsmagazin des WDR beschäftigte sich mit der Frage, welche Rolle Roboter künftig in unserem Leben spielen werden und wie sie uns bereits heute in bestimmten Bereichen unterstützen können. Ein Schwerpunkt der Sendung: Roboter für den Haushalt und die Pflege. Im Kölner Fernsehstudio kam auch der am Fraunhofer IPA entwickelte Assistenzroboter Care-O-bot® 3 zum Einsatz. Auf Bestellung servierte er Ranga Yogeshwar eine Tasse Kaffee. Dass der interaktive Butler kollisionsfrei navigieren kann und sich somit für den Umgang mit Menschen eignet, zeigte der Moderator selbst: Er stellte sich vor den mobilen Serviceroboter, der ihm problemlos ausweichen konnte. »Das Redaktionsteam von Quarks & Co war sehr gut auf das Thema Robotik vorbereitet. Besonders beeindruckt hat mich das Fachwissen von Ranga Yogeshwar, der, wie er sagt, zuhause selbst gerne mit kleinen Robotern experimentiert«, so Florian Weißhardt, Projektleiter Softwareentwicklung Care-O-bot in der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme. (lap)



Moderator Ranga Yogeshwar (li.) und Florian Weißhardt, Fraunhofer IPA mit Care-O-bot® 3. (Quelle: WDR)

Sendung unter:

http://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks_und_co/videoquarkscodieroboterkommen100.html



Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis 2014

Exzellente Arbeit kommunizieren und im Markt sichtbar machen

Bereits zum dritten Mal vergibt das Fraunhofer IPA den Stuttgarter Preis für Oberflächentechnik. Dieses Jahr wird der Preis »DIE OBERFLÄCHE« wieder im Rahmen der internationalen Fachmesse für Oberflächen & Schichten O&S verliehen, die vom 24. bis 26. Juni 2014 in Stuttgart stattfindet.

Mit der »OBERFLÄCHE« wird jährlich die innovativste Anwendung oder Technologie innerhalb aller Disziplinen der Oberflächentechnik ausgezeichnet. Zur Teilnahme am Wettbewerb sind alle aufgefordert, die die Oberflächentechnik-Branche innovativ und nachhaltig mitgestaltet haben, unabhängig davon, ob in den industriellen Bereichen Galvanotechnik, Lackiertechnik, thermisches Spritzen oder PVD/CVD.

Einsendeschluss für Bewerbungen ist der 1. Mai 2014.

Eine unabhängige Jury entscheidet nach den Kriterien Innovationssprung, Nachhaltigkeit, industrielle Machbarkeit und Enabler-Qualität. Neben dem Jury-Vorsitzenden Dr. Martin Metzner, Fraunhofer IPA, gehören Dr. Martin Riester, VDMA Fachverband Oberflächentechnik, und Dr. Michael Hilt, Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e. V., zur disziplinübergreifenden Fachjury.

Alle Informationen zu Bewerbung und Teilnahmebedingungen unter:
<http://oberflaeche.ipa.fraunhofer.de>



Kontakt

Silke Kern M. A.
Telefon +49 711 970-1254 | silke.kern@ipa.fraunhofer.de

Veranstaltungspartner ist die Deutsche Messe. Als Medienpartner konnte wieder der Industrieanzeiger und erstmalig das Fachmagazin WOMag gewonnen werden.



Industrie
anzeiger

WOTeCH
Technical Media

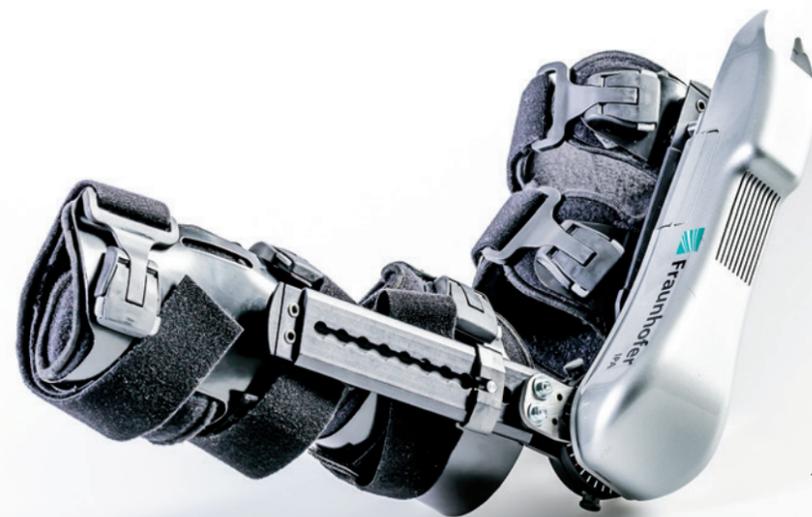
Was Gelähmten auf die Beine hilft

Bei der Fernsehshow »Wetten, dass ...?« war ein Millionenpublikum live dabei: Der junge Stuntman Samuel Koch verletzte sich vor drei Jahren bei einem Sprung über ein Auto schwer und ist seitdem querschnittgelähmt. Wie andere Leidensgenossen brauchte er viele Monate, um sein Schicksal zu akzeptieren. Er hätte sicher einen kleinen Trost gefunden, wenn er gewusst hätte, dass er mit technischer Hilfe eines Tages wieder laufen kann. Sogenannte Exoskelette machen das bald möglich. Elektromotoren übernehmen dabei die Arbeit der Muskeln. Sie greifen an einer Stützstruktur an, die dem Patienten wie ein Raumanzug übergestreift wird. Arme und Beine, die aus eigener Kraft nicht mehr funktionieren, bewegen sich passiv mit.

»Die Zukunft beginnt. Erste Exoskelette aus USA und Japan befinden sich seit 2013 in der klinischen Anwendung in Deutschland«, sagt Dr. Urs Schneider, Leiter der Abteilung Biomechanische Systeme. Weltweit forschen Wissenschaftler an der Entwicklung von leichteren und leistungsfähigeren Geräten, ob in Japan, Deutschland oder Israel. Es muss nicht immer ein kompletter Anzug sein, auch ein einzelner Arm oder ein Bein ist schon viel wert. Besonders engagieren sich die US-Amerikaner auf diesem Gebiet.

Ihnen geht es aber nicht nur darum, Verletzten ein Stück Mobilität zurückzugeben. Sie denken auch an ihre Soldaten, die mit der innovativen Technik übermenschliche Kräfte bekommen sollen. »Hier sind in den nächsten Jahren interessante Entwicklungen zu erwarten«, glaubt Bernhard Budaker, der sich ebenfalls mit Exoskeletten beschäftigt. Der promovierte Ingenieur ist Gruppenleiter in der Abteilung Biomechanische Systeme beim Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart. Vielleicht marschieren schon bald lebende Roboter-Soldaten mit 100 Kilo Gepäck auf den Schultern über Stock und Stein.

Hilfe für behinderte Menschen und Unterstützung von körperlich anstrengenden Verrichtungen – das sind die beiden Einsatzgebiete für Exoskelette. Die IPA-Abteilung von Schneider hat beide Ziele im Visier. Interdisziplinär besetzt mit Experten vieler Fachrichtungen, vom Orthopäden über den Maschinenbauer bis zum Informatiker, forscht sie schon seit mehr als zehn Jahren auf dem Gebiet der Biomechanik und Prothetik. Sie arbeitet stets mit Unternehmen aus der Industrie zusammen, auch mit kleinen und mittelständischen. In Deutschland einzigartig ist die enge internationale Verzahnung insbesondere mit den Forschungskliniken des US-Veteranenministeriums in Minneapolis und Pittsburgh.



Ein Exoskelett, auch Außen-skelett genannt, stützt einen Organismus mit einer äußeren stabilen Hülle.

Aktiv angetriebene Armorthese.



Bewegungsanalyse mit hochauflösendem Infrarot-Tracking-System.

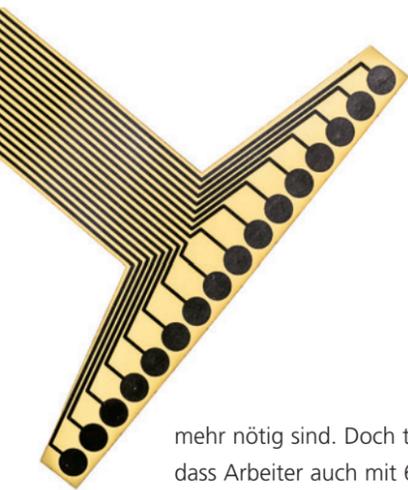
Das große Plus der Abteilung: Der Mensch steht am Anfang aller Überlegungen. Das ist keineswegs selbstverständlich. Manche Kollegen können zwar mit ausgefuchster Technik glänzen, doch die Dynamik der Apparaturen passt nicht zum natürlichen Bewegungsablauf.

Wie bewegt sich ein Mensch? Dieser Frage sind die Fraunhofer-Experten schon früh nachgegangen und haben dabei viele Erfahrungen gesammelt. Sie können sogar für jeden einzelnen Patienten mithilfe zahlreicher Messsysteme eine individuelle Bewegungsanalyse erstellen. Erst dieses Wissen macht es zum Beispiel möglich, in einem Film beliebige Animationsfiguren täuschend echt laufen und agieren zu lassen. Noch wichtiger ist das Know-how bei orthopädischen Problemen. Nicht nur, dass die Dynamik von Prothesen und Exoskeletten dem natürlichen Bewegungsablauf halbwegs entsprechen muss, damit es nicht zu Folgeschäden kommt. Man muss die technischen Hilfen auch richtig anpassen, damit sie nicht drücken oder schmerzen. Welche Körperpartien dürfen belastet werden? Wo lassen sich die Kräfte, die so ein Apparat entwickelt, in den Körper des Patienten ableiten? Diese Fragen müssen Orthopäden beantworten. Das Schienbein etwa, das weiß jeder Fußballer, wäre viel zu empfindlich für eine starke Dauerbelastung.

Budaker legt ein künstliches, motorgetriebenes Ellenbogengelenk vor sich auf den Tisch. Ein Verletzter kann sich das kleine Außenskelett, das an seinem Institut entstanden ist, anschnallen. Mit einem Drehmoment von mehr als 13 Newtonmetern entwickelt es erstaunliche Kräfte. Budaker: »Man kann damit ohne weiteres einen Kasten Bier heben.«

Von dem Gerät könnten etwa Patienten profitieren, denen der Nerv, der vom Hals zum Arm führt, eingerissen ist. Solche Verletzungen ziehen sich manchmal Motorradfahrer oder Snowboarder bei Unfällen zu. Sie können dann zwar ihre Hände bewegen, nicht aber Schulter und Ellenbogen. Das aktive Kunstgelenk gibt ihnen einen Teil ihrer Bewegungsfreiheit zurück. Und es kann bei der Therapie helfen. Denn die aufgezwungene Bewegung regt die verletzten Nerven an, sodass sie wachsen und – wenn alles gut geht – ihre alte Funktion zurückgewinnen.

Auch Gesunde können die Exoskelett-Hilfen nutzen, etwa um stark belastende Tätigkeiten in Produktionsbetrieben zu erleichtern. Manche Bewegungen, die Arbeiter über Jahre ausführen müssen, schädigen den Bewegungsapparat und führen zu Gelenkverschleiß. Nicht immer ist es möglich, die Arbeitsabläufe so zu verändern, dass belastende Tätigkeiten nicht



Kontakt-Pads eines
Folien-EMG-Arrays (Elektromyographie).

mehr nötig sind. Doch technische Hilfe macht es möglich, dass Arbeiter auch mit 60 Jahren noch kräftig Hand anlegen können. Das teure Exoskelett ist freilich nur die letzte Möglichkeit. Das einfachste Mittel ist ein elastisches Band, wie man es bei Sportlern mit dem Kinesio-Tape immer häufiger sieht. Auch eine starre Stütze, die den Bewegungsspielraum begrenzt, kann helfen. Das aktive Exoskelett ist die aufwendigste Variante, die wegen der hohen Kosten und der notwendigen Spezialanfertigung, die jeder einzelne Arbeiter braucht, nur für spezielle Aufgaben in Frage kommt.

Um ein Exoskelett oder Teile davon zu bauen, sind viele Fertigkeiten notwendig. Das Fraunhofer IPA beschäftigt dafür die entsprechenden Spezialisten. Das fängt mit der Sensorik an: Der künstliche Bewegungsapparat muss erkennen, in welcher Position er sich gerade befindet. Das ist wie bei einem Gesunden, der weiß, ob er sein Bein gerade anwinkelt oder eine Hand zum Mund führt. Nur so kann er richtig reagieren. Für diese Aufgabe bietet die Industrie zahlreiche miniaturisierte Standardsensoren an, vom Beschleunigungsmesser über den Drucksensor bis zum Gyrometer. »Das Problem ist die intelligente Verschaltung«, erklärt IPA-Gruppenleiter Felix Starker, ein gelernter Maschinenbauer. Aus der Vielzahl der Messwerte müssen pfiffige Algorithmen die richtigen Schlüsse ziehen – eine Aufgabe für Spezialisten.

Ein weiterer Baustein ist das elektromechanische Antriebsmodul, das die Muskeln ersetzt. Es soll leicht, klein und doch kräftig sein. Budaker möchte dieses Teil künftig nach einem standardisierten Bauplan fertigen, sodass es für unterschiedliche Anwendungen, ob Knie oder Ellenbogen, genutzt werden kann. Er muss nur die Abmessungen und Leistungsdaten anpassen. Auch die Steuerung will Budaker nach dem Baukastensystem herstellen. Sie soll klein sein und nicht viel Wärme entwickeln. Eine der schwierigsten Aufgaben ist es, dem Gerät den Willen des Nutzers mitzuteilen. Dafür gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten – wenn man einmal von einem Joystick absieht, den viele behinderte Menschen nicht bedienen können.

Naheliegender ist es, die Signale von einem intakten Nerv abzugreifen. So kann ein gelähmter Patient das Gerät rasch intuitiv bedienen. Er muss letztlich nur das machen, was auch ein Gesunder tut, um ein Bein zu heben oder den Ellenbogen zu strecken. Allerdings ist eine Operation nötig, um die Verbindung herzustellen. Außerdem stecken im Körper auf Dauer Elektroden, die der Organismus oft als unerwünschten Fremdkörper abkapselt. »Dann war alles für die Katz«, sagt Starker. Einfacher ist es, einen Sensor auf die Haut zu kleben, der die Kontraktion bestimmter Muskeln erkennt. Der Sensor, den Budaker zeigt, hat etwa die Größe eines Heftpflasters. Für den Patienten bedeutet das: Er muss lernen, dass eine Muskelanspannung an einer Stelle eine Bewegung der Apparatur an einer anderen Stelle bewirkt.

Für einen jungen Menschen wie Samuel Koch von »Wetten, dass ...?« ist diese Lektion eine Kleinigkeit. Er würde mit Sicherheit noch viel schwierigere Aufgaben meistern, wenn er sich nur wieder bewegen könnte. Allerdings muss er sich wohl noch ein paar Jahre gedulden, bis er ein leistungsfähiges Exoskelett kaufen kann. (Klaus Jacob)

Kontakt

Dr.-Ing. Bernhard Budaker
Telefon +49 711 970-3653
bernhard.budaker@ipa.fraunhofer.de

Felix Starker
Telefon +49 711 970-3644
felix.starker@ipa.fraunhofer.de

*Infrarotmarker für die Bewegungsanalyse
am Menschen.*



Minimalinvasive Chirurgie: Hydraulik statt Muskelkraft

Bei vielen Standardoperationen verzichten Chirurgen mittlerweile auf große Schnitte und wählen stattdessen »Schlüsselloch«-Verfahren, die den Patienten weniger belasten. Jährlich rund 85 000 minimalinvasive Operationen wurden im Durchschnitt über die letzten fünf Jahre in deutschen Krankenhäusern durchgeführt – von der Entfernung des Blinddarms oder der Gallenblase bis hin zu Eingriffen im Dickdarm oder Kniegelenk.

Den Blick durch das »Schlüsselloch« ermöglichen Endoskope, häufig mit flexibler Spitze, deren Ausrichtung in der Regel über Bowdenzüge gesteuert wird. Auch die Instrumente, die dabei eingesetzt werden – Scheren ebenso wie Klemmen oder Greifer – funktionieren ähnlich: Einfache Seilzüge oder Schubstangen in Röhren übertragen die Handbewegungen des Chirurgen am einen Ende an die winzigen Werkzeuge am anderen Ende.

»Das erfordert nicht nur Geschick, sondern auch sehr viel Kraft und Ausdauer«, hat Dominik Kaltenbacher von der Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB (s. S. 17) in Mannheim beobachtet. Gemeinsam mit seinem Team entwickelt er Antriebe für endoskopische Instrumente, die Chirurgen bei minimalinvasiven Operationen entlasten. Besonders vielversprechend sind hydraulische Antriebe. »Gegenüber mechanischen Instrumenten haben hydraulische Instrumente vor allem den Vorteil, dass der Operateur sie feinfühler bedienen kann, weil er deutlich weniger Muskelkraft aufwenden muss«, erklärt Kaltenbacher.

Dass weniger Kraft durch Reibung verloren geht, wenn geschmeidige Flüssigkeit starre Kolben oder lange Stahlseile ersetzt, erleichtert bereits die Arbeit mit der rein hydraulisch-mechanischen Variante der Instrumente, die ohne zusätzliche Hilfsaggregate auskommt. Bei Bedarf lässt sich jedoch auch ein Kompressor anschließen. Er unterstützt den Operateur zusätzlich und erzeugt den Druck, der nötig ist, um Gewebe sicher zu halten oder zu durchtrennen.

»Wir rechnen derzeit mit 20 Newton Greifkraft. Es sollten aber auch bis zu 50 Newton möglich sein«, so Kaltenbacher.

Ein weiterer, ganz besonderer Vorteil hydraulischer Antriebe ist: Die Kraft zur Bedienung der Werkzeuge an der Spitze des Instruments überträgt sich nicht nur problemlos auf geradem Wege, sondern auch über gekrümmte Strecken. Entsprechend flexibel und biegsam lassen sich sowohl die Zuleitungen als auch das Instrument als solches gestalten. So kann es sich auf dem Weg zum eigentlichen Ort des Eingriffs im Körper an die natürlichen Gegebenheiten besser anpassen – beispielsweise dem Verlauf des Darms oder den Krümmungen der Speiseröhre.

Als Hydraulikflüssigkeit setzen die Mannheimer Medizintechnik-Spezialisten derzeit medizinisches Weißöl ein. »Wir könnten auch Wasser oder Kochsalzlösung verwenden, aber Öl schmiert deutlich besser und verhindert gleichzeitig, dass Rost entsteht«, erläutert Kaltenbacher. »Die Flüssigkeit muss aber auf jeden Fall steril und körpervertäglich sein«, betont er.

Wie gut das neuartige Antriebskonzept funktioniert, zeigten erfolgreiche Dauertests mit einem einfach aufgebauten, starren Greifinstrument. Auch flexible Instrumente liegen bereits als Labormuster vor. In der nächsten Phase wollen die PAMB-Forscher den Aktionsradius der Werkzeuge an der Instrumentenspitze erweitern: »Die jetzigen starren, handgeführten Instrumente können nur in eine Richtung arbeiten: in die der Instrumentenachse. Wenn das Werkzeug aber mit einer Art Handgelenk ausgestattet ist, kann man es auch abwinkeln oder drehen«. Diesen Komfort bieten bislang nur die Instrumentensysteme von Operationsrobotern. (M. Neuner)

Kontakt

Dipl.-Ing. Dominik Kaltenbacher
Telefon +49 621 17207-193
dominik.kaltenbacher@ipa.fraunhofer.de

Gebündelte Fähigkeiten am Fraunhofer IPA:

Das Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik

Jahrzehntelange Erfahrung auf dem Feld der Medizin- und Biotechnik ist ein Markenzeichen des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Die ganze Vielfalt der Kompetenzen in den einzelnen Forschungsabteilungen ist für Kunden und Interessenten oft nur schwer auf den ersten Blick erkennbar, solange die Abteilungen bei der Vermarktung auf sich allein gestellt sind. Das neu geschaffene und von Dr. Urs Schneider und seinen Stellvertretern Tobias Brode und Caroline Siegert geleitete »Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik« am Fraunhofer IPA bündelt diese Kompetenzen, stellt sie effektiv und schlagkräftig nach außen dar und wirkt so als klarer Ansprechpartner gerade für komplexe und interdisziplinäre Lösungen aus einer Hand.

Das Querschnitts- und Zukunftsthema Life Sciences ist die Schnittstelle, die das Zusammenführen von Medizintechnik und Biotechnik in einem gemeinsamen Geschäftsfeld nahelegt. Drei Fachabteilungen sind am Fraunhofer IPA mit Entwicklungen aus der Medizin- und Biotechnik befasst. Über das Geschäftsfeld sind sie mit den anderen der elf Forschungsabteilungen am Institut vernetzt, die zur Umsetzung und Übertragung bewährter Lösungen und neuester Entwicklungen aus anderen Branchen auf die Medizin- und Biotechnik beitragen können. Eine Scharnierfunktion eigener Art nimmt die Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie (PAMB) an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg ein (s. S. 13, 16–19). Dank der direkten Anbindung an eine Klinik- und Patienteneinheit können dort auch neue Ansätze im Zusammenspiel von Medizin- und Biotechnik – etwa in der Labordiagnostik – direkt im OP-Saal praktisch erprobt werden.

Das Ohr am Puls der Medizin- und Biotechnik-Industrie

»Mit dem Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik stärken wir ganz klar den Markenkern des IPA. Wir nutzen die Interdisziplinarität und die Vernetzungstiefe unseres Instituts, um in dieser wettbewerbsintensiven Branche Fuß zu fassen und innovative Lösungen anzubieten. Denn wenn der Biologe mit dem Automatisierer den nötigen Prozessablauf plant und der klinische Radiologe seine Alltagsanforderungen am

Patienten einbringt, entsteht ein neuer Patientennutzen, wie er bisher nicht möglich war«, beschreibt Dr. Urs Schneider den konsequenten Schritt.

Das Spektrum des Geschäftsfelds reicht von der Labordiagnostik bis zur Patientenversorgung und umfasst Beratungsleistungen, die Entwicklung von Instrumenten, Geräten und Anlagen ebenso wie die Ausarbeitung oder Modifikation neuer Technologien und Verfahren. Auf dieser Grundlage können spezialisierte Projektteams für viele Arbeitsgebiete zusammengestellt werden.

Regelmäßig informieren die Mitarbeiter einander über spezifische Fragestellungen ebenso wie über aktuelle Trends und Ideen für mögliche Forschungs- oder Projektvorhaben. Zusätzlich unterstützt wird das Geschäftsfeld von einem Beirat aus externen Industrieexperten für die einzelnen Arbeitsgebiete wie Implantatentwicklung, Laborautomatisierung, interventionelle Medizin oder Assistenzsysteme.

Synergien aus einem breiten Spektrum von Arbeitsgebieten und Projekten

Schwerpunkte im Bereich der Medizintechnik sind die Arbeitsgebiete Interventionelle Medizin, Orthopädie und Rehabilitation, Assistenz und Pflege sowie die Dental-Technologie. Die Stärken in der Biotechnik liegen auf den Arbeitsgebieten Pharmazeutik,

Diagnostik, Biotechnologie sowie Lebensmittel und Chemie. Weitere branchenrelevante Dienstleistungen aus anderen im Geschäftsfeld vernetzten Fachabteilungen sind Simulations- und Bilderkennungsverfahren, Reinheitstechnologien, Fabrik- und Montageplanung sowie Intralogistik, Anlagen- und Gerätebau, Zulassungsverfahren und Regulatorien oder Liquid Handling in automatisierten Laborprozessen.

IPA-Experten engagieren sich auch im SiLA-Konsortium (www.sila-standard.org) für die Setzung einheitlicher internationaler Standards in der Laborautomation.

Synergien aus dieser Vielfalt bewähren sich bereits in einer Reihe von Aufträgen und Projekten. Ein Beispiel ist das neue Demonstrationslabor für innovative Lösungen in Assistenz und Pflege (Interaktiv 1/2013, S.14 f.). Erfahrungen aus Service-robotik, Signal- und Bildverarbeitung ermöglichen ein mobiles Notfall-Assistenzsystem, das durch automatisierte Sturzerkennung und Unterstützung bei der Kommunikation mit externen Betreuern älteren Menschen ein längeres eigenständiges Leben in vertrauter Umgebung erlaubt.

Querschnittsthema demographischer Wandel

Die Frage, wie angesichts der demographischen Entwicklung auch in Zukunft eine wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Patientenversorgung gewährleistet werden kann, ist für die industriennahe Forschung im Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik ein wichtiges Querschnittsthema. Bei der interdisziplinären Entwicklung neuer technischer Lösungen im Gebiet der orthopädischen Chirurgie und der modernen Rehabilitation greifen Biomechanik, Bewegungserfassung und -kontrolle sowie Simulations- und Testverfahren eng ineinander, um im intensiven Zusammenwirken mit Anwendern und Industrie neue Konzepte für eine verbesserte Altersmobilität zu entwickeln. Dr. Urs Schneider dazu: »Zu den Konsequenzen des demographischen Wandels zählen die Zunahme chronischer Krankheiten und die steigenden Ausgaben für ältere Patienten bei gleichzeitig weniger Beitragszahlern. Das erfordert eine effiziente und moderne Therapie mit maximal sinnvoller Automatisierung sowohl in der Produktion neuer Therapien als auch im Interventionsraum.«

Innovationen in Interventionsmedizin, Endoprothetik und Gewebekultur

Ein wesentlicher Faktor für den medizinischen Fortschritt ist die Weiterentwicklung interventioneller Verfahren, um effi-

ziente und qualitätsgesicherte Medizin auch morgen noch sicherstellen zu können. Die Fraunhofer-Experten im Bereich Medizin- und Biotechnik arbeiten an neuen Lösungen für die computer- und robotergestützte Chirurgie und an der Entwicklung mechatronischer chirurgischer Instrumentensysteme. Bei der Entwicklung neuer orthopädischer Implantat-Systeme bewährt sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit über die Fachabteilungsgrenzen hinweg nicht nur mit der Robotik, die bei der Entwicklung robotergestützter Funktionstests für die Hüft-Endoprothetik zum Zuge kommt, sondern auch mit der Biotechnologie. Die Erforschung der Beschichtung von Implantaten mit Zellkulturen ist eines von vielen Beispielen für das effektive Zusammenwirken von Medizin- und Biotechnik.

Die Tissue Fabrik zur Herstellung künstlicher Hautmodelle ist der bekannteste Nachweis der hohen Expertise des Fraunhofer IPA in der automatisierten Zell- und Gewebekultur. Bei der Entwicklung neuer Verfahren für den Gewebeaufbau kommen auch die am Institut vorhandenen Kompetenzen im Bereich Bilderkennung und Signalverarbeitung, Reinraumtechnik und Rapid Prototyping zum Zuge. Basierend auf den Erfahrungen mit der Tissue Fabrik ergibt sich die weitere Forschungsrichtung des Organ Prototyping, das neue Wege für die Zukunft der Transplantationsmedizin weist.



Dr. med. Urs Schneider, Geschäftsfeldleiter,
Abteilungsleiter Biomechanische Systeme
Telefon +49 711 970-1221 | urs.schneider@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Brode MBE, stv. Geschäftsfeldleiter
Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik
Telefon +49 711 970-1257 | tobias.brode@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Biol. Caroline Siegert, stv. Geschäftsfeldleiterin
Fraunhofer Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB
Telefon +49 621 17207-189 | caroline.siegert@ipa.fraunhofer.de

Mikro-Partikel hungern Krebszellen aus

Gezielt an die richtige Stelle gespritzt, schneiden die winzigen EmboFORM-Partikel Krebstumoren die Nährstoffzufuhr ab. Sie bestehen aus einem bioverträglichen Polymer, das im Gegensatz zu den bislang verwendeten Materialien sowohl auf CT- als auch auf MRT-Aufnahmen sichtbar ist.

Jede Zelle im menschlichen Körper überlebt auf Dauer nur, wenn sie ausreichend mit Nährstoffen versorgt wird. Das gilt ganz besonders für Krebszellen. Weil sie vor allem auf Wachstum programmiert sind, ist ihr Nährstoffbedarf in vielen Fällen besonders groß. Genau hier setzt die Embolisationstherapie an: Kann ein Tumor nicht durch Chemotherapie zerstört oder chirurgisch entfernt werden, bleibt die Möglichkeit, ihn auszuhungern. Also gezielt das Geflecht feiner Adern zu verstopfen, welches die Krebszellen am Leben erhält.

Zum Einsatz kommen bei dieser Form der Krebstherapie Gele, Schäume und Partikel aus Kunststoff. »Gegenüber Gelen und Schäumen haben Partikel den Vorteil, dass sie wesentlich schnell-

er und einfacher zu verabreichen sind«, erklärt Christian Reis von der Fraunhofer IPA-Projektgruppe PAMB (s. S. 17).



Das Problem dabei: Die bislang verwendeten Partikel auf Basis von Polyvinylalkohol (PVA) sind weder auf Röntgen-Aufnahmen zu sehen noch mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) zu erkennen. Ihr Weg lässt sich nur indirekt über die Trägerflüssigkeit verfolgen, in der sie gespritzt werden. Dazu muss dieser Flüssigkeit jedoch ein Kontrastmittel beigemischt sein. Gemeinsam mit Medizinern des Mannheimer Instituts für klinische Radiologie und Nuklearmedizin (IKRN) haben Reis und sein Team deshalb EmboFORM-Partikel entwickelt, die mittels Röntgen und MRT direkt sichtbar sind – auch dann noch, wenn die Trägerflüssigkeit längst verschwunden ist.

In einer flüssigen Lösung werden sie durch einen Katheter oder Mikrokatheter direkt dorthin geleitet, wo sie gebraucht werden. Ein größerer operativer Eingriff ist nicht notwendig.

»Der behandelnde Radiologe kann nun nicht nur den Eingriff selbst überwachen, sondern auch den weiteren Verlauf der Therapie im Blick behalten«, erläutert Projektleiter Reis. Für den Patienten ist dabei von Vorteil, dass die Stoffe, die den nötigen Kontrast für das CT erzeugen, hochkonzentriert in den Partikeln selbst vorliegen und damit die Strahlenbelastung während der Durchleuchtung sinkt: Die EmboFORM-Partikel bestehen unter anderem aus dem Monomer MAOETIB. In MAOETIB ist bereits eine geringe Menge Jod enthalten, die ausreicht, um die Partikel auf einem Röntgenshirm aufscheinen zu lassen. Für den Einsatz mit Magnet-Resonanz-Tomographie werden Eisenpartikel zugemischt.

Die Größe der Partikel lässt sich auf den jeweiligen Anwendungsfall einstellen. Die benötigte Partikelgröße hängt unter anderem von der Größe der Blutgefäße ab, die sie blockieren sollen. »Wir können derzeit Partikel mit Durchmessern von 100, 180 und 300 Mikrometern herstellen und das mit einer Abweichung von lediglich 0,6 Prozent von unserer Zielgröße«, berichtet Reis. Partikel in diesen Größenordnungen werden beispielsweise zur Behandlung von Lebertumoren verwendet. »Unser Ziel ist es, auch Partikel mit einer Größe um 50 Mikrometer herzustellen«, sagt Reis. Das würde das Einsatzspektrum der EmboFORM-Partikel nicht nur für klassische Embolisationen erweitern. Denn die Partikel können auch mit bioaktiven Wirkstoffen beschichtet werden, beispielsweise einem Chemotherapeutikum, welches gezielt und direkt vor Ort über einen längeren Zeitraum an den Körper abgegeben wird. Die Partikelgröße ist hier entscheidend, weil sie bestimmt, wie viel Wirkstoff transportiert werden kann: Je kleiner die Partikel sind, desto mehr können pro Milliliter Flüssigkeit verabreicht werden und desto größer ist in Summe auch die Partikel-Oberfläche, die als Transportfläche für den Wirkstoff zur Verfügung steht.

In Kooperation mit Medizinern vom IKRN testen die Biologen und Ingenieure von PAMB die neuen Partikel derzeit im Rahmen präklinischer Untersuchungen. Sind diese erfolgreich abgeschlossen, könnten die Partikel bereits in wenigen Jahren zur Behandlung von Krebspatienten eingesetzt werden. (M. Neuner)

Kontakt

Dipl.-Biol. (t. o.) Christian Reis
Telefon +49 621 17207-120
christian.reis@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Chem. Thien Nguyen
Telefon +49 621 17207-169
thien.nguyen@ipa.fraunhofer.de



Embolisationen werden derzeit vor allem durchgeführt, um Tumoren in der Leber oder der Gebärmutter die Nährstoffzufuhr abzuschneiden. Rund 29000 Behandlungen waren es 2012 allein in Deutschland. Dazu kommen etwa 3000 in der Notfallmedizin. Dabei ist das Ziel, lebensbedrohliche Blutungen zu stoppen, die durch Mikrorisse in zahlreichen kleineren Blutgefäßen verursacht werden.

Die Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg wurde gemeinsam vom Land Baden-Württemberg und der Fraunhofer-Gesellschaft eingerichtet, um Automatisierungspotenziale in der Medizin und Biotechnologie zu erschließen. Sie ist die erste bekannte Einrichtung mit diesem Schwerpunkt, die unmittelbar in einer klinisch-universitären Umgebung auf dem Gebiet der Automatisierung forscht und Entwicklungsdienstleistungen anbietet.



<http://pamb.ipa.fraunhofer.de>

Zaubertisch für das Bio-Labor

Das elektronische Laborbuch MERLiN erleichtert und beschleunigt nicht nur die durchgängige Dokumentation von Versuchen in biomedizinischen Forschungslabors. Als Teil der Laborbank fügt sich sein Multi-Touch-Monitor auch nahtlos in Arbeitsumgebung und Workflow ein.



Die Arbeitsfläche wird zur interaktiven Bedienschnittstelle. Das digitale Laborbuch von MERLiN kommt somit dort zum Einsatz, wo es benötigt wird: Direkt in der Sterilbank. (Foto: Marc Arends, Quelle: Fraunhofer PAMB)

Egal, ob es sich um Experimente für bahnbrechende Forschungsarbeiten handelt oder um routinemäßige Untersuchungen: Laborarbeiten müssen hohen Standards genügen. Dazu gehört, dass sie in allen Details nachvollziehbar und exakt wiederholbar sind. Für Wissenschaftler wie Laboranten heißt das, jeder einzelne Schritt muss akribisch protokolliert, jedes Ergebnis genau dokumentiert werden.

»Das ist zeitraubend und manchmal auch lästig, weil es den eigentlichen Arbeitsfluss hemmt«, weiß Sebastian Schöning vom Fraunhofer IPA. Er leitet die Gruppe Informationssysteme für die Biomedizin in der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB. Dort entsteht derzeit MERLiN – ein neuartiges Dokumentationssystem für biomedizinische Labors, das den Aufwand für Dokumentationen von Analysen und Experimenten auf ein Minimum reduziert.

Bislang werden für die Dokumentation nach wie vor meist Laborbücher in Papierform verwendet. Gebundene Journale, die Bildmaterial und Ergebnisausdrucke automatisierter Messreihen ebenso enthalten, wie handschriftliche Einträge zu manuell durchgeführten Versuchen, Skizzen oder Kommentare. Gelegentlich kommen auch PC-basierte, elektronische Laborbücher zum Einsatz.

Beides hat jedoch gravierende Nachteile: So können Bücher wie PCs beispielsweise nicht an jedem Laborarbeitsplatz verwendet werden. Sei es, weil es beengte Raumverhältnisse nicht zulassen oder weil spezielle Anforderungen an ein Experiment dagegen sprechen. Zudem muss für jeden Eintrag der Arbeitsablauf unterbrochen werden. Der Experimentator muss sein Werkzeug zur Seite legen, um Stift, Maus oder Tastatur zu bedienen.

Anders bei MERLiN. Das »Multi-touch-based Electronic reliable Lab-integrated Notebook« kommt ganz ohne zusätzliche Eingabemedien aus und ist direkt in den Laborarbeitsplatz integriert. »Man könnte auch sagen, MERLiN ist der Arbeitsplatz«, sagt Medieninformatikerin und MERLiN-Projektleiterin Franziska Maugg. Sein tischgroßes Multi-Touch-Display dient einerseits zur Anzeige und Eingabe von Daten. Andererseits ersetzt es als robuste, gut zu reinigende und sterilisierbare Arbeitsfläche einen Teil der Laborbank.

MERLiN hält alle Versuchsunterlagen genau dort bereit, wo sie gebraucht werden. Ohne zu stören, lässt sich etwa das Protokoll für die Durchführung eines Versuchs direkt neben dem Versuchsaufbau platzieren. Biologe oder Laborant können es Schritt für Schritt abarbeiten, erledigte Punkte mit einem Fingertippen abhaken, durch Berührungen oder einfache Gesten weitere Dokumente aufrufen, darin blättern und Ergebnisse ergänzen.

Über standardisierte Schnittstellen können Laborgeräte wie Pipettierroboter, Zeitzähler, Fluoreszenzmessgeräte oder sogar Etikettendrucker angesteuert und nahtlos eingebunden werden. Umgekehrt lassen sich Prozessdaten oder Messergebnisse aus den Geräten automatisiert in die Dokumentation übernehmen.



MERLiN greift die Metapher des klassischen, papiergebundenen Laborbuchs und weiterer typischer Arbeitsmaterialien auf. (Screenshot vom Demonstrator, Quelle: Fraunhofer PAMB)

MERLiN führt seine Nutzer jedoch nicht nur durch Versuche und Analysen und vereinfacht die Dokumentation. Es unterstützt sie auch bei der Auswertung der Ergebnisse.

»Bei MERLiN bekommt jedes Experiment sein eigenes kleines Laborbuch und wird auf der Einstiegsseite als eigenständiges graphisches Element dargestellt«, erklärt Maugg. So lassen sich einzelne Experimente schnell auffinden, Ergebnisse ein- und zuordnen oder Beziehungen zwischen verschiedenen Versuchen darstellen. Essenziell dafür: die standardisierte Erfassung aller Daten und die sowohl inhaltlich als auch optisch einheitliche Struktur aller Dokumente.

Maugg und Schöning arbeiten mit ihrem Team derzeit an einem System für bio-medizinische Forschungslabors. Zwar soll es dabei vorerst auch bleiben, aber: »Das Konzept hinter MERLiN ist sicherlich auch interessant für Pharma-, Chemie- oder Physikalabors«, könnte sich Sebastian Schöning gut vorstellen. Ein erster Demonstrator wird bereits in einer Steril-Bank in den Labors des PAMB getestet. (M. Neuner)

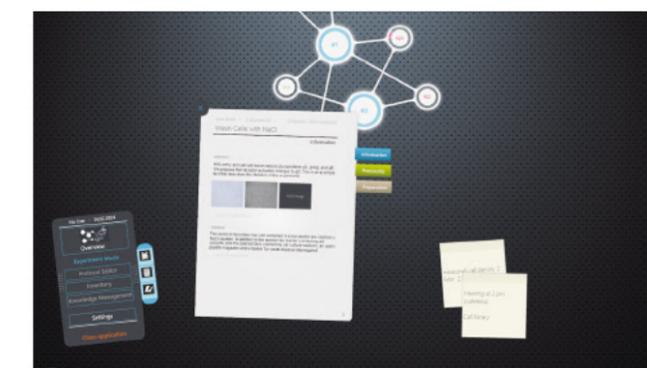
Kontakt

Dipl.-Inform. Sebastian Schöning
Telefon +49 621 17207-123
sebastian.schoening@ipa.fraunhofer.de

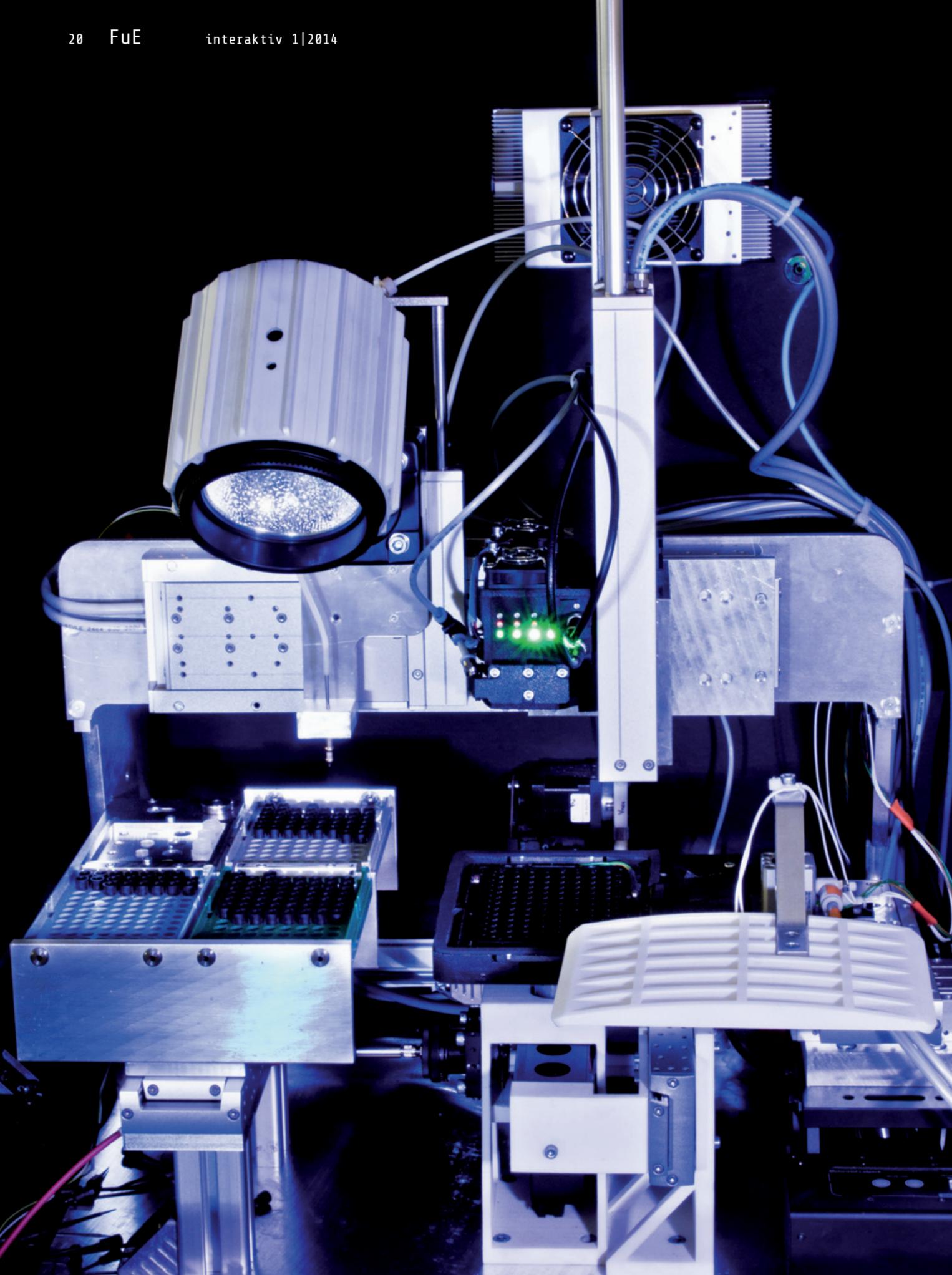
Franziska Maugg
Telefon +49 621 17207-138
franziska.maugg@ipa.fraunhofer.de

Weitere Informationen

<http://pamb.ipa.fraunhofer.de>



Experimente werden als beweglicher Graph visualisiert. (Screenshot vom Demonstrator, Quelle: Fraunhofer PAMB)



Eine Vision wird Wirklichkeit

Biomoleküle vom Band

Biomoleküle – Proteine und Enzyme – sind in unserer Gesellschaft allgegenwärtig: im lebensnotwendigen Insulin für Diabetiker oder in Impfstoffen, die vor Infektionen schützen, ebenso wie im Waschmittel, wo das Enzym dafür sorgt, dass unsere Wäsche »blütenweiß« wird. Biomoleküle werden industriell hergestellt und spielen eine wichtige Rolle in unserem Leben – funktional und ökonomisch. Ihre Gewinnung erfolgt in zellbasierten Systemen. Dieses meist auf gentechnisch manipulierten Zellkulturen basierende Produktionsverfahren verbraucht sehr viel Energie – den größten Teil, um die Zellen am Leben zu halten. Nur ein kleiner Teil wird für die Produktion der Zielproteine aufgewendet. Ein weiterer Nachteil: Die Zellen sterben schon nach sehr kleinen Herstellungsmengen, z. B. von Zytostatika, ab. Damit sind viele pharmakologisch interessante Proteinklassen nicht adressierbar. Gleichzeitig ist das weitere Entwicklungspotenzial dieser Produktionsverfahren zur Ertragssteigerung weitestgehend ausgeschöpft.

Automatisierbare zellfreie Bioproduktion

Neue Wege eröffnet die zellfreie Bioproduktion. Die Technologie rückt die Vision einer Herstellung pharmakologisch relevanter Proteine wie Membranproteine im industriellen Maßstab in greifbare Nähe. Komplexe Proteine, deren Synthese in zellbasierten Systemen nicht möglich ist, konnten mithilfe der zellfreien Bioproduktion bereits hergestellt werden. Zudem ist eine zellfreie Bioproduktion deutlich ressourcenschonender: Für die Aufrechterhaltung des Zellstoffwechsels wird weder Energie verschwendet noch werden für die zellfreien Produktionsprozesse lebende Zellen verbraucht. Lediglich die Zellmaschinerie, also die Werkzeuge der Zelle, kommen zum Einsatz. Mithilfe des Bauplans des gewünschten Proteins, der DNA, kann diese Zellmaschinerie das Protein synthetisieren. Der große Vorteil dieser Methode gegenüber zellbasierten Verfahren: Das offen zugängliche, kontrollierbare und manipulierbare System kann automatisiert werden.

Während des Syntheseprozesses können gezielt Substanzen zum Reaktionsansatz hinzu dosiert werden. Damit kann im Gegensatz zum zellbasierten System sichergestellt werden,

dass die Substanzen direkt den Ort der Synthese erreichen. Bisher wurden die Proteinausbeuten maßgeblich durch die verwendeten Zellen bestimmt und limitiert. Eines der Hauptziele der zellfreien Proteinsynthese liegt darin, die Ablaufsysteme in den Zellen ganzheitlich zu verstehen, zu charakterisieren und letztlich nachzubauen. Mit einer zellfreien Proteinproduktion erhoffen sich die Wissenschaftler, die Ausbeute um ein Vielfaches zu erhöhen. Außerdem sind so relevante Proteine wie z. B. Toxine herstellbar. Und zu guter Letzt besitzt das Endprodukt einen höheren Reinheitsgrad, weil es nicht durch Zellbestandteile kontaminiert ist.

Vom Labormaßstab in die industrielle Produktion

Die bisherige Forschungsstrategie in der zellfreien Biologie basierte meist auf der heuristischen Methode des »trial and error«. Inzwischen sind die biologischen Erkenntnisse in der zellfreien Biologie so weit vorangeschritten, dass innovative Ideen zur Umsetzung in die skalierte robuste Produktion gefragt sind. Dieser Schritt wirft aber neue Fragen auf, die bisher nur ansatzweise beantwortet sind. Die zellfreie Bioproduktion soll den Schritt vom Labormaßstab in die industrielle Produktion gehen. Das vom BMBF geförderte Fraunhofer-Leitprojekt »Zellfreie Bioproduktion« begegnet den damit verbundenen Herausforderungen mit einer einzigartigen Bündelung fachlicher Expertise aus den Fachbereichen Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik, Automatisierung, Kybernetik, Zell- und Molekularbiologie. Aus der Zusammenarbeit dieser Disziplinen ergeben sich Potenziale und Synergien, die die zellfreie Bioproduktion entscheidend vorantreiben werden. Die wichtigsten Aufgaben für den Schritt aus dem Labormaßstab in die industrielle Produktion liegen vor allem im Upscaling, der Automatisierung der manuellen biologischen Prozesse, der Messtechnik und der damit verbundenen Regelung. Für all diese Aufgaben können nur adäquate Lösungen gefunden werden, wenn grundlegende biologische Fragestellungen geklärt werden können. So muss beim Upscaling beispielsweise beachtet werden, in welchen Volumina die Synthesen optimal verlaufen. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann eine Hochskalierung durch Parallelisieren klein- bis mesoskaliger

Reaktoren oder durch die Entwicklung eines großskaligen Reaktors erfolgen. Die verwendete Messtechnik muss nicht nur auf die entsprechenden Skalen angepasst werden, sondern auch kompatibel zu den verwendeten Substanzen sein. Für eine Regelung des biologischen Systems ist dessen Charakterisierung notwendig. Nur wenn der Stoffwechsel des Systems bekannt ist, kann eine Regelung aufgesetzt werden. So werden multilateral die Optimierung der biologischen Prozesse und die Entwicklung benötigter und auf die Biologie angepasster Sensoren vorangetrieben. Zudem soll eine modulare Automatisierung die Robustheit und Vergleichbarkeit der Versuche weiter in Richtung standardisiertem Produktionsprozess vorantreiben. Die Hochskalierung vom Labormaßstab zum Industriemaßstab erfordert die Evaluierung verschiedener sowohl biologischer als auch technischer Parameter.

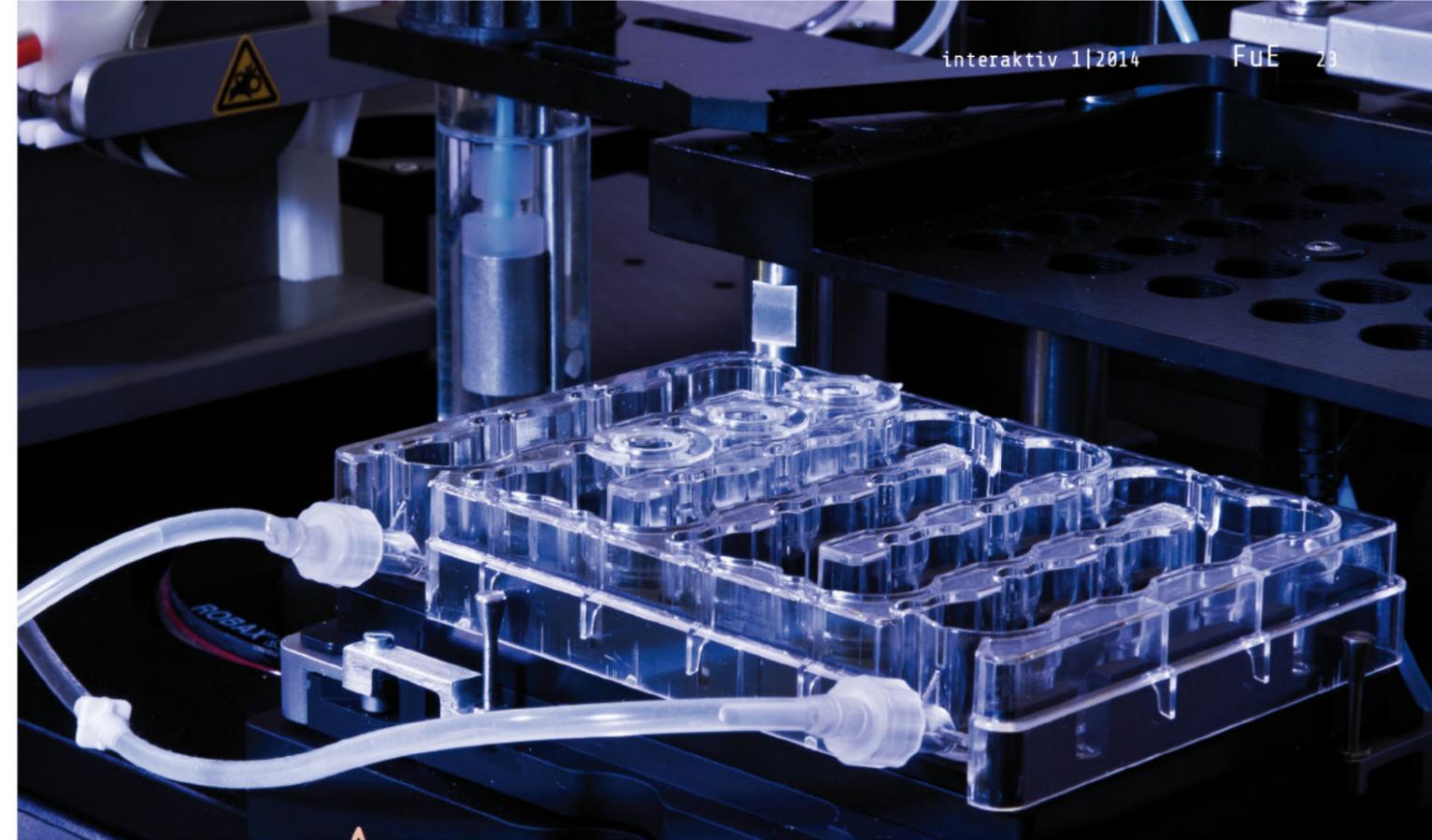
Biologische und technische Kenngrößen der Ablaufsysteme in den Zellen

Um Proteine und Enzyme im industriellen Maßstab zellfrei herstellen zu können, muss jedes neue Protein und jede neue Zellmaschinerie eine Evaluierung durchlaufen. Mit dieser Evaluierung sollen die biologischen Systeme so weit charakterisiert werden, dass eine entsprechende Regelung darauf angepasst werden kann. Diese Charakterisierung soll kostengünstig, parallelisiert und in kleinen Volumina ablaufen.

Die eigentliche Produktion findet nach der Charakterisierung im geregelten Reaktor statt. Eine derartige Online-Evaluations-Plattform wurde am Fraunhofer IPA entwickelt und aufgebaut. Die Plattform wurde in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern so entwickelt, dass man wichtige Informationen für die Charakterisierung des prozessierten biologischen Systems als Ergebnis erhält. Die Prozessierung erfolgt weitestgehend ohne das Zutun eines Experimentators, wodurch manuelle Prozessfehler vermieden werden.

Des Weiteren wurde am Fraunhofer IPA ein erster Reaktor für die zellfreie Proteinproduktion entworfen und aufgebaut. Mit dem Reaktor finden Versuche zur Regelung zweier wichtiger Parameter, pH-Wert und Sauerstoffgehalt, statt. Das Reaktor-konzept basiert darauf, dass der eigentliche Synthesansatz durch eine Membran von der Lösung der Ausgangssubstanzen, die in der Reaktion verbraucht werden, getrennt ist. Dieser sogenannte Feeding-Buffer umströmt aktiv die Membran und versorgt den Synthesansatz über den durch die Membran stattfindenden Austausch mit notwendigen Stoffen. Die Messung und Regelung von pH-Wert und Sauerstoffgehalt erfolgt im Feeding-Buffer.

Karin Seyfert, Wissenschaftlerin am Fraunhofer IPA, etabliert eine automatisierte zellfreie Synthese mit der Evaluationsplattform.
(Quelle: Fraunhofer IPA)



Die passive Versorgung mit Nährstoffen im am Fraunhofer IPA entwickelten Continuous-Cross-Flow-Bioreaktor für die geregelte Proteinsynthese.
(Quelle: Fraunhofer IPA)

Aufgrund der gesellschaftlichen Bedeutung und ökonomischen Tragweite dieses Forschungsthemas wurde das Fraunhofer-Verbundprojekt zum Leitprojekt erhoben. Der Erfolg des Projekts in den ersten drei Jahren, aber auch seine weiterreichenden neuen Fragestellungen zeigten bereits Wirkung: So wecken die guten Ergebnisse zunehmend das Interesse der Industrie an der Technologie der zellfreien Bioproduktion. Dank der guten interdisziplinären Kooperation und des Engagements der beteiligten Wissenschaftler steht die zellfreie Bioproduktion vor dem Durchbruch. Die Vision von Biomolekülen vom Band ist in greifbare Nähe gerückt.

Kontakt

Dipl.-Phys. Karin Seyfert
Telefon +49 711 970-1065
karin.seyfert@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Mario Bott
Telefon +49 711 970-1029
mario.bott@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Brode MBE
Telefon +49 711 970-1257
tobias.brode@ipa.fraunhofer.de

Im Leitprojekt »Zellfreie Bioproduktion« entwickeln die 7 Fraunhofer-Institute IBMT, IGB, IME, IPA, IPK, ISI und ISIT gemeinsam mit der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft eine alternative Technologie-Plattform zur konventionellen Herstellung von Proteinen in Zellkulturen.

Das Fraunhofer-Leitprojekt startete im Oktober 2010 und wird mit 6 Mio Euro aus eigenen Mitteln gefördert.

Seit März 2011 wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Strategieprozess »Biotechnologie 2020+« mit weiteren 15 Mio Euro unterstützt.



Zelltherapie für jedermann

Ansätze zur personalisierten Produktion von Zelltherapien



Individuelle optische Qualitätskontrolle jeder Produktionscharge.

Therapien, individuell auf den jeweils Einzelnen abgestimmt, sind nicht nur wünschenswert, sie sind auch machbar. Das jedenfalls meinen die Wissenschaftler des interdisziplinär zusammengesetzten Teams der IPA-Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik. Wünschenswert, weil Ärzte ihre Patienten gezielter, spezifischer und mit weniger Nebenwirkungen behandeln könnten, womit weitere unnötige Anwendungen hinfällig würden. Machbar – durch neue Automatisierungsstrategien und Schlüsseltechnologien für die Herstellung von Zelltherapeutika. Mit ihrer Behandlung würden erheblich weniger Kosten anfallen. Ein Effekt, der nicht zuletzt die Krankenkassen überzeugen dürfte.

»Die personalisierte Medizin wird in bestimmten Bereichen zunehmend die Standardbehandlung ersetzen«, erwartet Dr. Andrea Traube vom Fraunhofer IPA. Im Studienregister Amerikas, »clinicaltrials.gov«, in das klinische Studien aus aller Welt eingetragen werden, sind derzeit über 490 Studien unter »cell therapy« verzeichnet. Neuartige Arzneimittel auf Basis menschlicher Zellen haben ein großes Potenzial, die Gesundheitswirtschaft weltweit zu revolutionieren.

Bisher gibt es allerdings nur wenige Unternehmen, die eine Marktzulassung für Zelltherapeutika besitzen, darunter Dendreon UK Limited (GB), TiGenex NV (BE), oder Genzyme Europe B.V. (NL). Weitaus mehr Firmen unternehmen große Forschungsanstrengungen, manche stehen an der Schwelle der Kommerzialisierung wie Argos Therapeutics, Athersys und

KBI Biopharma aus den USA oder MolMed (Italien) und Apceth GmbH & Co. KG (D). Ein Teil dieser Zelltherapeutika wird individuell in zumeist kleinen Stückzahlen für seltene Krankheiten hergestellt. Die Herstellung dieser patientenspezifischen, so genannten autologen Zelltherapien erfolgt gegenwärtig größtenteils manuell.

Kostentreiber Reinraum und Personal

Zelltherapeutika werden unter den Richtlinien des Arzneimittelgesetzes (AMG) und des »Good Manufacturing Practice« (GMP) produziert. In der Klinik wird dem Patienten eine Gewebeprobe, z. B. Blut, entnommen. Die Probe wird dann entweder direkt in der Klinik als einfacher Aufreinigungsprozess oder nach dem Transport in einem Unternehmen, welches für die Herstellung des spezifischen Zelltherapeutikums zertifiziert ist, aufbereitet (Herstellungserlaubnis nach §13 des AMG). Die meisten Produktionsschritte erfolgen in Reinräumen. Dabei wird der Herstellprozess von umfangreichen Qualitätskontrollen begleitet, um ein Arzneimittel von höchster pharmazeutischer Qualität zu erhalten. Das geprüfte individuelle Arzneimittel wird schließlich demselben Patienten wieder verabreicht.

Die Herausforderung bei der Verwendung autologer Zellen besteht darin, dass während des Herstellprozesses eine separate Handhabung jeder Produktionscharge erfolgen muss, um eine Kreuzkontamination zwischen Zellchargen verschiedener Patienten zu verhindern. Aus diesem Grund können mehrere

Prozessschritte schwerlich parallel umgesetzt werden. Hochqualifiziertes Personal führt die meisten Arbeitsschritte sowohl in der Herstellung als auch in der Qualitätskontrolle manuell durch. Zu diesem arbeitsintensiven Prozess kommt noch ein hoher Dokumentationsaufwand dazu (s. S. 18–19).

Durch die hohen Kosten der aufwändigen manuellen Produktion ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass diese Therapien vorerst einer kleinen Gruppe finanzstarker Patienten vorbehalten bleiben. Die breite Bevölkerung wird erst dann Zugang zu personalisierten Therapien bekommen, wenn Kostenübernahme und Rückerstattung durch die Krankenkassen gesichert sind. Die Voraussetzung dafür ist, dass wirtschaftlich und mit für das Gesundheitssystem akzeptablen Kosten produziert wird. Unternehmen stehen vor dem Dilemma, effizient große Mengen an zugleich individualisierten Therapeutika herstellen zu müssen.

Automatisierte und personalisierte Produktionstechnologien

»Der Einsatz automatisierter Lösungen in der Produktion kann die Kosten erheblich verringern. Erforderlich sind allerdings neuartige innovative Geräte, die den Produktionstransfer für Zelltherapeutika von der Zulassungsphase mit kleinen Stückzahlen zu einer Produktion für den klinischen Einsatz mit großen Stückzahlen leisten«, so die Naturwissenschaftlerin Traube. Dabei müssen durch die Integration von Einzeltechnologien (s. S. 26–27) völlig neuartige, automatisierte Produktionsver-

fahren für personalisierte Zelltherapeutika entwickelt werden. Ansätze sehen die Fraunhofer Wissenschaftler in der Produkthandhabung in definierten Umgebungsbedingungen. Wo in geschlossenen Behältern oder in einem Sterilbereich prozessiert wird, bedarf es keines großen, komplexen Reinraumsystems (z. B. ARS System, Aastrom Biosciences). Durch den Einsatz von intelligenten Geräten und Automationslösungen (z. B. Elutra® Cell Separation System, Terumo BCT) soll zudem der Bedarf an hochqualifiziertem Personal reduziert werden – ein weiterer entscheidender Beitrag zur Kostensenkung. Außerdem kann damit eine erhöhte Reproduzierbarkeit und damit hohe Produktqualität sichergestellt werden.

Die auf dieser Basis entwickelten neuen personalisierten Produktionstechnologien sollen dann der Herstellung von Zelltherapeutika dienen, die Krankheiten wie Krebs, Herzinfarkt, chronische Bein-Ulcera und Hautverbrennungen, Diabetes, Knorpeldefekte, Bandscheibendegeneration oder altersbedingte Knochenschäden und Harninkontinenz heilen helfen. Für diese Anwendungsgebiete gibt es bis heute keine zufriedenstellenden Behandlungsmöglichkeiten.

Kontakt

Dr. rer. nat. Andrea Traube
Telefon +49 711 970-1241
andrea.traube@ipa.fraunhofer.de

Entwicklung von Standards in der Laborautomatisierung

Immer mehr Laborprozesse sollen von der manuellen Durchführung in automatisierte Prozesse überführt werden. Allerdings sind die meisten verfügbaren Geräte für die manuelle Bedienung gedacht und verfügen über proprietäre Software-Schnittstellen. Ihre Automatisierung ist mit einer aufwändigen Anlagenintegration verbunden und führt zu hohen Kosten. Standardisierte Schnittstellen sollen die Automatisierung von Laborprozessen vorantreiben und für eine erhöhte Wandelbarkeit von Anlagen sorgen. Die SiLA-Initiative entwickelt mit Erfolg Standards fürs Labor.

Die Automatisierung von Laborprozessen gewinnt sowohl in der Forschung als auch in der Produktion eine immer größere Bedeutung. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Dabei spielen die klassischen Automatisierungsargumente wie Durchsatzsteigerung und Senkung der Personal- und Produktionskosten meistens nicht die entscheidende Rolle. Der Übergang zu immer kleineren Probenvolumina, die von Hand einfach nicht mehr sicher handhabbar sind, spricht in der Forschung für eine Automatisierung. Darüber hinaus sind gestiegene Anforderungen an Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Laborprozesse im Forschungs- wie im Produktionsumfeld wichtige Gründe.

Herstellerspezifische Software-Schnittstellen beschränken die Modifikationsanforderungen eines Labors

Allerdings sind die Geräte, die für Laborprozesse eingesetzt werden, in der Mehrzahl für die manuelle Bedienung ausgelegt. Die meisten verfügen zwar über automatisierte Vorrichtungen für die Zuführung der Proben, z. B. eine automatisch öffnende Schublade für eine Multiwellplatte (MTP), wobei jeder Hersteller die Schnittstelle anders umsetzt. Ähnlich sieht es bei der Ansteuerung aus: Jeder Hersteller liefert eine eigene Software-Schnittstelle zu seinem Gerät mit. Für die Automatisierung der Laborprozesse bedeutet das einen großen Aufwand bei der mechanischen und der Software-Integration von Geräten in Anlagen.

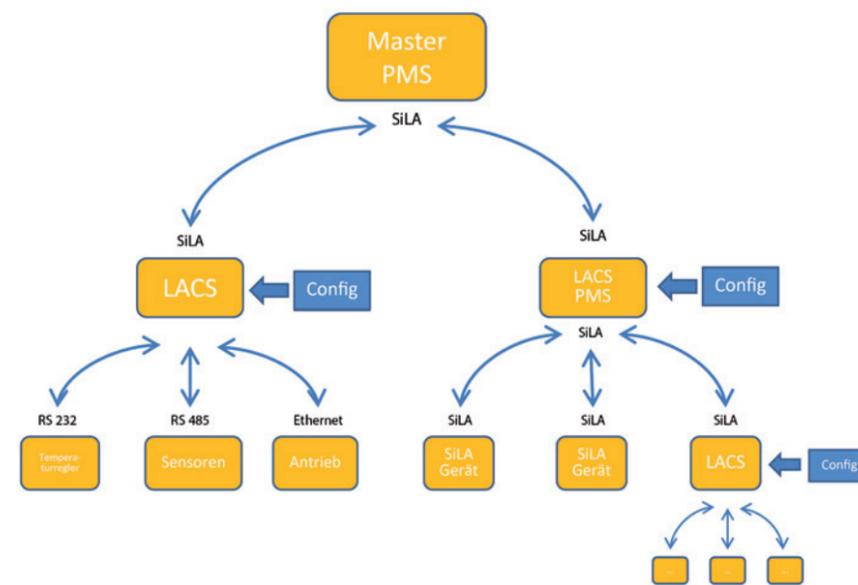
Insbesondere auf der Seite der Software stellt das ein erhebliches Problem dar, da es dazu führt, dass nahezu jede Steuer-Software für eine Anlage eine Neuentwicklung ist. Nur sehr wenige – meist sehr große Unternehmen haben eine eigene Standard-Software entwickelt und für hunderte einzelne Geräte am Markt Treiber speziell für ihre Steuer-Software implementiert. Entscheidet sich ein Anlagenanwender oder ein Integrator nun für eine dieser Softwares, ist er auf die von dieser Software unterstützten Geräte beschränkt. Insbesondere im Hinblick auf sich immer schneller verändernde Anforderungen und Prozesse sowie auf die immer wichtigere Wandelbarkeit von Laboranlagen ist das ein entscheidender Nachteil.

Die Standardisierung von Schnittstellen macht eine Automatisierung im Labor rentabel

Die Lösung für dieses Problem liegt auf der Hand: die Standardisierung von Schnittstellen. Zu diesem Zweck wurde vor einigen Jahren die Initiative »Standardization in Laboratory Automation« (SiLA) gegründet. SiLA hat sich zum Ziel gesetzt, Standards für die Laborautomatisierung zu entwickeln und diese zu verbreiten. Dem Konsortium gehören außer dem Fraunhofer IPA Gerätehersteller, Softwarefirmen und Anlagenintegratoren an. Die im Rahmen von SiLA entwickelten Kommunikationsstandards zwischen Geräten und Steuer-Software sorgen dafür, dass standardkonforme Geräte bei einem Ausfall durch andere eines anderen Herstellers ersetzt werden können. Jetzt, nachdem die Schnittstellenstandards vorliegen, ist es auch wirtschaftlich interessant, eine Steuerungsplattform zu entwickeln, mit der ohne weiteren Integrationsaufwand alle standardkonformen Geräte angesprochen werden können.

Der Markt nimmt SiLA-Standards an

Immer mehr Gerätehersteller haben die Chance, die der SiLA-Standard bietet, erkannt und bieten nun SiLA-Treiber für ihre existierenden Geräte an. Mittlerweile sind einige Neuentwicklungen auf dem Markt, die komplett auf den SiLA-Standard setzen. Auch in der Großindustrie werden die Vorteile erkannt und bei Ausschreibungen für Produktionsanlagen zunehmend die SiLA-Konformität der Anlagen eingefordert.



Skalierbare Systemarchitektur mit LACS.

»Laboratory Automation Control Suite« minimiert Validierungsaufwand einer Steuer-Software

In der Abteilung »Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik« des Fraunhofer IPA wurde im vergangenen Jahr eine SiLA-konforme Softwarebibliothek (»Laboratory Automation Control Suite«, LACS) entwickelt, mit der die Entwicklung einer kunden- oder anlagenspezifischen Steuer-Software vereinfacht wird. Dieses Grundgerüst steuert die gesamte Kommunikation der Anlagenkomponenten und ist für die Ablaufkontrolle und das Datenmanagement zuständig. Es bildet also den für die Validierung wichtigen Kern einer Steuer-Software. Für die kundenspezifische Ausgestaltung fällt dementsprechend wenig Validierungsaufwand an, was sich wiederum in den Gesamtkosten für eine Anlage niederschlägt.

IPA Driver-SDK macht alle Treiber SiLA-konform

Auch für die effiziente Erstellung von SiLA-konformen Treibern hat das Fraunhofer IPA eine Lösung entwickelt. Mit dem IPA Driver-SDK lassen sich in kürzester Zeit SiLA-konforme Treiber für beliebige Geräte erstellen. Dabei werden alle gängigen Laborgeräteschnittstellen unterstützt und es fällt keinerlei Programmieraufwand für die SiLA-konforme Kommunikation an. Mit dem IPA Driver-SDK können auch so genannte Wrapper (Adapter) um ganze Treiberbibliotheken erstellt werden: So kann ein Anbieter einer großen Treiberbibliothek mit einem Mal alle seine Treiber SiLA-konform machen.

Zertifikat garantiert SiLA-Konformität

Für eine garantierte Interoperabilität der SiLA-Treiber und SiLA-Prozessmanagementsysteme unterschiedlicher Hersteller muss die Einhaltung der Standards durch die Hersteller gewährleistet sein. Dafür wird dieses Jahr am Fraunhofer IPA eine von weltweit zwei SiLA-Test-Sites eingerichtet, die die Erfüllung

der Spezifikation überprüft und bescheinigt. Erst dann, wenn ein Treiber mit dem Zertifikat ausgewiesen ist, darf er als SiLA-konform beworben werden.

Mehrere Geräte agieren wie eines

Zu den weiteren interessanten Eigenschaften des SiLA-Standards gehört, dass die darin spezifizierte Architektur skaliert. Mehrere Geräte können so zu einem Anlagenmodul zusammengesetzt werden, das sich nach außen wie ein Gerät verhält und angesprochen werden kann. So ist es beispielsweise möglich, den verfügbaren Platz für die Inkubation zu erhöhen, indem zwei oder mehrere Inkubatoren zu einem einzigen Modul kombiniert werden. Für die Anlagensteuerung ist es nach wie vor ein Gerät. Dabei muss lediglich eine Konfigurationsdatei angepasst werden, eine Umprogrammierung ist nicht nötig.

Längst sind noch nicht alle Möglichkeiten der Standardisierung im Labor ausgeschöpft: Eine Standardisierung von mechanischen und elektrischen Schnittstellen würde die Austauschbarkeit von Geräten deutlich vereinfachen und den Integrationsaufwand bei der Erstellung einer Anlage drastisch reduzieren. Die Entwicklung von standardkonformen Gestellmodulen würden möglich. Daraus ließen sich Anlagengerüste zusammensetzen. Auf diese Weise könnten benachbarte Anlagen zusammengeschaltet oder einzelne Module auf mehreren Anlagen genutzt werden.

Kontakt

Dipl.-Phys. Axel Wechsler
Telefon +49 711 970-1581
axel.wechsler@ipa.fraunhofer.de

Selbst ist das Elektroauto

Am Fraunhofer IPA startet das Projekt »AFKAR – Autonomes Fahren und intelligentes Karosseriekonzept für ein All-Electric Vehicle«

Die Suche nach freien Ladeplätzen, der Weg zum Mietauto und teure Spurwechselassistenten sollen der Vergangenheit angehören: Seit März 2013 erforschen Wissenschaftler am Fraunhofer IPA im Projekt AFKAR, wie Elektrofahrzeuge Kurzstrecken und den Weg zur Ladestation autonom zurücklegen können. Dafür soll im Projektteil »Autonomes Fahren« auf Basis kostengünstiger Sensoren ein dynamisches Modell entwickelt werden, das die Umgebungssituation erfasst. Zudem wurde eine ultraschallbasierte Totwinkel-Überwachung konzipiert, die teure Systeme ersetzen soll.

Zunehmende Verkehrsdichte und hohe Kosten für Elektrofahrzeuge verlangen neue Mobilitätskonzepte: Autonome und teilautonome Fahrzeuge im Bereich Car-Sharing bieten Alternativen. Häufig nutzen Kunden die Vorteile des Car-Sharing nicht, weil die Fahrzeuge nicht in ihrer Nähe abrufbereit sind. Eine mögliche Lösung wäre der Einsatz autonomer Fahrzeuge, die selbstständig zwischen Kunde und Parkhaus pendeln. Autonome Mietautos wären damit immer dort verfügbar, wo sie benötigt werden. Vorhandene Fahrzeugpools lassen sich dadurch besser auslasten und hohe Investitionskosten senken.

Autonom aufgeladen

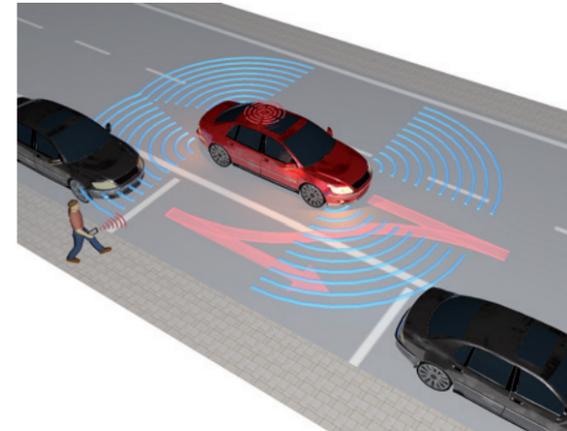
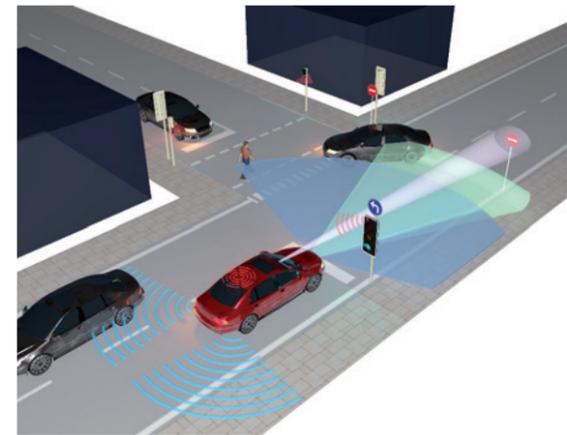
Eine wichtige Rolle spielt außerdem die Bereitstellung von Stell- und Ladeplätzen für Elektroautos in öffentlichen Parkhäusern. Denn um eine begrenzte Anzahl induktiver Ladeplätze effizient nutzen zu können, ist es notwendig, aufgeladene Stromer auf gewöhnliche Stellplätze umzuparken. Autonome Fahrzeuge können dabei einen wesentlichen Beitrag leisten. »Wir denken dabei z. B. an intelligente Parkhäuser, die Ladestationen für Elektroautos anbieten. Die Fahrzeuge steuern dabei selbstständig auf freie Ladeflächen und geben diese wieder frei, wenn ihre Batterien aufgeladen sind«, sagt Felipe Garcia Lopez, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme.

Die autonomen Elektrofahrzeuge kommunizieren über eine drahtlose Schnittstelle mit Ladestation und Parkhaus-Management. Informationen über Ladestand und Positionierung ermöglichen das bedarfsgerechte und autonome Umparken. Die wesentlichen Vorteile für den Kunden: Das Aufladen erfolgt schnell und komfortabel. Denn die Suche nach unbesetzten Ladeplätzen wird dem Kunden erspart. Am Eingang gibt er sein Fahrzeug ab und bucht ein gewünschtes Ladevolumen. Das intelligente Parkhaus optimiert dann selbstständig die Auslastung der vorhandenen Ladeplätze. Kommt der Kunde zurück, steht sein Auto im Abholbereich einsatzbereit zur Verfügung.

Stau vermeiden und Verkehrssicherheit erhöhen

Während autonome Fahrzeuge erst in ferner Zukunft zum alltäglichen Stadtbild gehören werden, können die hier angewandten Technologien bereits kurz- bis mittelfristig für Fahrerassistenzsysteme eingesetzt werden. Dank einer Sensordatenfusion ergeben sich verbesserte Umgebungsmodelle, die z. B. Stauassistenten (Adaptive Cruise Control) oder die Totwinkel-Überwachung leistungsfähiger machen. Damit lassen sich typische Unfälle, wie z. B. mit Fahrradfahrern beim Abbiegen, vermeiden.

Das Fraunhofer IPA beschäftigt sich seit mehr als 30 Jahren mit dem Thema autonomes Fahren, insbesondere im Zusammenhang mit mobilen Robotern. »Durch leistungsfähige Sensorik und kostengünstige Prozessoren, die die aufwendigen Kartierungs- und Bahnplanungsverfahren bewältigen, hat die autonome Navigation von Fahrzeugen in den vergangenen Jahren erhebliche Fortschritte gemacht«, resümiert Martin Hägele, Leiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme.



Kostengünstige Sensorik für sicheren Spurwechsel

Wissenschaftler des Fraunhofer IPA haben ein neues Fahrerassistenzsystem für den Spurwechsel bis zu 160 km/h für die Valeo Schalter und Sensoren GmbH entwickelt. Bisher melden teure Radarsensoren oder Kamerasysteme herannahende Fahrzeuge im toten Winkel. Künftig sollen kostengünstige Ultraschallsensoren, die bei vorhandenen Einparkassistenten bereits im Fahrzeug integriert sind, den Fahrer vor möglichen Kollisionen warnen. »Durch unsere langjährige Erfahrung und unsere Kompetenz aus der Robotik konnten wir ein zuverlässiges System auf Basis von Low-Cost-Sensorik entwickeln. Somit eignen sich Assistenzsysteme, die zurzeit überwiegend in hochpreisigen Fahrzeugen eingesetzt werden, auch für andere Fahrzeugtypen«, so Projektleiter Benjamin Maidel. Besonders wichtig: Auch bei wechselnden Witterungsverhältnissen, wie z. B. Regen, sollen die Ultraschallsensoren Objekte im toten Winkel zuverlässig erkennen. Mehr als 3000 Tests wurden bei hohen und niedrigen Temperaturen, in der Innenstadt, auf Landstraßen und auf Autobahnen durchgeführt. Das Ergebnis: Die Erkennungsrate des entwickelten Systems liegt bei mehr als 90 Prozent. (lap)

Kontakt

Dipl.-Inf. Benjamin Maidel
Telefon +49 711 970-1213
benjamin.maidel@ipa.fraunhofer.de

Abbildungen von oben nach unten:

Autonomes Fahrzeug an einer Kreuzung: Unterschiedliche Sensoren erfassen die Umgebung. Die Fahrzeugsteuerung erzeugt damit ein Modell der Umgebung.

Autonomes Fahrzeug im Car-Sharing Betrieb: Nachdem der Mieter das Fahrzeug angefordert hat, navigiert es selbstständig.

Ein intelligentes Parkhaus organisiert das Laden unterschiedlicher Fahrzeuge.

Totwinkel-Überwachung: Ultraschallsensoren erkennen herannahendes Fahrzeug.

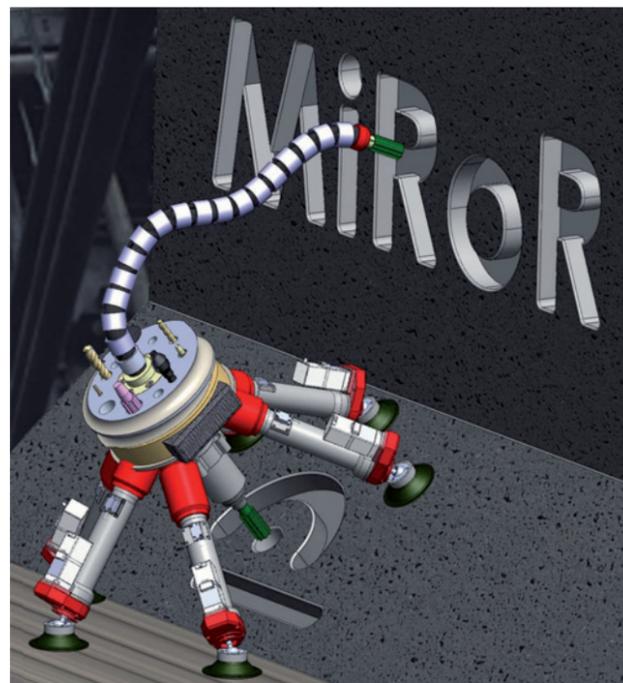
Quelle: Fraunhofer IPA

Sicher und flexibel:

MiRoR Ein neuer Miniaturroboter für Inspektion und Wartung

Ob Flugzeugturbinen, Kernkraftwerke oder Offshore-Plattformen: Für den Menschen sind solche Anlagen häufig schwer zugänglich und das Inspizieren und Warten ist gefährlich. Daher ist es notwendig, dass diese Aufgaben vor Ort ohne Personal ausgeführt werden können. Im EU-Projekt MiRoR wird derzeit ein neuartiges automatisiertes Werkzeugsystem entwickelt. Der Miniaturroboter soll komplexe Industrieanlagen autonom inspizieren, warten und reparieren. Das Robotersystem folgt dabei dem Ansatz eines hybriden Systems, das zwei Module miteinander verbindet – den WalkingHex und den SnakeArm. Forscher des Fraunhofer IPA realisieren das Steuerungs- und Planungssystem.

In Schlüsselindustrien, wie im Hoch- und Tiefbau, der Energiewirtschaft sowie in der Luftfahrt, ist es besonders wichtig, einen reibungslosen Ablauf der Prozesse durch kontinuierliche Inspektions-, Wartungs- und Reparaturarbeiten zu gewährleisten. Denn ein Ausfall der Anlagen kann gravierende Folgen für die Sicherheit von Menschen und für die Umwelt haben. Zudem entstehen in den meisten Fällen enorme Kosten. Es gibt bisher kaum standardisierte Werkzeuge und Maschinen, die dabei alle Aufgaben bei Wartungsarbeiten durchführen können. Deshalb sind variabel einsetzbare Geräte erforderlich.



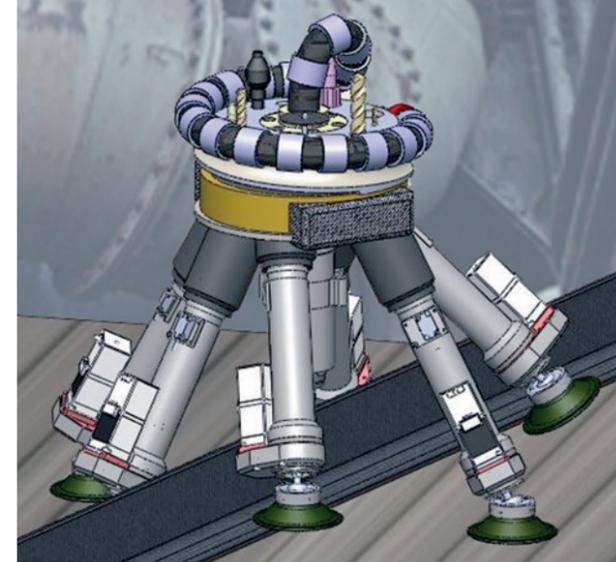
Das EU-Projekt MiRoR verfolgt das Ziel, eine gesamtheitliche Roboterlösung für die automatisierte, kosteneffiziente, flexible und sichere Anwendung während der Inspektion, Wartung und Reparatur komplexer Industrieanlagen zu entwickeln. Insbesondere große und kostenintensive Einrichtungen müssen regelmäßig und möglichst ohne Unterbrechung der Produktion inspiziert werden. »Um Stillstandzeiten zu reduzieren und somit den finanziellen Ausfall möglichst gering zu halten, muss die Wartung und Reparatur idealerweise auch vor Ort durchführbar sein«, erklärt Matthias Gruhler, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme.

Modulare Komponenten: WalkingHex und SnakeArm

Die vorgesehenen Arbeiten sollen von einem modularen Roboter ausgeführt werden. Im Rahmen des Projekts wird hierfür ein hybrides System bestehend aus WalkingHex und SnakeArm entwickelt: Beide Module sind sowohl einzeln als auch zusammen einsetzbar und können somit in unterschiedlichen Szenarien Aufgaben bewerkstelligen. Der WalkingHex basiert auf einer parallel-kinematischen Hexapod-Plattform, die die Vorteile von präzisen Bearbeitungsmaschinen und mobilen Robotern vereint. Ein Laufmodus erlaubt es dem WalkingHex, sich selbständig fortzubewegen. Dadurch kann er insbesondere in für Menschen gefährlichen Umgebungen eingesetzt werden. Im Bearbeitungsmodus sorgt ein spezielles Kalibrierungsprogramm für die erforderliche Präzision.

Neben der WalkingHex-Plattform gehört auch ein endoskop-ähnlicher Manipulator zum MiRoR-System. Durch diesen SnakeArm kann das Gesamtsystem auch in sehr enge Umgebungen vordringen. Die flexible Kinematik erlaubt es, sich um entsprechende Hindernisse zu winden. Deutlich erhöht wird zudem der Aktionsradius von MiRoR, da Überkopparbeiten möglich sind bzw. Bereiche überprüft werden können, die für den WalkingHex unzugänglich sind. Für Bearbeitungsaufgaben lässt sich der SnakeArm teilweise versteifen, um eine höhere Genauigkeit zu erreichen. »Der Roboter soll Mobilität und Präzision vereinen und viele Inspektionsaufgaben durchführen.

Das MiRoR-System im Bearbeitungsmodus.
(Quelle: MiRoR – Unott)



Das MiRoR-System im Laufmodus. (Quelle: MiRoR – Unott)

Die Kinematiken des WalkingHex und des SnakeArms eignen sich dafür optimal und erfüllen diese Anforderungen«, so Felix Meßmer, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme.

Autonomes Steuerungs- und Planungssystem

Um die Inspektion, Wartung und Reparatur weitestgehend autonom ausführen zu können, entwickeln Forscher des Fraunhofer IPA ein intelligentes Steuerungs- und Planungssystem für die MiRoR-Plattform. Geeignete Verfahren und Algorithmen gewährleisten, dass der Roboter zum einen erfolgreich und sicher innerhalb der jeweiligen Anlage navigieren und sich bewegen kann. Zum anderen soll er die Aufgaben präzise sowie zeit- und kosteneffizient bearbeiten.



Das Forschungsprojekt MiRoR steht für »Miniaturised Robotic systems for holistic in-situ Repair and maintenance works in restrained and hazardous environments« und ist Teil des 7. EU-Rahmenprogramms.

Beteiligte Projektpartner MiRoR:

Fraunhofer IPA, Deutschland | University of Nottingham, Großbritannien
IK4 Tekniker, Spanien | Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
Rolls-Royce, Großbritannien | intelligente NDT Systems & Services GmbH, AREVA NDE-Solutions, Deutschland
Acciona Infrastructure, Spanien | Petrom OMV, Rumänien

Weitere Informationen unter: www.mirror.eu

Hierfür wurden Konzepte für die 3D-Navigation des WalkingHex und des SnakeArms entwickelt. Ein besonderer Vorteil: Durch die intelligente Steuerungssoftware können die Bewegungen von MiRoR entsprechend der aktuellen Hindernis- und Umgebungssituation angepasst werden. Der WalkingHex kann verschiedene Laufmuster ausführen und somit Hindernisse, wie z. B. Stufen, überwinden. Darüber hinaus ist es möglich, dass sich der SnakeArm im Tip-Following-Modus fortbewegt. Ähnlich wie ein Endoskop kann er so flexibel, z. B. für die Inspektion von Flugzeugturbinen, eingesetzt werden. Für die optimale Konfiguration des Roboters sowie die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte sorgt ein Aufgabenplaner, der an eine domänenspezifische Wissensdatenbank angebunden ist. (lap)

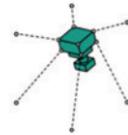
Kontakt

Dipl.-Ing. Matthias Gruhler
Telefon +49 711 970-1315
matthias.gruhler@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Inform. Felix Meßmer
Telefon +49 711 970-1452
felix.messmer@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Kai Pfeiffer
Telefon +49 711 970-1226
kai.pfeiffer@ipa.fraunhofer.de

Die große Magie der Seilrobotik



Vom Fraunhofer IPA an die Universität Stuttgart:
Andreas Pott wird Juniorprofessor am ISW



Nach sieben Jahren als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter am Fraunhofer IPA erhielt Andreas Pott im August 2013 den Ruf auf eine Juniorprofessur am Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart. »Meine Gestaltungsmöglichkeiten haben sich damit erheblich erweitert«, freut sich der Roboterspezialist, der 2006 aus Duisburg bereits promoviert ans Fraunhofer IPA kam und hier den Bereich der Seilkinematik und den »Griff in die Kiste« massiv vorangetrieben hat.

High Performance Computing und Intervallrechnung fasziniert ihn ebenso wie Ultraleichtbau oder die Planung kundenspezifischer Robotersysteme – Juniorprof. Dr.-Ing. Andreas Potts Interessen kommen in seinem neuen Amt auf's Trefflichste zusammen. »Die große Magie der Seilrobotik besteht in der Steuerung, Regelung und Planung«, so Andreas Pott. Als Juniorprofessor im universitären Exzellenz-Cluster SimTech kann er hier einiges bewegen. Die Beschreibung und Auslegung von komplizierten Robotersystemen, die Simulation der Bewegung von Schüttgütern, die dann automatisch gehandhabt werden, oder die ganz genaue Simulation von Greifvorgängen – das sind Themen, die er sich für seine Arbeit am ISW der Universität Stuttgart vorgenommen hat. »Das scheint zwar auf den ersten Blick nicht sehr aufregend, ist aber komplex und ungeheuer spannend«, freut sich Pott.

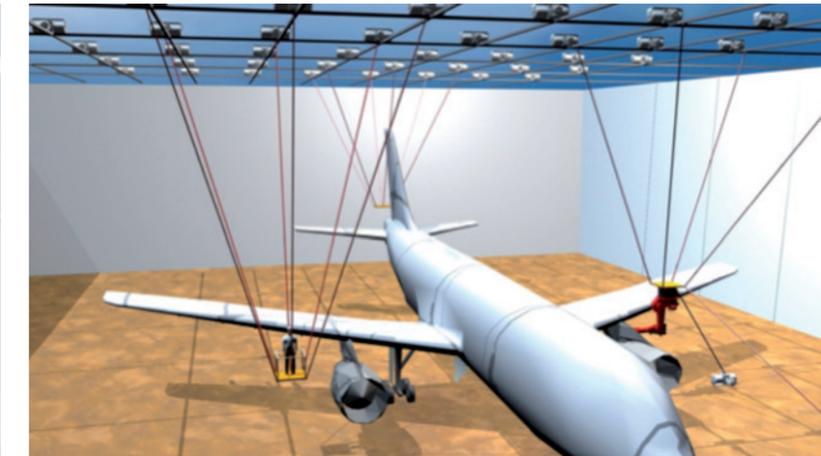
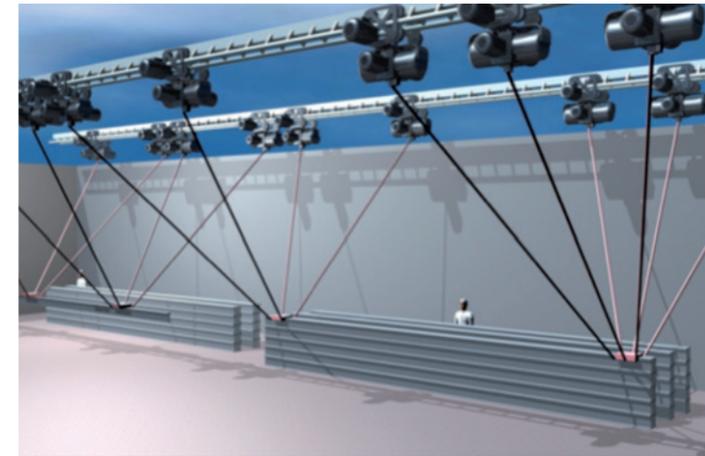
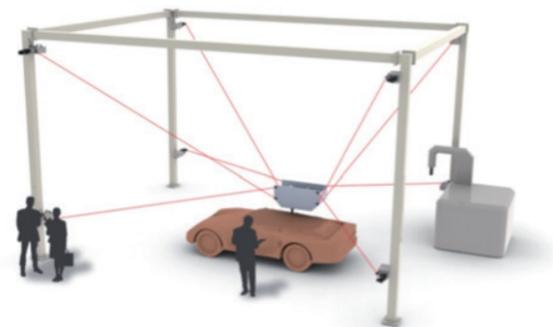
Roboterhände, Backenfutter und Parallelgreifer (Schraubstock) werden in der Praxis häufig deshalb gar nicht simuliert, weil der Greifprozess so kompliziert ist. Wenn die Greifer das Gut

schräg erwischen, wenn es sich verklemt, wenn das Werkstück ölbenetzt oder unterschiedlich abgenutzt ist, wird die Simulation enorm schwierig. Hier möchte Andreas Pott Werkzeuge entwickeln, die sich in der Praxis wirtschaftlich und benutzerfreundlich einsetzen lassen.

Dabei ist das Greifen der zentrale Prozess in der Handhabung. »Weltweit verrichtet jeder zweite Roboter Handhabungen. Das sind immerhin 600 000 Stück. Daher hat sowohl der Griff in die Kiste als auch der gesamte Bereich der Seilrobotik enormes Potenzial in der Anwendung«, so Pott.

Seilkinematik – ein Extremfall von Leichtbau

Seit sieben Jahren arbeitet Pott am Fraunhofer IPA am Thema Seilrobotik. Dabei werden alle wichtigen Disziplinen abgedeckt: Steuerungstechnik, Kinematik, Kalibrierung, Entwurf und Hardware. Es ist bereits die 3. Generation des Demonstrators entstanden und nun kommt in Kooperation mit anderen, die Seilmodellierung dazu. Gemeinsam mit dem Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart und einem Unternehmen will er in das Feld der experimentellen Seiltechnik einsteigen. »Seile aus Kunstfaser bieten enormes Potenzial für die Handhabung und das Zukunftsfeld Leichtbau«, so Pott, »und Seilroboter sind Leichtbau in Vollendung.«



Gemeinsam mit der Industrie will er in den nächsten Monaten mit seiner Gruppe ein neues, raumfüllendes Seilrobotersystem aufbauen. Ein Ergebnis aus der Fraunhofer-Allianz ATLAS, die Pott koordiniert, ist der neue Seilroboter »IPAnema 3«. Dieser bewegt sich frei im Raum und wurde über einer Fläche von siebzehn auf acht Meter Grundfläche erprobt. Um die Mobilität des Leichtbauroboters IPAnema 3 mit einer 300-Kilogramm-Nutzlast zu demonstrieren, wurde das System in nur zwei Wochen in Dortmund aufgebaut, in Betrieb genommen, vorgeführt und wieder demontiert. Diese kurze Zeit hat viele Besucher aus der Industrie beeindruckt.

Die theoretischen Grundlagen für die parallelen Roboter hat er bereits mit seiner Promotion aus Duisburg mitgebracht, aber erst am Fraunhofer IPA konnte er das Projekt aus dem Laborstadium heben und für die industrielle Praxis interessant machen. »Die Windentechnik etwa wurde so adaptiert, dass sie nun aus Industriekomponenten besteht. Durch die Nutzung einer industriell verbreiteten Steuerungstechnik und mit dem Entwurf von neuen Werkzeugen zur Planung kundenspezifischer Robotersysteme können wir nun wirklich maßgeschneiderte Roboter bauen, das trägt in der Tat auch Früchte. Wir haben ein Robotersystem nach Korea verkauft, verhandeln mit den Koreanern über ein zweites System und entwickeln im Moment ein System für eine deutsche Firma. Außerdem haben wir in zwei internationalen Ausschreibungen auch die Konstruktion des Roboters angeboten.«

Ein Zeichen für die exzellente Stuttgarter Expertise auf dem Gebiet der Seilkinematik ist auch die Organisation und Ausrichtung der 1. Internationalen Seilroboter-Konferenz. Über 50 Teilnehmer aus den führenden Nationen der Seilkinematik, Deutschland, Frankreich, Spanien, Kanada, Korea und USA, haben die Konferenz so erfolgreich gemacht, dass sie in 2014 in Duisburg wiederholt wird.

Lehre für die Ingenieure von morgen

Ein Professor ist selbstverständlich auch in der Lehre aktiv. Andreas Pott hält schon seit einem Jahr eine Master-Vorlesung mit hohem wissenschaftlichem Anspruch. Indem er die Anwendung von Computeralgebra für komplexe Roboteranwendungen vorstellt, will er den Studierenden aufzeigen, wie der Ingenieur von heute komplexe Roboterkinematiken simulieren und auslegen kann und welche computerunterstützten Werkzeuge heutzutage dafür zur Verfügung stehen. Auch in der Weiterbildung ist er bereits seit einigen Jahren tätig. Im Seminarangebot finden sich hier sowohl die Grundlagen der Robotik als auch die Zukunftstrends der Robotik.

»Für mich liegt eine Hochschulkarriere definitiv auf der Hand. Wenn sich alles weiterhin so gut entwickelt, etablieren wir hier am Standort eine einflussreiche wissenschaftliche Gruppe im Bereich der Seilrobotik. Ich denke, die anwendungsnahste Gruppe sind wir schon. Wir haben gute Voraussetzungen, um mit unseren Robotern den Sprung in die industrielle Praxis zu schaffen«, so Andreas Pott. Dies wird auch insbesondere an den vielen Anfragen nach Gerätetechnik aus dem IPA deutlich, die in Forschungsprojekten genutzt werden soll.

Kontakt

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Pott
Telefon +49 711 970-1221
andreas.pott@ipa.fraunhofer.de



3. bis 6. Juni 2014

Fraunhofer IPA – Halle A4 | Stand 530

- **Neues zweiarmiges Robotersystem für Griff-in-die-Kiste**
Neues automatisiertes, zweiarmiges Zuführsystem für die roboterbasierte Vereinzlung
- **Sensorgeführt montiert**
Mensch-Roboter-Interaktion am Beispiel von Montagearbeiten mit Leichtbauroboter
- **IPAnema – Seilroboter für die Intralogistik**
Innovativer Seilroboter für effiziente und flexible Handhabung
- **PRACE – Der mobile Produktionsassistent**
Lernfähiger Produktionsassistent zur Teilautomatisierung von Kleinserienfertigungen
- **ROS für die Industrierobotik**
Anwendungen für die Umgebungswahrnehmung und Bahnplanung
- **Robotergestützte Reinigung**
Robo-Butler für gewerbliche Gebäudereinigung
- **Innovative Bildverarbeitung für Serviceroboter**
Neue Technologien zur 3D-Umgebungserfassung und Objekterkennung

Fraunhofer IPA auf dem Messestand von SMErobotics Halle A4 | Stand 131

- **Sensorgeführte Montage**
Effektive Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter am Beispiel von Nietprozessen
- **CoWeldRob – Der Schweißroboterassistent**
Kognitiver und kollaborativer Roboter lernt vom Schweißer



Besuchen Sie uns auf der Automatica!

Komplexe Märkte erfordern komplexe Fabrik- und Managementstrukturen

Vielfalt ist Trumpf, aber nur wenn man mit ihr umgehen kann

von Thomas Bauernhansl

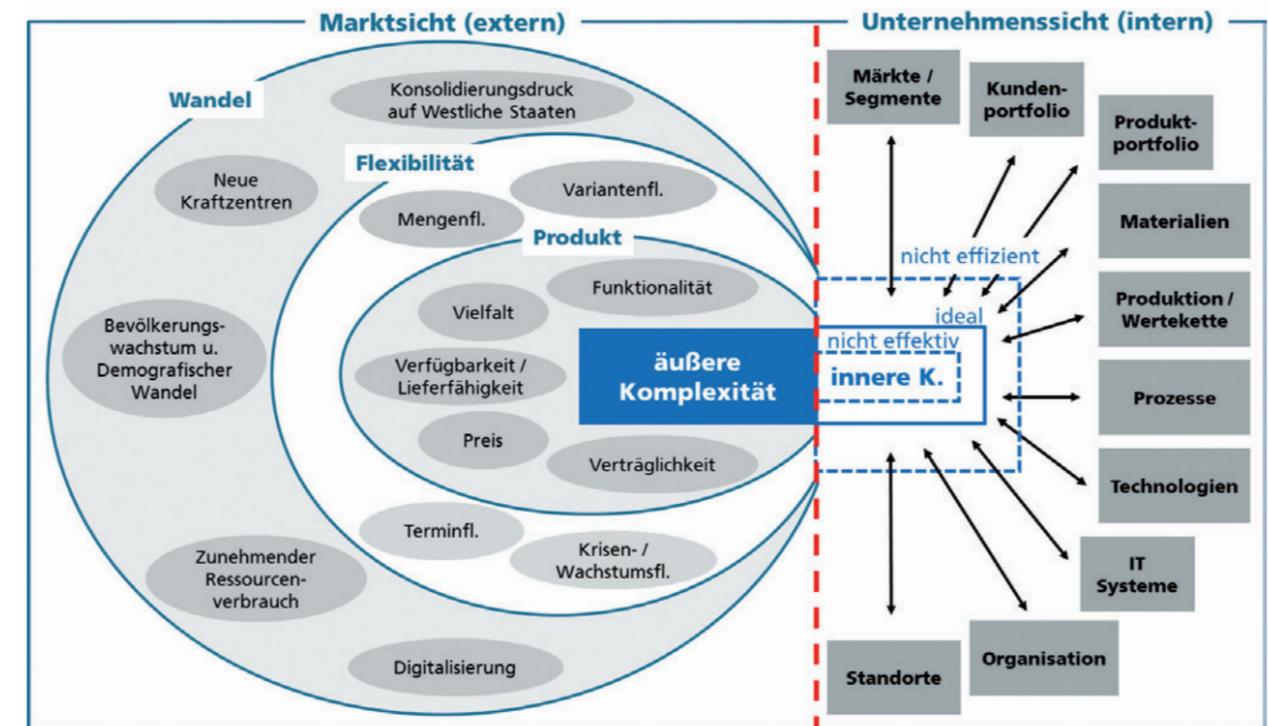
Die Vierte Industrielle Revolution wird unter dem Motto »Technologie statt Verzicht« einen Weg einschlagen, das Wachstum und den Wohlstand vom Verbrauch endlicher Ressourcen zu entkoppeln. Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) hat dabei als »Enabler-Technology« eine zentrale Rolle. Die Vielfalt der Technologien sowie das Fehlen dominanter Designs während des Paradigmenwechsels werden gemeinsam mit einer noch weiter wachsenden Individualisierung und Personalisierung der Produkte und Dienstleistungen zu einer regelrechten »Komplexitätsexplosion« führen. Wachsende Komplexität führt immer zu einem höheren Grad an Dezentralisierung und Autonomie. Nur so können ausreichend komplexe unternehmensinterne Strukturen entstehen, damit Unternehmen das hohe Maß an externer Komplexität erfolgreich »bewirtschaften« können. Der dritte Beitrag meiner Interaktiv-Serie widmet sich dieser Bewirtschaftung im Sinne eines wertschaffenden Umgangs mit Komplexität.

Wie bringt man heute steigende Komplexität, geforderte Flexibilität und globale Fertigung unter einen Hut? Die Herausforderung liegt darin, einerseits marktnah und hoch flexibel zu produzieren und andererseits mit minimalen Investitionen ein Maximum an Skaleneffekten zu erzielen. In diesem Spannungsfeld bewegen sich fast alle produzierenden Unternehmen und zur Auflösung gibt es leider noch kein Patentrezept. Bei Freudenberg waren wir sehr erfolgreich mit Segmentierungskonzepten auf Basis von Komplexitätstreibern. Ziel war es, Produktionssegmente mit ähnlichen Wertschöpfungsketten, Materialien, Märkten und Produktionsvolumina global zu bündeln, innerhalb der Segmente mit Lean-Methoden zu optimieren und segmentübergreifend zu standardisieren. Umsetzen kann man dies nur mit langfristigen Konzepten, basierend auf strategischen Technologie-Road-Maps und global verankerten Schulungskonzepten.

Komplexitätsmanagement – insbesondere in der Produktion – ist eine Kernfähigkeit exzellenter Unternehmen. Die Ansätze sind je nach Produktlebenszyklus, Markt und Technologie unterschiedlich. Ein breites Portfolio, das über Selektion entwickelt wird, kann ebenso eine sinnvolle Strategie sein, wie individualisierte Produkte, die auf modularen Baukästen basieren. Die Produktion wird künftig immer mehr anhand von Komplexitätstreibern strukturiert werden. Die Produktionstechnik wird auf Basis von Technologieplattformen standardisiert, die in einer globalen Produktion den regionalen Anforderungen entsprechend konfiguriert werden können. Die Beherrschung der weltweiten Versorgungsketten und der damit verbundenen Beschaffungsrisiken wird genauso zum Kontext der Komplexität gehören wie die Einbindung der weltweit verteilten Kunden in die Entwicklungsprozesse.



© alphaspirt – Fotolia



Die interne Komplexität muss der externen Komplexität entsprechen. Herausforderung für das Unternehmen ist die jeweils optimale Komplexität.

Wenn die Objekte in der Produktion zukünftig miteinander »verhandeln«, um den besten Weg zu finden, beispielsweise eine Kapazitätsauslastung zu optimieren, dann hat der Produzent an bestimmten Stellen keinen Einfluss mehr. Er muss Verantwortung abgeben. Das ist ähnlich wie in einem Netzwerk: Jeder kann mit jedem kommunizieren und dabei entstehen sehr robuste Lösungen, die eine hohe Komplexität handhaben können. Das ist neu. Und deshalb haben wir in der IPA-Abteilung 150 unter der Leitung von Anja Schatz ein neues strategisches Thema, die Komplexitätsbewirtschaftung, aufgesetzt (s. S. 38–39).

Unser Grundgedanke ist, dass die Komplexität innerhalb des Unternehmens (beispielsweise der Produktpalette) zwangsläufig auf die vom Markt geforderte Komplexität anzupassen ist und nicht losgelöst betrachtet werden kann. Die innere Komplexität in einem Unternehmen ist genau dann ideal, wenn sie der äußeren Komplexität entspricht. Ist die innere Komplexität zu niedrig, kann die externe Komplexität nicht zur Genüge bewältigt werden. Die »Komplexitätsbewirtschaftung« im Unternehmen ist dann nicht effektiv. Ist die innere Komplexität zu hoch, hat das Unternehmen dadurch unnötige Aufwände und die Komplexitätsbewirtschaftung im Unternehmen ist somit nicht effizient.

Was ist eigentlich Komplexität und wie soll man sie bewirtschaften?

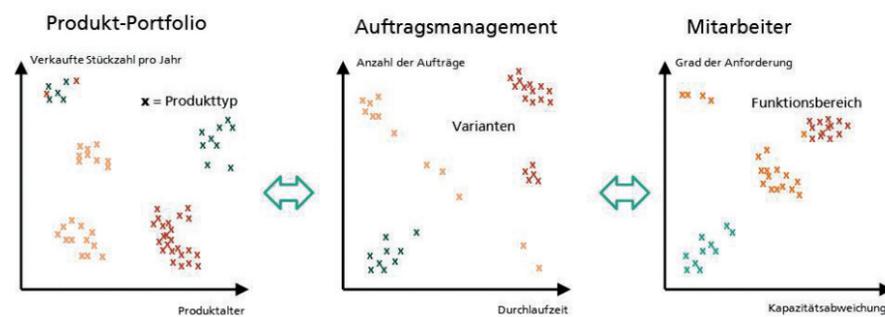
Komplexität ist nicht Kompliziertheit, vielmehr ist die Kompliziertheit ein Teilbereich der Komplexität. Während mit Kompliziertheit nur die Vielzahl und Vielfalt von Systemen, Problemen, Algorithmen oder Daten gemeint ist, die aber weiterhin berechenbar und exakt prognostizierbar bleiben, muss man angesichts von Komplexität lernen loszulassen. Komplexität haben Manager notwendigerweise nicht mehr immer im Griff. Warum?

Die Veränderlichkeit und Vieldeutigkeit bzw. die Variabilität und die Unsicherheit sind Aspekte, die Komplexität ausmachen. Die Dimensionen der Komplexität sind Vielzahl, Vielfalt, Dynamik und Intransparenz. Da diese Komplexitätsfaktoren in vielen unterschiedlichen Unternehmensbereichen eine Rolle spielen, müssen sie regelrecht systematisch bewirtschaftet werden. Bewirtschaftet heißt: die vorhandenen Ressourcen – und Komplexität wird hier selbst als Ressource betrachtet – müssen sinnvoll und wertschöpfend genutzt werden. Wie geht das?

Messbarer Indikator: Komplexitäts-Footprint

Zunächst muss ein Unternehmen seine eigene Komplexitätsausprägung kennen. Wir haben am Fraunhofer IPA dafür den Begriff »Komplexitäts-Footprint« geprägt. Nur wer ihn kennt, kann daraus die richtigen Maßnahmen mit Hilfe geeigneter Hilfsmittel einleiten.

Der Footprint identifiziert, lokalisiert, quantifiziert und visualisiert die Komplexität in der Produktion und in der Lieferkette und zeigt mögliche Verbesserungs- und Einsparpotenziale auf. Diese Potenziale werden dann mit den Instrumenten der »Komplexitätsbewirtschaftung« umgesetzt, was Kosteneinsparungen, Termintreue und Qualitätsverbesserung zur Folge hat.



Ausschnitt aus dem Komplexitäts-Footprint.

zur effizienten und nachhaltigen Komplexitätsbewirtschaftung. Dazu werden die Instrumente entsprechend den verschiedenen Herausforderungen in den Komplexitätsfeldern orchestriert. Wie die Instrumente in einem Orchester auf eine Komposition passend intoniert werden, werden auch die Instrumente in der Komplexitätsbewirtschaftung, auf die Zusammensetzung der Komplexität abgestimmt, eingesetzt. Dabei wird zwischen drei unterschiedlichen Strategien zur Komplexitätsbewirtschaftung unterschieden: Komplexitätsbeherrschung, Komplexitätsreduzierung (ggf. -erhöhung) und Komplexitätsvermeidung.

Die Identifizierung der Komplexität ist adaptiv und skalierbar einsetzbar, von einer qualitativen über eine quantitative bis hin zu einer monetären Untersuchung. Nach der Identifizierung erfolgt die Quantifizierung der Komplexität in der Ausprägung der Komplexitätsdimensionen. Dazu werden Kennzahlen erfasst und in Abhängigkeit vom Untersuchungsgegenstand und der gewünschten Detailtiefe in der Visualisierung des Komplexitäts-Footprints dargestellt. Bereits hier werden Optimierungspotenziale sichtbar. Eine weitere Möglichkeit zur Potenzialanalyse bietet die Gegenüberstellung der ermittelten eigenen inneren Komplexität in Produktion und Lieferkette mit der inneren Komplexität anderer erfolgreicher Unternehmen im Branchenumfeld durch Benchmarking. Dies gibt Hinweise, wie viel Komplexität im jeweiligen Komplexitätsfeld erforderlich ist.

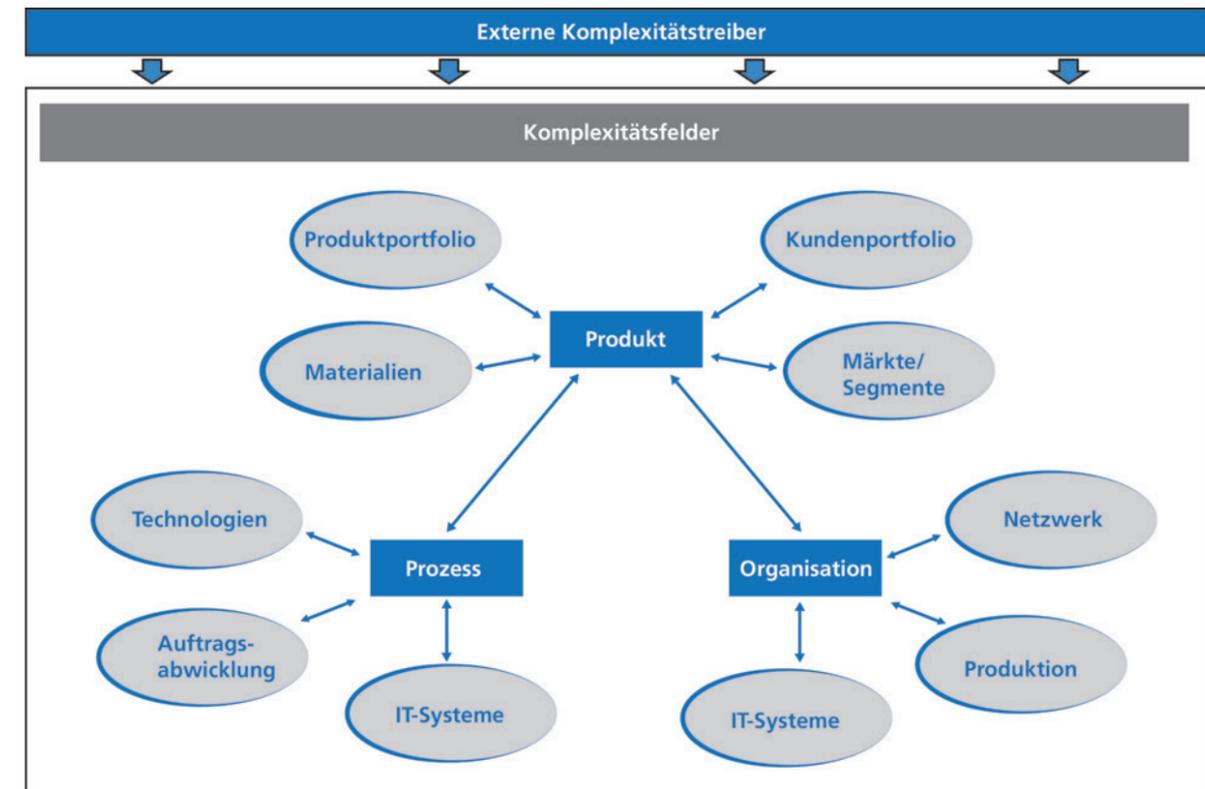
Strategien der Komplexitätsbewirtschaftung

Auf Basis eines Instrumentenkatalogs zur Komplexitätsbewirtschaftung können Verbesserungs- und Komplexitätseinsparpotenziale aufgezeigt werden. Die Instrumente in diesem Katalog beinhalten Denkprinzipien, Methoden und Werkzeuge

Die Komplexitätsbeherrschung dient der effizienten Handhabung der notwendigen inneren Komplexität. Dazu gehören beispielsweise die Anpassung von Organisationsstrukturen, die Steigerung der Transparenz in der Auftragsabwicklung oder die Umgestaltung von Prozessschnittstellen.

Die Komplexitätsreduzierung soll identifizierte Überkomplexität zielgerichtet abbauen. Dies kann durch die Reduktion von Vielzahl und Vielfalt erfolgen, also durch die Vereinfachungen in den verschiedenen Komplexitätsfeldern. Hierzu zählen zum Beispiel die Eliminierung von unrentablen Produktvarianten, die Reduzierung von nicht wertschöpfenden Prozessschritten sowie die Verringerung von Schnittstellen, sowohl auf Seite der Produktionssysteme als auch aus organisatorischer Sicht.

Die Komplexitätsvermeidung hat den Ansatz der präventiven Verhinderung von Komplexität. Dabei soll die Neuentstehung von Überkomplexität durch Instrumenteneinsatz unterbunden werden. Hierzu gehören beispielsweise die Modularisierung oder Standardisierung von Produkten, Prozessen oder Organisationsstrukturen.



Die Antwort auf steigende Komplexität lautet: dezentrale, autonome Intelligenz in synergistischen Strukturen.

Mit einer exzellenten Komplexitätsbewirtschaftung entstehen entscheidende Wettbewerbsvorteile für produzierende Unternehmen und mit dem Einsatz des Komplexitäts-Footprints wird Komplexität transparent. Die Komplexitätstreiber in der Produktion und der Lieferkette werden systematisch identifiziert, die Auswirkungen von Komplexität in den Komplexitätsfeldern lokalisiert und damit greifbar. Komplexität im Unternehmen wird messbar und damit können die wichtigsten Optimierungshebel identifiziert werden.

Quantifiziert wird die Komplexität mit der Bestimmung der Komplexitätsdimensionen und deren Kennzahlen, einschließlich der Komplexitätskosten. Diese quantifizierten Ergebniskennzahlen werden zusammengefasst und in einem übersichtlichen Komplexitäts-Footprint visualisiert. Dieser Footprint ist skalierbar, und so können Unternehmen einen detaillierten Fokus entweder auf abgegrenzte Unternehmensbereiche, wie z. B. die Entwicklung bzw. die Produktion, oder auf ausgewählte Komplexitätsfelder richten. Die Komplexität im Unternehmen wird damit systematisch bewirtschaftet.

Fazit: Unternehmen können und sollen Komplexität wertschöpfend nutzen

Die vom Markt geforderte Komplexität – etwa hinsichtlich Produktvielfalt oder zeitlicher Flexibilität – soll durch die sinnvolle und wertschöpfende Nutzung von Unternehmensressourcen effizient bewirtschaftet werden. Hierfür wird die innere Komplexität beherrscht, reduziert, ggf. auch erhöht oder vermieden. Auf Basis der Identifizierung, Lokalisierung und Quantifizierung können unter Zuhilfenahme des Katalogs zur Komplexitätsbewirtschaftung mögliche Verbesserungs- und Komplexitätsreduktionspotenziale im Unternehmen aufgezeigt werden. Der Katalog gibt Handlungsempfehlungen und bietet konkrete Instrumente zur nachhaltigen Komplexitätsbewirtschaftung. Mit Hilfe dieses Ansatzes haben wir bereits bei einigen unserer Kunden erfolgreich Projekte durchgeführt. Dabei wurden sowohl erhebliche Kosteneinsparung als auch eine Umsatzsteigerung sowie eine höhere Termintreue und eine Qualitätsverbesserung erreicht.

»Alles verstehen und kontrollieren zu wollen, bringt uns im Umgang mit Komplexität nicht weiter«

Interaktiv: Frau Schatz, Sie beschäftigen sich in Ihrer Abteilung mit dem Thema »Komplexitätsbewirtschaftung« in produzierenden Unternehmen. Wieso verwenden Sie nicht den bereits eingeführten Begriff des Komplexitätsmanagements?

Anja Schatz: Das war eine ganz bewusste Entscheidung. Der Begriff »Management« erweckt zum einen den Eindruck, man könne Komplexität regelrecht beherrschen bzw. vollständig kontrollieren. Komplexe Systeme wie ein Unternehmen und dessen Umfeld sind aber hoch dynamisch, auch intransparent und damit eben nicht einfach steuerbar. Zum anderen sehen viele Unternehmen Komplexitätsmanagement rein unter dem Aspekt der Reduzierung von Kompliziertheit im Sinne einer Vereinfachung von Produktstrukturen oder Verringerung von Produktvarianten. Weniger komplizierte Prozesse und Organisationsstrukturen in der Produktion und Auftragsabwicklung sind dann zwar positive Nachwirkungen, die Produktionsstrukturen werden aber nicht aktiv auf Komplexität untersucht und gestaltet. Das ist jedoch insbesondere dann notwendig, wenn eine einfachere Produktstruktur oder weniger Varianten nicht oder nur sehr langfristig umsetzbar oder strategisch nicht sinnvoll sind, wie das im Maschinen- und Anlagenbau zum Beispiel oft der Fall ist.

Interaktiv: Um mit Komplexität produktiv umzugehen, reicht es nicht, komplizierte Produktionsstrukturen zu vereinfachen. Wie kann das Konzept der Komplexitätsbewirtschaftung helfen, Prozesse und Organisation zu gestalten?

Anja Schatz: Zunächst muss man wissen, dass in der Produktion vier verschiedene Lebenszyklen aufeinander treffen, die in ganz unterschiedlicher zeitlicher Dynamik durchlaufen werden: Als erstes der relativ lange Fabriklebenszyklus, dann unterschiedliche Technologie- und Produktlebenszyklen und viele einzelne kundentriebene, eher kurzfristige Auftragslebenszyklen. Diese aufbau- und ablauforganisatorisch zu bewältigen, stellt eine komplexe Herausforderung dar. In unserem Ansatz der Komplexitätsbewirtschaftung betrachten wir die Produkte deshalb zunächst einmal als reine Ertrags- und Kosten-

träger. Mit dieser Brille lohnt es sich, genauer hinzuschauen, wo die auf Komplexität zurückzuführenden Ursachen für Rentabilität bzw. Defizite unterschiedlicher Produkte liegen. Die Frage ist: Wo haben wir anforderungsgerechte Prozesse, Technologien, Strukturen und die Organisation, um Produkte effizient und rentabel herzustellen, und wo nicht?

Interaktiv: Das heißt, ausgehend vom Produkt, schauen Sie sich Prozesse und Organisation genauer an. Wie identifizieren Sie dann Komplexität?

Anja Schatz: Ausgehend von problematischen, d. h. defizitären Produktbereichen, machen wir uns an die Analyse. Zunächst zerlegen wir die Komplexitätsfelder Organisation und Prozesse in feinere Bereiche, die wir dann hinsichtlich ihrer genauen Komplexitätsausprägung untersuchen. So unterteilen wir das Feld Prozesse in die Themen Technologien, Auftragsabwicklung und IT-Systeme und die Organisation in die Aspekte Produktion, Netzwerk und Mitarbeiter. Wir fragen also jeweils: Was macht die Komplexität, z. B. im Bereich der Produktion dieser Produkte, aus? Liegt sie in der Beherrschung der Technologien begründet? Machen Schnittstellen oder Rückstände die Produktion so komplex? Das heißt, wir fragen: Was macht uns jeweils die Arbeit so schwer? Hilfreich ist dabei, sich diese Fragen unter den Aspekten der Vielfalt, Vielzahl, Intransparenz und Dynamik zu stellen. Mit diesen Dimensionen lässt sich die Komplexität sehr gut erfassen. Natürlich spielt auch der Vernetzungsgrad der einzelnen Elemente eine wichtige Rolle. Auf diese Weise erhalten wir ein recht konkretes Bild der Komplexität im Unternehmen.

Interaktiv: Das klingt sehr anschaulich. Welche Methoden kommen dabei zum Einsatz?

Anja Schatz: Wir nutzen sowohl eher qualitative als auch objektiv quantitative Methoden. Sehr wichtig sind die subjektive Einschätzung der Fachexperten im Unternehmen, um von dieser Einschätzung über die einzelnen Abteilungen und Bereiche hinaus eine systemische Sicht zu schaffen. Wir nutzen

die Intelligenz vieler, gewissermaßen die Schwarmintelligenz, indem wir Wissensträger zusammenbringen und so die Systemkomplexität besser verständlich machen. Das entspricht auch einer der bewährten Strategien mit Komplexität umzugehen, nämlich diese qualitativ-intuitiv einzuschätzen und zu bewerten, ohne alles bis ins Detail verstehen und kontrollieren zu wollen. System Dynamics hilft hier, Ursache-Wirkungskreisläufe darzustellen und gibt auch wichtige Hinweise für spätere Maßnahmen, um mit der Komplexität besser zurechtzukommen. Daneben verwenden wir aber auch, wo immer sinnvoll und möglich, quantitative Methoden wie Data Mining oder Analysen des aktuellen Datenbestands in den jeweiligen Betrachtungsfeldern. Und so kristallisiert sich nach und nach ein Komplexitätsprofil heraus, mit dem dann in Richtung »Bewirtschaftung« gedacht werden kann.

Interaktiv: Was kann ich mir unter der Bewirtschaftung von Komplexität vorstellen?

Anja Schatz: Wichtig ist, bei der Auswahl von Bewirtschaftungsstrategien immer den Charakter komplexer Systeme im Hinterkopf zu behalten. Das Verhalten dieser Systeme ist niemals genau vorhersagbar. Es gilt, das Gesamtsystem genau für diese Unsicherheiten vorzubereiten oder darauf einzurichten. Grundsätzlich stehen verschiedene Strategien offen: Wo zu viel Komplexität wahrgenommen wird, sollte versucht werden, über die Erhöhung von Transparenz diese Wahrnehmung zu reduzieren sowie Werkzeuge und Methoden zu etablieren, die bei der Komplexitätsbewältigung unterstützen und das System weniger kompliziert machen. Das Thema »aktueller Gesamtauftragsstatus« in den indirekten Bereichen der Produktion und der Beschaffung ist hier ein gutes Beispiel: Es gibt nicht viele Unternehmen, die einen verlässlichen Liefertermin ohne größeren Aufwand zu jedem Zeitpunkt an ihre Kunden geben können. Andererseits: Wo zu stark vereinfacht wird und so Reaktionsmöglichkeiten auf Unsicherheiten und Dynamik verschenkt werden, ist durchaus über einen Aufbau an Komplexität nachzudenken, wie z. B. die Definition von standardisierten Ausnahmeprozessen oder Produktionsszenarios für unterschiedliche Bedarfssituationen. Systemdenken ist hier das A und O.

Interaktiv: Ein erster Schritt für die Bewirtschaftung ist also das richtige Maß an Komplexität zu identifizieren und entsprechend Maßnahmen zu ergreifen, Komplexität zu reduzieren oder sogar zu erhöhen, damit diese für mein Unternehmen wirtschaftlich interessant ist. Gibt es weitere Strategien?

Anja Schatz: Natürlich kann auch aktiv über eine Bepreisung von Komplexität nachgedacht werden: Wo ich Kunden eine besondere Flexibilität oder in der Herstellung besonders komplizierte Produkte anbieten kann, die meine Wettbewerber in der Weise nicht darstellen können, kann ich auch über einen höheren Preis diese Produkte oder Leistungen rentabler machen. Komplexität wird dann zum Produkt-Feature.

Interaktiv: Wann hätte aus Ihrer Sicht ein Unternehmen das Konzept zur Komplexitätsbewirtschaftung erfolgreich umgesetzt?

Anja Schatz: Wenn jeder sagen kann: Wir wissen, dass unser Geschäft nicht planbar ist, aber jeder von uns ist so aufgestellt, dass wir den kommenden Unwägbarkeiten und der Dynamik als Gesamtunternehmen bestmöglich und effizient begegnen.

Interaktiv: Vielen Dank für das Gespräch, Frau Schatz!



Anja Schatz, stv. Geschäftsfeldleiterin Maschinen- und Anlagenbau, Abteilungsleiterin »Auftragsmanagement und Wertschöpfungsnetze«
Telefon +49 711 970-1076 | anja.schatz@ipa.fraunhofer.de



Hans-Jürgen Warnecke INNOVATIONSPREIS 2013

Nur wer innovativ ist, neue Verfahren, Produkte und Organisationsformen entwickelt und auf den Weg bringt, kann nachhaltig auf dem Markt bestehen. Innovationen sichern die Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit von Unternehmen und sind wichtige Impulsgeber für die Weiterentwicklung in der Forschung.

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sieht seine Kernaufgabe darin, Innovationen mit Forschungs- und Entwicklungsprojekten erfolgreich mit und für seine Kunden zu platzieren. Um den Prozess von der Ideenfindung bis zur Umsetzung und Durchsetzung zu fördern und Anreize zu liefern, lobt das IPA seit 1993 intern jedes Jahr drei Innovationspreise aus. Seit dem Jahr 2012 unter dem Namen und der Schirmherrschaft des ehemaligen Fraunhofer-Präsidenten und IPA-Institutsleiters Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. mult. Dr. h.c. mult. Dr.-Ing. E. h. Hans-Jürgen Warnecke. Die Auszeichnungen wurden am 18. Oktober 2013 im Rahmen des Innovations- und Gründertags vergeben.

Der Jury standen aus den eingereichten Bewerbungen sechs nominierte und präsentierte Entwicklungen zur Auswahl. Die Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl und Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl sowie die externen Juroren Dr. Jochen Schließer, Festo AG & Co. KG, Dr. Wolfgang Rauh, VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG und Dr. Norbert Leopold, HWP Planungsgesellschaft mbH, orientierten sich bei der Vergabe der Auszeichnungen unter anderem an den Kriterien »Kundennutzen«, »Kreativität« und »methodisch-wissenschaftlicher Ansatz«. Zwei gleichwertige erste und einen dritten Preis zeichnete 2013 die Jury aus.

1. Preis

Elastopolymere Venenklappenprothesen mittels 3D-Tröpfchendosierertechnik

Von Dr. Oliver Schwarz, Miroslav Miklosovic und Christian Schneider



Schließen Herzklappen nicht richtig, werden sie ersetzt. Versagen hingegen Venenklappen, behandeln Ärzte dies bislang ausschließlich medikamentös. Künftig soll ein Implantat die Funktion des beschädigten Ventils übernehmen. Mit einem neuartigen Dosierwerkzeug lassen sich die Prothesen automatisiert fertigen. Die vom Wissenschaftlerteam um Dr. Oliver Schwarz entwickelte 3D-Tröpfchen Dosierkinematik ermöglicht es, auf 25µm genau, verschiedene Polymer-Shorehärten auf Freiformflächen miteinander zu kombinieren und weiche 3D-modellierbare Übergänge der Materialeigenschaften zu bewirken.

Die IPA-Forscher entwickelten in enger Zusammenarbeit mit vier Industriepartnern und dem Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik RWTH Aachen eine Produktionsanlage, mit der sich Venenklappenprothesen aus dem Kunststoff Polycarbonateurethan (PCU) automatisiert herstellen lassen. Herzstück der Anlage ist ein 3D-Tröpfchendosierwerkzeug, mit dem die Forscher verschiedene Härtegrade eines Polymers, Shore-Härten, präzise auf Freiformflächen aufbringen und kombinieren können.

1. Preis

Neue Wege in der Lackierung durch verlustfreies Beschichten

Von Dr. Oliver Tiedje, Wolfgang Niemeier und Dr. Michael Hilt



Spritzlackierprozesse erzeugen immer Materialverluste in Form von Lacknebel, der nicht auf dem zu lackierenden Objekt abgeschieden wird, dem sogenannten Overspray. An dieser Stelle setzt das IPA-Team an: Bei dem prämierten Lackierverfahren werden gezielt Tropfen definierter Größe erzeugt, die zielgenau appliziert werden. Damit kann Energie eingespart und der Materialverbrauch reduziert werden, und es können nichtwertschöpfende manuelle Arbeiten, z. B. bei der Maskierung für Mehrfarbenlackierungen, vermieden werden. Der Lack wird nicht mehr in der Lackierpistole zerstäubt, d.h. in Tropfen unbekannter Größe und Richtung zerteilt. Vielmehr werden durch die sehr kurze Öffnungszeit der neu entwickelten Düse definierte Lacktropfen erzeugt. Der Nutzen der Innovation liegt vor allem in der Ressourcen-Effizienz. Die aufwendigen Maßnahmen zur Entfernung des Lacknebels können deutlich reduziert werden, es wird Lackmaterial eingespart, und durch den entfallenden Overspray ist eine Entsorgung von Lackschlamm nicht mehr erforderlich.



3. Preis

RIBOLUTION – Identifizierung neuartiger RNA-basierter Biomarker für die molekulare personalisierte Diagnostik

Von Christopher Laske, Mario Bott, Andreas Traube, Klaus Fischer, Holger Saal, Christoph Fischer und Benjamin Schulz

Das Fraunhofer RIBOLUTION-Konsortium hat eine umfassende dreistufige Screening-Pipeline zur systematischen Erforschung von RNA-Biomarkern entwickelt. Die Entwicklungspipeline adressiert alle Anforderungen an eine erfolgreiche Etablierung des Biomarkers am Markt: Validierung, Qualitätssicherung, Entwicklungskosten und -zeit sind hierbei von herausragender Bedeutung. Die interdisziplinäre Vernetzung von Biologen des Fraunhofer Institutszentrums und Ingenieuren des Fraunhofer IPA in RIBOLUTION hat es ermöglicht, mit Hilfe einer High-throughput-Analytik im Nanolitermaßstab die Prozessvolumina und somit auch Kosten im Vergleich zu konventionellen Methoden drastisch zu reduzieren (ca. 90 %).



Die Miniaturisierung der Prozesse ermöglicht eine starke Parallelisierung (es können 1536 Proben parallel verarbeitet werden) und Flexibilisierung für den Forscher und Kunden auf kompaktem Raum. RIBOLUTION setzt bei der Integration und Vernetzung der Geräte konsequent auf die Verwendung SiLA-kompatibler Geräte und Gerätetreiber (SiLA: Standardization in Laboratory Automation). SiLA ermöglicht durch eine standardisierte Kommunikationsschnittstelle die schnelle und einfache Vernetzung von Anlagenkomponenten. Dies eröffnet weitreichende Innovationsräume für zukünftige Automatisierungslösungen.

Die Preisträger mit Juroren und Organisator des Innovations- und Gründertags (v. l. n. r.): Dr. Oliver Tiedje, Dr. Jochen Schließer, Wolfgang Niemeier, Dr. Wolfgang Rauh, Prof. Rolf Dieter Schraft, Dr. Michael Hilt, Chris Schaeffer, Christopher Laske, Mario Bott, Dr. Urs Schneider, Andreas Traube, Dr. Oliver Schwarz und Prof. Thomas Bauernhansl.

Kompakte Ultraschall-Prüfanlage für Eisenbahnräder

Fraunhofer IPA entwickelt neuartiges Prüfsystem für den Einsatz in der mittelständischen Fertigung

Eisenbahnräder sind Hochtechnologieprodukte, die härtesten Anforderungen standhalten müssen. Schon der geringste Fehler kann fatale Folgen haben. Entsprechend hoch sind die Qualitätsansprüche bereits in der Fertigung: Ohne umfangreiche und dokumentierte Prüfungen kann auf dem europäischen Markt kein Eisenbahnrad mehr ausgeliefert werden. Das Fraunhofer IPA hat aus seiner langjährigen Expertise in Prüfsystemen für den Bahnverkehr für einen mittelständischen Lohnfertiger von Eisenbahnrädern eine neuartige Ultraschall-Prüfanlage entwickelt, die hinsichtlich Kompaktheit, Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und nicht zuletzt Anschaffungspreis optimal auf die Arbeitsbedingungen in einem mittelständischen Fertigungsbetrieb zugeschnitten ist.

In den letzten anderthalb Jahrzehnten hat das Fraunhofer IPA eine Reihe von RWI-Prüfanlagen – »RWI« steht für »Rail Wheel Inspection« – entwickelt. Zwei davon wurden in Deutschland ausgeliefert, vier weitere stehen in Russland. Diese Großanlagen sind für den Einsatz in der Großindustrie optimiert, um Wartungen im laufenden Einsatz mit Taktzeiten von rund einer Minute pro geprüftem Rad schnell, präzise und sicher durchzuführen. Die neuentwickelte Anlage baut auf den dabei erarbeiteten Technologien und Standards auf, ist aber bei einem mittelständischen Unternehmen im Einsatz, das Eisenbahnräder im Lohnauftrag endbearbeitet und die Einzelräder vor der Auslieferung zuverlässig prüfen muss.

Die Zugänglichkeit der Ultraschall-Prüfköpfe, die zum Teil im Wasserbad verfahren, ist ein entscheidender Faktor, um diese einzurichten und wenn nötig austauschen zu können. Die bisher realisierten Anlagen brauchen dafür große Becken und haben entsprechenden Platzbedarf; in der neuentwickelten Anlage sorgt die kompakte Bauweise dafür, dass die eingesetzte Ultraschall-Sensorik gut erreichbar bleibt und trotzdem die räumlichen Verhältnisse in einer mittelständischen Fertigungshalle nicht überfordert.

Flexibles und benutzerfreundliches Prüfkonzzept

In der Prüfanlage wird eine Vielzahl von Ultraschallsensoren eingesetzt, die als Einzelprüfköpfe angeordnet sind, wobei von diesen auch mehrere parallel laufen können. »Das erhöht zwar den steuerungstechnischen Aufwand, macht die Anlage aber zugleich flexibler und damit benutzerfreundlicher«, erläutert Projektleiter Jürgen Goetz.

Geprüft werden Lauf- und Stirnfläche des Radkranzes sowie die Nabe; Prüfungen von Teilen der Radscheibe sind in dieser Konfiguration nicht verlangt. An die Radnabe werden die Sensoren beidseitig über Kontakttechnik angekoppelt. Bei der Prüfung steht das Rad senkrecht und wird durch verfahrenbare Führungsrollen automatisiert in Position gehalten; Näherungssensoren und -schalter überwachen die exakte Radposition in der Anlage und verhindern Fehlbedienungen und Kollisionen. Sind die Prüfköpfe positioniert, wird das Radvolumen in Prüfspuren »wie bei einem Plattenspieler« gescannt. Je mehr Ultraschallsensoren im Einsatz sind, desto weniger oft muss das Rad dafür gedreht werden; im Schnitt reichen rund 30–50 Umdrehungen für die komplette Prüfung. Überprüft wird die korrekte Funktion der Prüfköpfe über ein Testrad mit definierten Fehlern, die zu Schichtbeginn und Schichtende exakt erkannt und angezeigt werden müssen.

Unkomplizierte Anpassung an unterschiedliche Radsatz-Typen

Dank der vielfältigen Sensorik ist die Anpassung der Anlage an unterschiedliche Radsatz-Typen unkompliziert. Jeder Radtyp muss einmal eingelernt und die Verfahrenswege definiert werden; danach entsteht kein Umrüstaufwand mehr, der jeweilige Radsatztyp wird vor dem Prüflauf elektronisch an das Prüfsystem übermittelt und das zugehörige Prüfprogramm automatisch geladen. Für den flexiblen Einsatz im mittelständischen



dischen Betrieb ein enormer Vorteil: Räder mit Durchmessern von 630 bis 1250 mm und bis zu 650 kg Gewicht können ohne Umbau lediglich durch Anpassung der Prüfprogramme in der Anlage untersucht werden.

Nach der Prüfung werden erkannte Fehlerstellen mit Druckluft getrocknet und farblich markiert. Das eigens entwickelte Prüfprogramm erfasst und dokumentiert sämtliche Fehler und Prüfergebnisse. Die bedienerfreundliche PC-Benutzeroberfläche des Programms zeigt die Resultate schnell und übersichtlich an.

»Die reine Taktzeit ist bei dieser Anlage, deren Konzept auf Einsatzvariabilität, Bedienerfreundlichkeit und geringen Platzbedarf optimiert ist, weniger entscheidend, hat aber noch Steigerungspotenzial«, so Jürgen Goetz. Die nächste taktzeitoptimierte Großanlage, die am Fraunhofer IPA konzipiert wird, wird auf jeden Fall von den Weiterentwicklungen der mit den Partnern GMH Prüftechnik und dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart realisierten, mittelstandsgerechten Kompaktanlage profitieren.

Kontakt

Dipl.-Ing. Jürgen Goetz
Telefon +49 711 970-3619
juergen.goetz@ipa.fraunhofer.de

Den Film zur Ultraschall-Prüfanlage finden Sie auf unserem YouTube-Kanal.



Messen

Analytica – 1. bis 4. April 2014

24. Internationale Leitmesse für Labortechnik, Analytik, Biotechnologie und Analytica Conference
Messe München | Halle A1, Stand 530

Themen und Exponate
BeadTRAP

Kontakt

Axel Storz | Telefon +49 621 17207-366
axel.storz@ipa.fraunhofer.de

OTWorld – 13. bis 16. Mai 2014

Orthopädie + Reha-Technik
Messe Leipzig | Halle 1 Stand C34

Themen und Exponate

Aktives Prothesenknie | Additive Prothesen

Kontakt

Felix Starker | Telefon +49 711 970-3644
felix.starker@ipa.fraunhofer.de

Hannover Messe – 7. bis 11. April 2014

Messe Hannover | Halle 13, Stand C10

Kontakt

Daniela Goller | Telefon +49 711 970-1602
daniela.goller@ipa.fraunhofer.de

Themen und Exponate

Energieeffizienz/Smart Energy | Elektrische Speicher

PaintExpo – 8. bis 11. April 2014

5. Internationale Leitmesse für industrielle Lackiertechnik
Messe Karlsruhe

Kontakt

Huu Tuan Nguyen | Telefon +49 711 970-1605

Vorschau auf Interaktiv 2|2014

Transparenz und Offenheit ermöglichen neue Wege

Ideale der Offenheit und Zusammenarbeit, unterstützt durch das Internet der Dinge, werden Organisation, Innovation und Wertschöpfung vollkommen verändern. Im vierten Beitrag seiner Interaktiv-Serie erklärt Thomas Bauernhansl wie.

Fraunhofer IPA auf der Messe Automatica 2014 in München

Lesen Sie im nächsten Heft, welche Themen und Exponate wir präsentieren.

Zukunftsbranchen

Der Geschäftsfeldleiter Michael Lickefett wird das Geschäftsfeld »Maschinen- und Anlagenbau« am Fraunhofer IPA vorstellen.

Impressum

interaktiv 1|2014 | Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA

Herausgeber:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

Marketing und Kommunikation | Leitung: Dr. Kai Kohler | kai.kohler@ipa.fraunhofer.de

Redaktion:

Fred Nemitz (fdn), Dipl.-Journ. Laura Pizzolante M. A. (lap), Dr. Birgit Spaeth (bjs), Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion), Christine Sikora-Bachri (Bild und Produktion)

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

Redaktionelle Mitarbeit:

Kathrin Gaiser, Klaus Jacob, Désirée Lempart, Michaela Neuner

Fotos: Rainer Bez | Heike Quosdorf

Druck: GO Druck Media Verlag GmbH & Co. KG

Bestellservice:

Telefon +49 711 907-1607

marketing@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/Bestellservice_Interaktiv.1971.0.html



Einsendeschluss für Bewerbungen ist der 1. Mai 2014.

<http://oberflaeche.ipa.fraunhofer.de>





Instrumente in Perfektion

Wir informieren Sie gerne über unser umfangreiches Programm an Hochfrequenzchirurgie-Geräten mit Zubehör, Mikronahtmaterial, Implantate sowie über unsere mikrochirurgischen Instrumente.

We would be happy to inform you about our wide range of electrosurgery units and accessories, micro sutures, implants as well as our microsurgical instruments.

MEDICA Halle 10, Stand G 06



www.micromed.com

Micromed Medizintechnik GmbH
Eisenbahnstr. 84
D-78573 Wurmlingen

Tel +49 7461 96 48 55 21
Fax +49 7461 96 48 55 95

info@micromed.com
www.micromed.com