

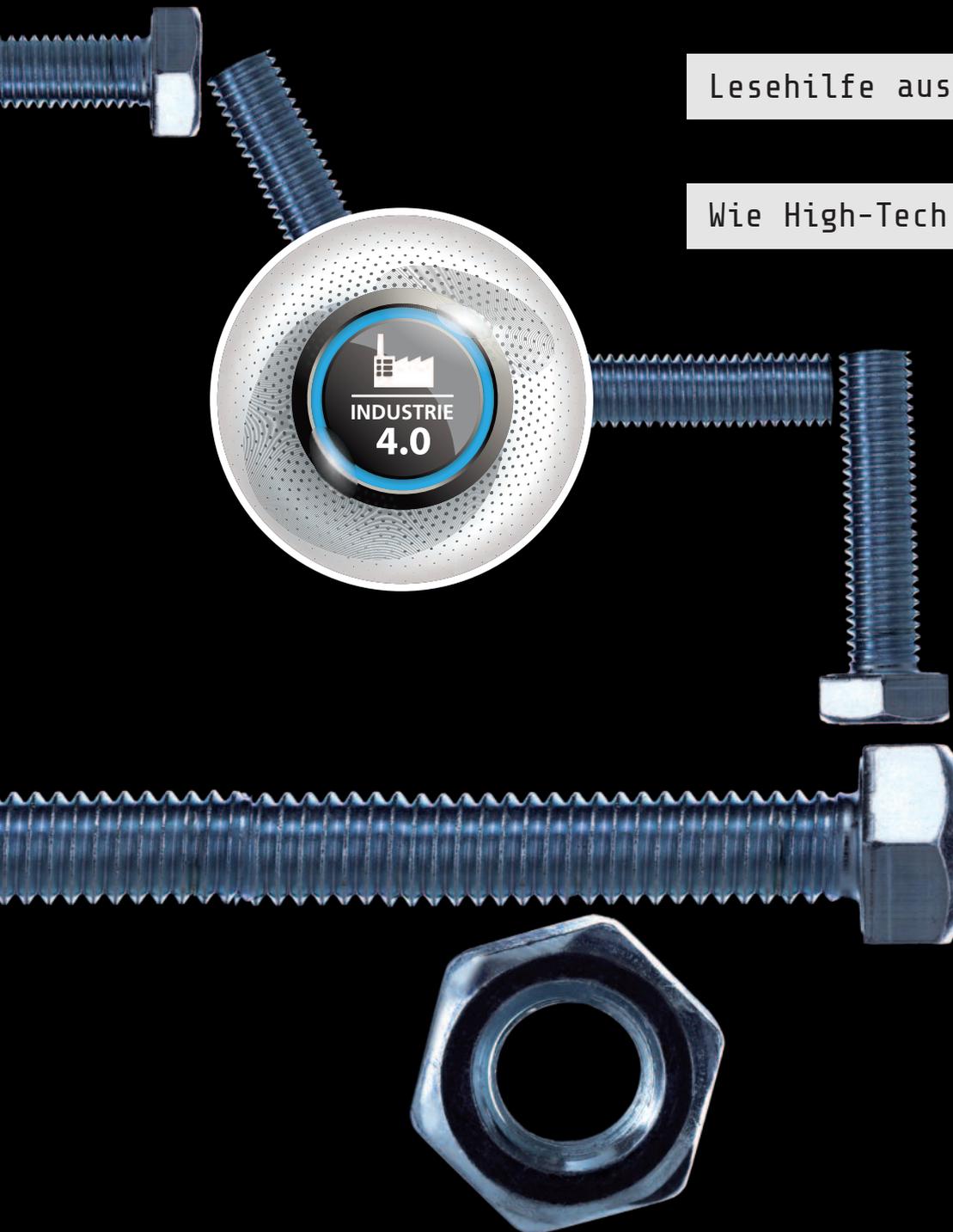
# interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | AUSGABE 1.2018

Autobau im Umbruch

Lesehilfe aus dem 3D-Drucker

Wie High-Tech frugal wird





Konferenz

# SMARTE MASCHINEN IM EINSATZ KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER PRODUKTION

15. Mai 2018

Fraunhofer IPA, Stuttgart

Seien Sie dabei, wenn führende Vertreter von Google, Siemens, IBM, dem KIT und Fraunhofer IPA Lösungssätze und Prognosen vortragen.

Jetzt anmelden unter  
[www.industrie.de/kuenstliche-intelligenz](http://www.industrie.de/kuenstliche-intelligenz)

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Leserinnen und Leser,

das Frühlingsheft des Interaktiv nimmt sich anlässlich des »18. Internationalen Stuttgarter Symposiums Automobil- und Motorentechnik« am 13. und 14. März unsere wichtigste Kernbranche vor: Die deutsche Automobilproduktion ist zweifellos die innovativste der Welt. Es werden in den kommenden Jahren hier neue Strukturen einziehen, die diese tragende Säule unserer Volkswirtschaft revolutionieren. Im Vordergrund steht die Vernetzung des Autos selbst, wichtige Stichworte sind dabei Digitalisierung, Elektrifizierung, autonomes Fahren und Mobilität als Service. Dies führt selbstverständlich auch zu neuen Produktionsstrukturen. Neue Software ermöglichen Freiheiten, die genutzt werden können, um die Produktion noch effizienter, robuster und individueller zu machen. Vernetzung, smarte Sensorik und künstliche Intelligenz werden den Automobilbau nach hundert Jahren in vielen Feldern von Band und Takt befreien. In der Forschungsfabrik der ARENA2036 wird dies bereits umgesetzt. Auf dem gemeinsamen internationalen Symposium des Forschungsinstituts für Kraftfahrzeugwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS und des Fraunhofer IPA erhalten Sie – quer durch alle Automotive-Fachgebiete – Informationen aus erster Hand über die aktuelle Forschung aus der Region Stuttgart. Dabei werden sowohl das Produkt Automobil als auch dessen innovative Produktion adressiert.



In dieser Ausgabe haben wir einiges dazu aus dem Hause IPA zusammengestellt. Das behandelte Themenspektrum reicht von den neuen, revolutionären Produktionsstrukturen über die Ergonomie und die Lackiertechnik bis hin zu den dafür notwendigen kognitiven Maschinen.

Maschinelle Lernverfahren unterstützen immer mehr Experten bei ihrer Arbeit. Die Möglichkeiten, aus Produktions- und Prozessdaten zu lernen, werden für zahlreiche industrielle Applikationen immer intensiver genutzt. So beschäftigt sich beispielsweise das IPA-Forschungsprojekt DeepGrasping mit der Anwendung maschineller Lernverfahren für den sich selbst optimierenden Griff in die Kiste zur Vereinzelung von Werkstücken.

Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz von Lackierprozessen arbeitet das Fraunhofer IPA an digitalen Verfahren wie die lastabhängige Anlagensteuerung oder numerische Simulation. Damit werden die Energieeinsätze enorm reduziert. In diesem Heft stellen wir u. a. ein Projekt vor, das sensorische Phänomene aus der Natur auf technische Oberflächen überträgt und dadurch multifunktionale biomimetische und sensorbionische Systeme ermöglicht. Nur eines der zahlreichen Beispiele für die sogenannte »Biologische Transformation« der Produktionstechnik, die wir zur Zeit mit großem Elan vorantreiben.

Viel Freude und interessante Einblicke auf dem Internationalen Stuttgarter Symposium und beim Lesen dieses Heftes wünscht Ihnen

Ihr Thomas Bauernhansl

Veranstalter

**konradin**  
mediengruppe

Kooperationspartner

**Fraunhofer**  
IPA

Schirmherrschaft

  
Baden-Württemberg  
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND HOCHSCHULEN



10

### Autobau im Umbruch

Mit der Digitalisierung, verschiedenen Antriebsarten und dem autonomen Fahren verändert sich nicht nur das Automobil. Auch seine Produktion wird eine andere. Vernetzung, smarte Sensorik und künstliche Intelligenz werden Takt und Band ablösen.



33

### »Ein altes Haus neu aufbauen«

Mit frugalen Stoffaufbereitungsmaschinen erobert Voith Paper die Marktführerschaft zurück. Im Gespräch mit Interaktiv verraten Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA, Andreas Heilig und Hans-Ludwig Schubert, beide Voith Paper, worauf es bei »frugal« ankommt.



26

### Lesehilfe aus dem 3D-Drucker für Sehbehinderte

Das Smartphone wird wie eine Brille getragen. Damit ist Zeitungslesen auch für hochgradig sehbehinderte Personen kein Problem mehr. Und das beste dabei: das Aufnahme-gestell kann ausgedruckt und die Leseapplikationssoftware ebenso wie die 3D-Datensätze aus dem Netz heruntergeladen werden.



44

### Wackelpudding mit Gedächtnis

Mit einem neuartigen Mess- und Auswerteverfahren ist es erstmals möglich, für alle Lacke das Laufverhalten aus den Lackeigenschaften vorherzusagen. Bei der Entwicklung eines Lacks können mit dem Verfahren durchschnittlich 15 Prozent Entwicklungszeit und 150000 € Entwicklungskosten eingespart werden.

## Editorial

von Thomas Bauernhansl

3

## Plattform

Nachrichten und Notizen

6

## Titel

Autobau im Umbruch

10

Studie: Digitalisierung nimmt Fahrt auf

15

## FuE

Die wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft  
Die Automobilproduktion wird intelligent und vernetzt

16

18

## Interview

mit Prof. Michael Bargende: »Wir wollen und brauchen kompliziert«

20

## FuE

Zukunft der automobilen Oberfläche

24

## Blickpunkt

Lesehilfe aus dem 3D-Drucker für sehbehinderte Menschen

26

## FuE

Entlastung des Menschen in der Produktion  
Auf dem Weg zur digitalen Beschichtung

28

30

## Im Gespräch

mit Andreas Heilig und Hans-Ludwig Schubert, Voith Paper, und Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA, über frugale Produkte und Produktion

32

## FuE

Installation und Programmierung von Robotersystemen vereinfacht

37

## Industrie 4.0

Produktupdate: Kommunikations-Tool »FlexNote« greift auf Maschinensteuerung zu  
Wissen, was wichtig ist  
Komplexe Analysen auf Knopfdruck  
IT-Tool macht Maschinendaten sichtbar

38

40

41

42

## FuE

Verlaufsvorhersage für handelsübliche Lacke  
Online-Plattform zeigt nachhaltigen Produktlebenszyklus  
Laborplanung leicht gemacht  
Smarte Rollstühle, vorausschauende Prothesen  
Vollautomatisierter Virusnachweis in der Blutspende

44

46

47

48

49

## Impressum

50

## Michael Hilt ist neuer CSI-Präsident



Dr. rer. nat. Michael Hilt

Seit 1. Januar 2018 ist Michael Hilt, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IPA und Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e.V. (FPL), Präsident des Verbands »Coatings Societies International« (CSI). Die im Jahr 1986 gegründete Organisation führt nationale und internationale Personenvereinigungen auf dem Gebiet Beschichtungstechnik weltweit zusammen. Das satzungsgemäße Aufgabengebiet bezieht sich thematisch auf Beschichtungsstoffe und deren Bestandteile (Bindemittel, Pigmente, Additive, Lösemittel) sowie verwandte Themen wie Druckfarben, Oberflächenvorbehandlung oder auch Klebstoffe. »CSI als Sprachrohr vieler weltweit verteilter Personenverbände des faszinierenden Fachgebiets Beschichtungstechnologie vertreten zu dürfen, ist mir eine große Ehre und mit einem großen Vertrauensvorschuss verbunden. Zusammen mit einigen begeisterten Mitstreitern werde ich versuchen, die Zusammenarbeit und den Zusammenhalt innerhalb CSI zu intensivieren, um dadurch eine Basis für weitere internationale Kontakte und zu Firmenverbänden der Branche zu schaffen«, so Hilt.

## Rohstoffeffizienz-Preis 2017 für oversprayfreies Lackierverfahren



V.l.n.r.: Matthias Machnig, BMWi, Dr. Oliver Tiedje, Fraunhofer IPA, Walter Hertfelder, Hertfelder GmbH, und Prof. Ralph Watzel, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), bei der Preisverleihung.

Am 25. Januar 2018 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die Preisträger des Deutschen Rohstoffeffizienz-Preises 2017 in Berlin ausgezeichnet. Unter den vier Gewinnern ist auch das Fraunhofer IPA, das zusammen mit der Hertfelder GmbH für ein Projekt zur oversprayfreien Zweifarbenlackierung von Spiegelgehäusen geehrt wurde.

Bei dem ausgezeichneten Verfahren werden Tropfen in definierter Größe erzeugt und zielgenau appliziert. Hierfür haben die Experten einen 6-Achs-Roboter mit einem Piezo-Ventil kombiniert. Die Parameter für die Öffnungs- und Schließbewegungen des Ventils wurden so optimiert, dass gezielt Einzeltropfen erzeugt werden. Diese lassen sich nutzen, um Flächen, Linien oder Punkte in der Lackierung zu realisieren. Überschüssiger Lacknebel wird vermieden und Lackverluste vollständig eliminiert.

Gemeinsam mit der Hertfelder GmbH haben die Experten die Technik dazu genutzt, Spiegelgehäuse von Fahrzeugen beispielsweise mit Linien zu verzieren, ohne die Objekte abzuleben. Die neue Technologie schont nicht nur die Umwelt, sondern leistet auch einen Beitrag zur Produktpersonalisierung. In Zukunft sollen sich damit selbst Mehrfarblackierungen in hoher Präzision umsetzen lassen. IPA-Gruppenleiter Oliver Tiedje nahm den Preis von Staatssekretär Matthias Machnig in Berlin entgegen.

## Farben und Lacke auf Basis von Kartoffelstärke



Soll eine Fläche vor Korrosion geschützt werden, geschieht dies in 80 Prozent aller Fälle durch eine Beschichtung mit Farben oder Lacken. Dabei ist der Anteil biobasierter, umweltfreundlicher Lösungen verschwindend gering.

Forschende des Fraunhofer IAP haben sich in Kooperation mit dem Fraunhofer IPA dieser Lücke angenommen und entwickeln eine kostengünstige Beschichtung auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Im Mittelpunkt der Forschung: Kartoffelstärke.

## Aufbau einer Forschungsstation in Thailand



In dem seit August 2017 laufenden Projekt »Energieeffizienz elektrochemischer Beschichtungsprozesse und -anlagen«, kurz »ECOPLATE«, arbeitet das Fraunhofer IPA in Kooperation mit der Chulalongkorn Universität in Bangkok am Aufbau einer Forschungsstation, die räumlich am Metallurgy and Materials Science Research Institute (MMRI) der Chulalongkorn Universität angesiedelt wird. Der Grundstein für eine enge Zusammenarbeit mit den besten Institutionen Asiens im Bereich Oberflächentechnik und Materialwissenschaften dient dazu, mit dem Partnerland Thailand gemeinsame Forschungsprojekte aufzubauen sowie verstärkte Kooperationen zu ermöglichen. »Durch regelmäßige Vor-Ort-Aufenthalte entsteht eine kontinuierliche Arbeitsbasis und enge Zusammenarbeit«, sagt der Leiter des Projekts, Martin Metzner, vom Fraunhofer IPA. ECOPLATE wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Richtlinie zur Förderung von Konzeptions- und Vorbereitungsmaßnahmen zur Etablierung gemeinsamer Forschungspräsenzen mit Partnern in Australien, China, Indien, Indonesien, Japan, Republik Korea, Malaysia, Neuseeland, Singapur, Thailand, Vietnam gefördert.

## Bewerbungsaufakt zum Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis 2018

Das Fraunhofer IPA vergibt im Jahr 2018 bereits zum sechsten Mal den Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis »DIE OBERFLÄCHE«. Die Auszeichnung prämiiert innovative Anwendungen und Technologien innerhalb aller Disziplinen der Oberflächentechnik. Die Verleihung findet am 5. Juni im Rahmen der internationalen Fachmesse Surface Technology Germany in Stuttgart statt. Die Bewerbungsphase hat bereits begonnen und endet am 18. April.

Informationen und Bewerbung:

[https://www.ipa.fraunhofer.de/de/ueber\\_uns/IPA-Innovationspreise/die-oberflaeche.html](https://www.ipa.fraunhofer.de/de/ueber_uns/IPA-Innovationspreise/die-oberflaeche.html)





Care-O-bot® 4 interagiert mit Menschen. Hier begrüßt er die Kunden beim Elektronik-Einzelhändler Saturn und führt sie durch das Geschäft.

## Sensible Roboter

Assistenzroboter zu entwickeln, die wissen, worauf ihr menschliches Gegenüber seine Aufmerksamkeit richtet – das ist das Ziel des Projekts »ASARob«. Die beteiligten IPA-Forscher erfassen dafür die Umgebungsinformationen, die für die Analyse des Nutzerverhaltens relevant sind. Care-O-bot® 4 soll zum Beispiel Gegenstände detektieren, mit denen der Nutzer interagiert oder interagieren könnte. Diese Informationen soll der Roboter nutzen, um entsprechende Unterstützung anzubieten. Dabei sollen seine Arme nicht nur Gegenstände reichen oder entgegennehmen, sondern es soll auch untersucht werden, inwiefern sie zur Aufmerksamkeitssteuerung eingesetzt werden können.

## Servicerobotik zur individuellen Unterstützung im Alter



Trotz unvollständiger oder widersprüchlicher Informationen soll Care-O-bot® 4 alltägliche Handhabungsaufgaben sicher ausführen können.

Mensch und Roboter als Team, das gemeinsam den Alltag älterer Personen meistert: Mit diesem Ziel ist im Sommer das Forschungsprojekt »RoPha« gestartet. Unter der Koordination des Fraunhofer IPA sollen die Technologien für Serviceroboter so weiterentwickelt werden, dass sie alltägliche Handhabungsaufgaben sicher ausführen können. Die Herausforderung dabei: Die Informationen über private Lebensräume sind komplex und ändern sich oft dynamisch. Sie können unscharf, unvollständig oder widersprüchlich sein. Damit der Roboter seine Aufgaben trotzdem korrekt auszuführen kann, verfolgen die Forscher den Ansatz, dass der Mensch mit dem Roboter interagiert und über Sprachkommandos weitere Informationen bereitstellt. Diese soll der Roboter verstehen und in angemessene Aktionen umsetzen.

## Sepsis-Früherkennung durch Point-of-Care-Diagnostik

Die Häufigkeit einer Blutvergiftung, Sepsis genannt, hat sich in den Industrieländern in den letzten zehn Jahren verdoppelt. Alle fünf bis sechs Sekunden verstirbt ein Mensch daran. Allein Deutschland zählt jährlich 70 000 Todesfälle. Neben unermesslichem menschlichen Leid stellt die Sepsis mit direkten und indirekten Kosten von zwölf Milliarden Euro pro Jahr auch eine gesundheitsökonomische Herausforderung dar. Die frühzeitige Unterscheidung einer Sepsis von anderen Erkrankungen mit ähnlichen klinischen Symptomen und die schnelle Kontrolle des Therapieerfolgs sollen zu einer nachhaltigen Verbesserung der Situation führen. Entsprechend hat sich das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Verbundprojekt »SEPTOMETER« zum Ziel gesetzt, eine Blutvergiftung und deren Verlauf aus einer Blutprobe zu diagnostizieren. Dabei erforschen die beteiligten Partner, darunter die Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB des Fraunhofer IPA, die kostengünstige Detektion von Biomarkerkandidaten, die in Zukunft an kritischen Stellen in der Sepsis-Früherkennung und -Behandlung eine wichtige Rolle spielen könnten.

## SWR-Fernsehen sendet »Die Übermorgen-Macher«

Was braucht die Produktion der Zukunft? Pragmatismus, Kreativität und Mut – so schreibt es das Fraunhofer IPA auf seiner Website. Aber woran genau forschen die Wissenschaftler in Stuttgart-Vaihingen? Um das herauszufinden, haben SWR-Autor Claus Hanischdörfer und sein Team zehn Tage am Institut gedreht. Herausgekommen ist eine 30-minütige Dokumentation über die Forschungsarbeiten am IPA. Gezeigt werden Virtual-Reality-Brillen für die Fabrik, Exoskelette in der Produktion oder die Herstellung personalisierter Hautcreme. Der Film wurde am 24. Januar erstmals in der Sendereihe »made in Südwest« beim SWR ausgestrahlt. In der ARD-Mediathek ist er für ein Jahr verfügbar.



## Studie: Anforderungen künftiger diagnostischer Labore

Die klinische Diagnostik erfährt derzeit einen starken Umbruch. Neue Technologien werden in Zukunft eine größere Rolle im Zentrallabor spielen als bisher. Dadurch bietet sich die große Chance, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und Wachstum zu generieren. Die Unternehmensberatung Homburg & Partner führte in Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB eine aktuelle Studie zu der zukünftigen Rolle des Zentrallabors und möglichen Wachstumsfeldern durch. Die Studie basiert auf einer Online-Befragung mit Fokus auf Zentrallaboren in öffentlichen Krankenhäusern mit mittlerer und hoher Bettenzahl. Sie beleuchtet nicht nur die technologischen Anforderungen an ein Zentrallabor, sondern setzt sich auch mit den konzeptionellen Fragestellungen wie Kostenerstattung, Kriterien für die Implementierung von neuen Technologien und der Auswahl von geeigneten Herstellern auseinander. Dadurch wird ein globales Anforderungsprofil für ein zukunftssträchtiges diagnostisches Labor gezeichnet.

Weitere Informationen: Christian Reis | Telefon +49 621 17207120 | christian.reis@ipa.fraunhofer.de

## Riechen, wie's läuft

**Gasanalysemethoden für diagnostische Zwecke mit über 500 000 € gefördert**

Jeder biologische Organismus sondert Substanzen ab, darunter auch Gase. Deren Zusammensetzung lässt Rückschlüsse auf seinen Gesundheitszustand zu. Bemerkbar machen sich zum Beispiel die Ernährung, Medikamente sowie Infektionen. Diesen »Geruch« des Organismus kann man mit hochsensitiven Geräten detektieren und analysieren. In einem im Jahr 2018 gestarteten Forschungsprojekt untersucht das Fraunhofer IPA, wie sich mit modernen Methoden der Spurengasanalyse Diagnostik betreiben lässt. Betrachtet werden biologische Prozesse wie die Herstellung von biologisch produzierten Arzneimitteln, aber zum Beispiel auch die Analyse des Atems. Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg fördert das Projekt bis Ende November 2019 mit mehr als 500 000 €.

Kontakt: Dr. Jens Langejuergen | Telefon +49 621 17207187 | jens.langejuergen@ipa.fraunhofer.de

# Autobau im Umbruch

Das Auto hat sich in atemberaubendem Tempo verändert. Wer vor zwanzig Jahren zuletzt hinter dem Steuer saß, würde bei einer Probefahrt staunen. Er fühlte sich fast wie in einem Flugzeug-Cockpit: Lenkrad und Armaturenbrett voller Knöpfe, Schalter und Displays, immer wieder piepst oder blinkt es. Die elektronischen Helfer haben aus dem herkömmlichen Fahrzeug mit Motor, Getriebe und Karosserie eine Art Computer auf Rädern gemacht. Und die Zukunft verspricht für die Autoschmieden noch erheblich turbulenter zu werden. Nachdem die Auflagen an den Ausstoß von Schadstoffen im Abgas immer strenger wurden, steht nun der Verbrennungsmotor selbst zur Disposition. Autos mit neuen Antriebsformen drängen auf den Markt, vom Elektro-, Erdgas- und Hybridfahrzeug bis zum Brennstoffzellenwagen. Daneben sollen neue Werkstoffe das Auto leichter machen. Und nicht zuletzt kommt das autonome Fahren viel schneller auf die Straßen, als Experten noch vor fünf Jahren prophezeiten. Längst ist eine ganze Flotte von Testfahrzeugen unterwegs. Dies verändert auch die Art und Weise, wie wir Autos nutzen, grundlegend.

## Antriebsvielfalt verunsichert den Markt

Die Fabriken, in denen die Autos entstehen, müssen mit diesem horrenden Innovations- und Wandlungstempo Schritt halten. Das ist umso schwieriger, als die Unternehmer nicht wissen, wie sich der Markt entwickelt, ob sich das Elektroauto durchsetzt oder weiterhin Verbrennungsmotoren gefragt sind, ob sie auf die Brennstoffzelle setzen sollen oder auf Hybride. Dabei erfordert jede Antriebsform andere Herstellungsverfahren. Doch eines steht fest: Mit den herkömmlichen Produktionsmethoden sind die Herausforderungen kaum zu schaffen. »Da ist in den nächsten zehn bis zwanzig Jahren unglaublich viel Musik drin«, beschreibt Thomas Dietz die Situation. Der studierte Maschinenbauer verantwortet beim Fraunhofer IPA das Geschäftsfeld »Automotive«, das sich vor allem mit neuen Technologien zur Produktion von Autos beschäftigt.

## Invariante Produktionsstruktur

Strukturell geht es in den Produktionshallen von VW, Daimler und Co noch ähnlich zu wie zu Henry Fords Zeiten – trotz vieler



Roboter. Da gibt es das Pressenwerk, wo mit gewaltigen Kräften Metallbleche zu Kotflügeln, Motorhauben und anderen Teilen geformt werden. Anschließend fügen im »Rohbau« Heerscharen von Robotern die Teile zur Karosserie zusammen. Dann wird lackiert, bevor schließlich mit der

»Montage« das Kernstück der Fabrik folgt. Hier setzen Arbeiter die Einzelteile zu einem kompletten Auto zusammen, feiern auch die »Hochzeit«, wenn sie die Karosserie mit dem Motor und dem Antriebsstrang zusammenführen. Roboter findet man in der Montage kaum, weil sich der Mensch für filigrane Aufgaben wie das Zusammenstecken von losen Kabeln oder das Eindrehen von Schrauben noch immer besser eignet als die Maschine.

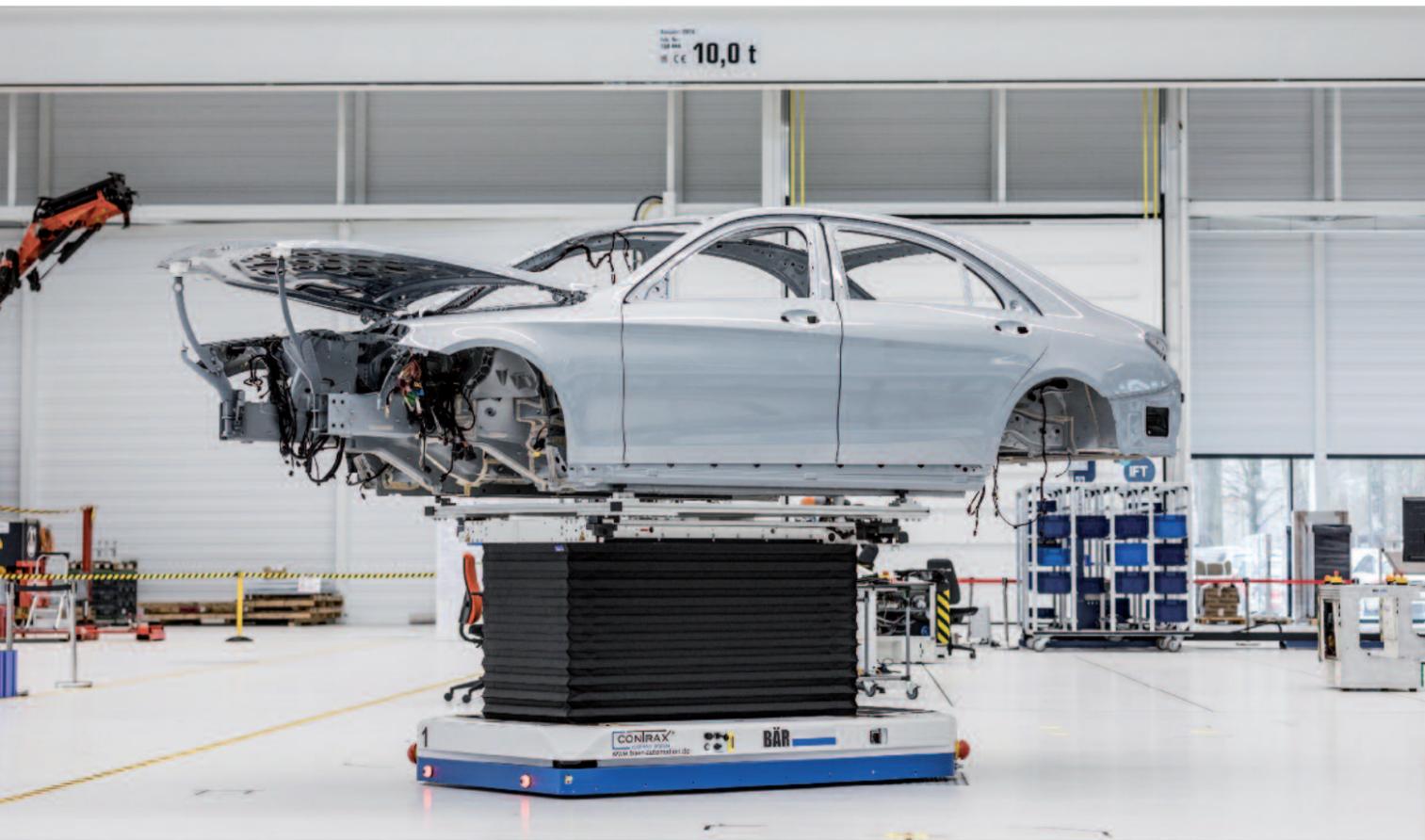
Der größte Nachteil dieser Vorgehensweise: Die heutige Fabrik ist eine Einbahnstraße ohne Überholmöglichkeiten. Jedes Fahrzeug entsteht in der immer gleichen Abfolge von Tätigkeiten – Arbeitsschritt für Arbeitsschritt. Diese Fließbandproduktion, die Henry Ford schon vor mehr als hundert Jahren eingeführt hat und die als zweite industrielle Revolution gilt, stößt heute

## Die wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft

*Mehr auf Seite 16 ff.*

an ihre Grenzen. Denn sie verzeiht kaum Fehler. Sobald es irgendwo hakt, steht das ganze Band still, und es kommt zu einem teuren Rückstau. Außerdem ist heute mehr Flexibilität gefordert als sie das klassische Band liefern kann. Die Unternehmen wollen stärker auf individuelle Kundenwünsche eingehen. Auch die immer größere Zahl an Fahrzeugmodellen und Antriebssystemen und die immer kürzeren Innovationszyklen zwingen dazu, dass sich die Fertigung rasch umstellen lässt. Vor allem aber passen die seit Jahrzehnten gewachsenen Strukturen einer Fabrik mit Pressenwerk, Rohbau, Lackierung und Montage, die im 60-Sekunden-Takt Autos ausspucken, nicht mehr zu den innovativen Fahrzeugen der Zukunft. So braucht man für eine Karosserie aus Karbon weder Pressen noch Schweißroboter. Und der behäbige 3D-Drucker, der über kurz oder lang auch beim Autobau helfen wird, hält sich nicht an feste Taktzeiten.





### Die neue Freiheit durch Fahrerlose Transportfahrzeuge

Neue Ideen, wie die Autoproduktion künftig aussehen kann, testen Wissenschaftler im Forschungscampus der Universität Stuttgart »ARENA2036«. Hier arbeiten Experten aus Wissenschaftsinstituten und Wirtschaftsunternehmen gemeinsam an der Zukunft. Zu den Partnern gehören führende Firmen wie Daimler und Bosch. In der weitläufigen Halle, die 2016 auf dem Gelände der Uni Stuttgart fertiggestellt wurde, sind bereits zahlreiche Maschinen im Einsatz. Da verkehren etwa mehrere Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) des Unternehmens Bär Automation: Gefährte, die stark genug sind, ein ganzes Auto zu tragen und an jede beliebige Stelle zu transportieren. Die Vehikel, von IPA-Navigationssoftware gelenkt, lassen das sture Fließband alt aussehen. Sie können als mobile Basis dienen, auf der ein Fahrzeug künftig zusammengesetzt wird. Vorteil: Sie fahren dorthin, wo die nächsten Arbeiten anstehen. Unnötige Produktionsstationen werden einfach umfahren. Der feste Takt wäre somit passé, die Reihenfolge der Arbeitsschritte folgte nicht mehr einer festen Vorgabe, sondern passte sich optimal den jeweiligen Erfordernissen an. Anstatt einer Einbahnstraße gäbe es mehrere Fertigungsmodule, die in beliebiger

Reihenfolge angesteuert würden. Natürlich braucht man dafür neue Steuerungsverfahren, weil die neuen Freiheiten die Produktion noch komplexer machen, als sie heute schon ist. Audi setzt bei der Produktion seines Supersportwagens R8, der in kleiner Serie entsteht, schon heute auf FTF. Künftig könnte auch der Massenmarkt davon profitieren. Und wenn erst das autonome Fahren kommt, braucht es vielleicht nicht einmal mehr ein FTF, sondern das entstehende Auto kann aus eigener Kraft das jeweilige Modul ansteuern.

## Die Automobilindustrie wird intelligent und vernetzt

Mehr auf Seite 18ff.

Von diesem Modell sind die Autobauer freilich noch weit entfernt. Derzeit benötigt jede Fahrzeuggeneration eine eigene Produktionslinie, letztlich eine eigene Fabrik. Nach rund sieben Jahren, wenn ein Modellwechsel ansteht, sind teure Aus- und Umbauten fällig. Diesen Luxus werden sich die Autobauer künftig nicht mehr leisten können. Doch mit einer modularen Produktionsform allein ist es nicht getan. Um die Fertigung flexibler zu machen, muss es auch möglich sein, die einzelnen Maschinen rasch für neue Aufgaben umzurüsten: Die Roboter müssen intelligenter werden, woran IPA-Experten seit mehr als zehn Jahren arbeiten.

### Mensch-Roboter-Kooperation

Wohin die Entwicklung geht, kann man in der Arena-Halle sehen. Da stehen etwa Roboter, die eng mit Menschen zusammenarbeiten können, ohne einen Unfall zu riskieren. Sie bleiben abrupt stehen, noch bevor der Arm oder die Hand mit ihnen in Berührung kommt. Eine Absperrung, die sonst das Terrain von Mensch und Maschine streng voneinander trennt, ist nicht mehr nötig. Das ermöglicht ein ganz neues Miteinander: Arbeiter und Roboter können parallel an demselben Werkstück arbeiten. Während der Mensch für die komplizierten Handgriffe zuständig ist, übernimmt die Maschine die stereotypen Aufgaben oder solche, die viel Kraft erfordern. Oder der Arbeiter dient lediglich als Kontrolleur.



### Lernen statt Programmieren

Ein anderer IPA-Roboter, der in der Halle steht, greift Kleinteile, die wahllos aufeinanderliegen. Mit zahlreichen Sensoren bestückt, räumt er zuverlässig die ganze Schale leer. Er muss nicht einmal beim letzten Teil aufgeben, das sich in einer Ecke versteckt hat. Diese Fähigkeit, für jedes Kleinkind eine Selbstverständlichkeit, ist bei Robotern noch die Ausnahme. »Die heutigen Maschinen können nicht auf Abweichungen reagieren«, bringt es Dietz auf den Punkt. Sie führen die immer gleichen Bewegungen aus und greifen ins Leere, wenn eine Schraube auch nur wenige Millimeter neben der Sollstelle liegt. Künftig sollen Roboter nicht nur smarter werden, sondern auch lernfähig, sodass sie sich ohne Programmierhilfe weiterentwickeln.

Zudem wird sich ihre Programmierung wesentlich vereinfachen. Wenn die Maschine heute eine andere Aufgabe erledigen soll, muss stets ein Spezialist ran, der die komplexe Maschinensprache beherrscht. Selbst kleinste Änderungen erfordern einen großen Aufwand. IPA-Experten suchen seit Jahren nach Alternativen. Sie haben etwa eine Möglichkeit gefunden, um die Maschine intuitiv zu kommandieren. Anstatt vieler Zeilen Maschinen-Code genügen einfache Befehle wie: Greife das Bauteil! So hat jeder Arbeiter den Roboter im Griff, ein Informatiker ist nicht mehr nötig. Aus diesem IPA-Ansatz ist das Unternehmen »drag&bot« hervorgegangen, das diese Software kommerziell vertreibt.

### Neue Fertigungsverfahren für den Leichtbau

Zu den großen Herausforderungen beim Automobilbau gehören auch neue Werkstoffe, wie faserverstärkte Kunststoffe und neue metallische Werkstoffe. Denn sie machen das Fahrzeug leichter und damit sparsamer, was vor allem für Elektroautos mit ihrer schweren Batterie wichtig ist. BMW fertigt für sein Elektroauto i3 die gesamte Fahrgastzelle aus Carbon. Dazu braucht es ganz andere Arbeitsschritte, Fügeprozesse und Maschinen als bei der heutigen Metall-Bauweise. So wird nicht mehr geschweißt, sondern geklebt.

### Oberflächen erhalten neue Funktionen

Die Lackiertechnik ist ebenfalls ein wichtiges Forschungsfeld, das sich ständig weiterentwickelt. Denn die Qualitätsanforderungen steigen, weil selbst kleinste Defekte in der glatten Oberfläche sichtbar sind. Außerdem werden die Umweltauflagen beim Lackiervorgang strenger. Vor allem aber arbeiten Wissenschaftler an funktionalen Oberflächen, also Lacken, die mehr können als nur glänzen und schützen. Bekannt ist der Lotus-

## Zukunft der automobilen Oberfläche

Mehr auf Seite 24ff.

Effekt, der das Wasser mitsamt dem Schmutz abperlen lässt. Noch spannender sind aktive Oberflächen. So gibt es im Laborstadium nasslackierte Beschichtungen, die leuchten, sobald eine Spannung angelegt wird. Solche Elemente könnten irgendwann Signalleuchten ersetzen. Und eine andere erstaunliche Anwendung: Man kann die Oberfläche auch als Sensor ausbilden, also gewissermaßen sensibel machen, sodass sie registriert, wenn sie verkratzt wird. Sobald sich ein Vandal am Auto zu schaffen macht, schickt der smarte Lack eine Meldung



# Digitalisierung nimmt Fahrt auf

**Eine aktuelle Studie des Fraunhofer IPA im Auftrag der IHK Region Stuttgart identifiziert aktuelle und zukünftige Industrie-4.0-Themen im Automobil- und Maschinenbau. Die Ergebnisse verdeutlichen: Fehlende Standards und Fachkräftemangel sind die größten »Sorgenkinder«, hoher Konkurrenzdruck treibt Digitalisierung der Zulieferer an, Unternehmen fokussieren sich auf die »Smart Factory« und Online-Plattformen gewinnen deutlich an Relevanz.**

Für mehr als die Hälfte der online und in Experteninterviews befragten Führungskräfte stellen fehlende Standards, Fachkräftemangel und Mitarbeiterverfügbarkeit die größten Baustellen dar. Ein eingeschränkter finanzieller Spielraum ist nur für jedes dritte Unternehmen relevant. Während die Hersteller und Zulieferer der »fehlenden rechtlichen Sicherheit« kaum Beachtung schenken (unter 30 %), sieht jeder zweite befragte Ausrüster das als klares Problem an.

Drei von vier Befragten sehen die erweiterten technologischen Möglichkeiten der Digitalisierung als wichtigsten Treiber, erwarten also einen »Technologie Push«. Einerseits ist die hohe Zustimmung sicher auf die eher technologische Prägung der Befragten zurückzuführen. Andererseits gilt aber auch hier: Kunden können bei erweiterten Möglichkeiten ihre zukünftigen Anforderungen nur bedingt formulieren. Konkurrenzdruck (56 %), externe Kundenanforderungen (51 %) sowie interne Anforderungen (38 %) sind weniger bedeutsam. Bei den Zulieferern fällt auf: Sie verspüren einerseits besonders hohen Konkurrenzdruck – auch international.

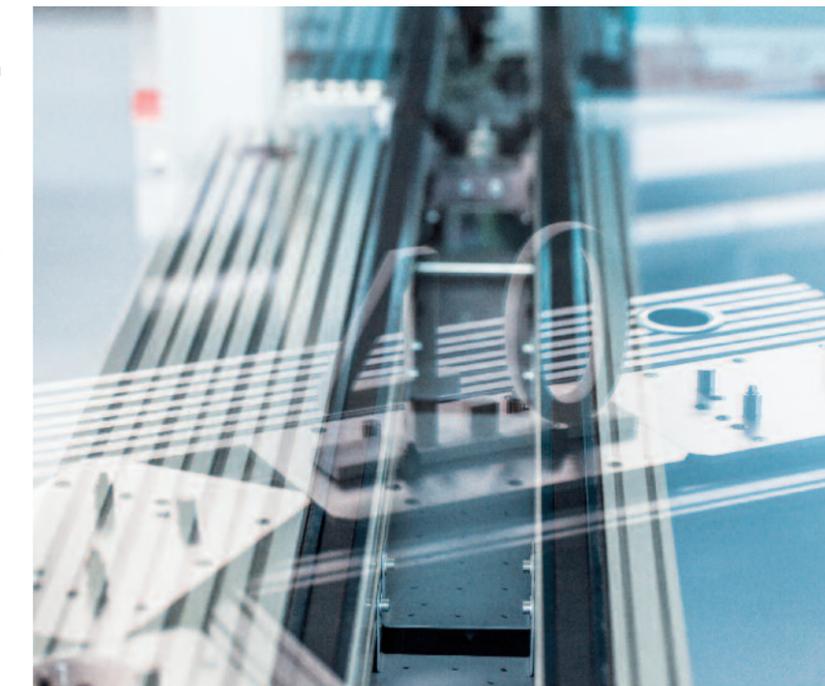
## Unternehmen fokussieren sich auf die »Smart Factory«

Auf die Frage, in welchen Geschäftsbereichen die Unternehmen vor allem Industrie-4.0-Projekte vorantreiben, ergibt sich folgendes Bild: Der Aktivitätsschwerpunkt liegt auf den Themen »Smart Factory« und »Smart Supply Chain«. Erwartungsgemäß führen hier die Hersteller und Tier-1-Zulieferer, knapp gefolgt von den Tier-2/n-Zulieferern. Die Interviews ergaben zweierlei: Einerseits betonten die Experten das hohe Potenzial einer smarten Supply Chain. Andererseits gilt die smarte Factory als interne Voraussetzung hierfür.

Außerdem wurden die Digitalisierungsstrategien analysiert. Die Ergebnisse zeigen: Höhere Variantenvielfalt, kürzere Lieferzeiten und engere Lieferfenster steigern die Komplexität der Supply Chain insgesamt. Um diese wirkungsvoll zu beherrschen, fordern die Autobauer von ihren direkten Lieferanten die Entwicklung und Herstellung kompletter Module. Außerdem setzen sie auf umfangreich digitalisierte Herstellprozesse, was sie ebenfalls von ihren Lieferanten erwarten. Als Ausblick und Fazit der Studie lässt sich sagen: Hersteller setzen auf personalisierte Produkte und neue Leistungsangebote und Zulieferer auf strategische Partnerschaften und mehr Unabhängigkeit. ■

Die Studie ist im Februar erschienen und kann kostenlos bezogen werden unter:

[www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien.html](http://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien.html)



ans Handy und aktiviert die Alarmanlage. Oder er lässt die Dashcam kurzerhand ein Foto vom Übeltäter schießen.

Auch im Innenraum können funktionale Oberflächen Aufgaben übernehmen. So könnte das Armaturenbrett zu einer Art Touchscreen werden, der zahllose Schalter und Tasten ersetzt.

IPA-Experten haben zudem eine heizbare Oberfläche entwickelt. Sie besteht aus einer hauchdünnen Schicht Carbon-Nanotubes und könnte die herkömmliche Heizfolie ersetzen, die in Sitzen eingearbeitet ist. Die innovative Carbonschicht hat den Vorteil, dass sie die Wärme sehr gleichmäßig abgibt.

## Auf dem Weg zu Fabrik 4.0

Das Ziel aller Anstrengungen ist letztlich die Fabrik 4.0. Bei ihr sind alle Maschinen und Roboter, aber auch alle Zulieferer und Kunden miteinander vernetzt, und die Produktion läuft gewissermaßen doppelt ab: Neben den realen Arbeitsschritten gibt es ein virtuelles Datenabbild, den »Digitalen Schatten«. So lassen sich stets die optimalen Arbeitsabläufe finden und man kann spontan auf Änderungen reagieren. Diese Zukunftsvision macht den Mensch keineswegs überflüssig. Allerdings wird sich seine Arbeit verändern. Zu Henry Fords Zeiten war der Arbeiter noch ein winziges Rädchen, das stets die gleichen Handgriffe erledigte. Eine Ausbildung war nicht nötig.

Doch schon seit den 1990er-Jahren hat sich die Rolle des Arbeiters gewandelt. Er soll Verantwortung übernehmen, etwa das Band bei Problemen anhalten dürfen oder Verbesserungswünsche äußern. Die Freiräume werden mit der Digitalisierung noch wachsen. Künftig wird er – dank der intuitiven Programmierung – viele Maschinen selbst kommandieren und mit Robotern ohne Schutzzaun arbeiten. Natürlich sind Tätigkeiten, die der Gesundheit schaden, tabu. In der Fabrik von morgen helfen Exoskelette den Arbeitern, ihre Gelenke und Bandscheiben zu schonen. (Mehr auf Seite 28ff.)

Viele dieser Projekte klingen wie Visionen einer fernen Zukunft. Doch das hat man noch vor wenigen Jahren auch vom autonomen Fahren gedacht – und ist von der Realität überholt worden. ■

## Kontakt

Thomas Dietz  
Telefon 49 711 970-1152  
[thomas.dietz@ipa.fraunhofer.de](mailto:thomas.dietz@ipa.fraunhofer.de)



## Kontakt

Dr.-Ing. habil. Hans-Hermann Wiendahl  
Telefon +49 711 970-1243  
[hans-hermann.wiendahl@ipa.fraunhofer.de](mailto:hans-hermann.wiendahl@ipa.fraunhofer.de)

# Die wandlungsfähige Automobilproduktion der Zukunft



*Flexible Verkettung durch  
den Einsatz von Fahrerlosen  
Transportfahrzeugen (FTF)  
anstelle starrer Fließbänder.*

Der Aufbau des Automobils hat sich in den vergangenen Jahrzehnten kaum verändert. Die Produktion einer selbsttragenden Karosserie aus metallischen Werkstoffen und der Einsatz von Verbrennungsmotoren mit dazugehörigem Antriebsstrang definieren den Produktaufbau. Durch Elektromobilität, Leichtbau, neue Materialien und das sich abzeichnende autonome Fahren wird das Automobil der Zukunft jedoch radikal anders aussehen. Etablierte Strukturen der Automobilfertigung sind auf diesen Wandel nur teilweise übertragbar. Auch die Produktion selbst muss effizienter und nachhaltiger werden. Neue Ansätze sind notwendig, um den geänderten Anforderungen gerecht zu werden.

## Neue Produktionsstrukturen in der Automobilindustrie

In der zukünftigen Automobilproduktion wird es einen organischen Übergang verschiedener Organisationsprinzipien wie der heute praktizierten Linienfertigung, der Boxenfertigung und Werkstattfertigung geben. Dieses Aufbrechen von Strukturen, die heute fest und mechanisch definiert sind, eröffnet neue Freiheiten und Stellgrößen, die durch intelligente Software genutzt werden können. Die Produktion kann dadurch besser und schneller auf Veränderungen der Produkte und der Nachfrage reagieren und produziert damit effizienter. Jedes Produkt bekommt seinen optimalen Fabrikdurchlauf.

Dies hat jedoch enorme Auswirkungen auf Bereiche wie Planung und Steuerung sowie die Produktionslogistik. Steuerung und Planung verschmelzen miteinander, da der Umbau der Produktion selbst eine Planungsgröße der Produktionsplanung wird. Etablierte Logistikkonzepte wie die Perlenkette und Just-in-Sequence-Produktion-Belieferung müssen hinterfragt und fit für die neue agile Produktionswelt gemacht werden. Der Forschungscampus ARENA2036 erforscht, wie diese Automobilproduktion der Zukunft realisiert werden kann.

## 3D-Druck ermöglicht individuelle Teile auf Knopfdruck

Nicht nur die Struktur der Produktion, sondern auch die Fertigungsprozesse müssen schneller auf Änderungen anpassbar sein. Ein Paradebeispiel ist hierfür der 3D-Druck. Additive Verfahren sind im Bereich des Modellbaus unter dem Stichwort »Rapid Prototyping« bereits bestens etabliert. Doch erst in den letzten Jahren werden die additiven Technologien auch im Bereich der Produktion ernsthaft diskutiert. Gerade dort, wo eine Individualisierung von Produkten gefordert wird, können die Verfahren ihre Stärken ausspielen. Die Anforderungen, in solchen Fertigungsszenarien sind jedoch grundlegend unterschiedlich zum Ursprung der Technologien im Modellbau. Die direkte Integration additiver Verfahren in eine qualitätsgesicherte Linienfertigung ist für die Umsetzung von »mass customization«

ebenso entscheidend wie die anwendungsspezifische Verbesserung und Adaption der Verfahren und der verarbeitbaren Materialien. Am Fraunhofer IPA werden additive Verfahren neu- und weiterentwickelt, um diese im industriellen Umfeld nutzbar zu machen.

## Industrial Smart Grids für eine nachhaltige und kosteneffiziente Produktion

Um in Zukunft nachhaltig und kosteneffizient produzieren zu können, muss auch die Energieversorgung der Produktion auf Schwankungen reagieren können. Eine zunehmend fluktuierende Energieerzeugung und damit verbunden schwankende Energiepreise sowie Auswirkung auf energetische Versorgungsqualität sind neue Herausforderungen für eine nachhaltige und kosteneffiziente Automobilproduktion. Im Zuge einer wachsenden Volatilität in der Energieversorgung werden industrielle Verbraucher zunehmend in die Balance des Energiesystems einbezogen.

Lösungen für diese Herausforderungen bieten Industrial Smart Grids, intelligente energetische Insel- oder Teilinselsysteme in der industriellen Produktion. Die Zielgrößen eines Industrial Smart Grids sind primär eine kostenoptimale Betriebsführung unter der Voraussetzung einer sicheren und qualitativ hochwertigen Energieversorgung. Wesentliche Entwicklungen dieser Netze liegen insbesondere in der Vernetzung der energetischen

Versorgungsinfrastruktur und der intelligenten Steuerung des Produktionssystems. Darüber hinaus ist ein Umstieg auf Gleichspannungsversorgung in der Produktion ein wichtiger Entwicklungsschritt.

Nur durch eine integrale Gestaltung der Produktionsstrukturen, Prozesse und eingesetzten Betriebsmittel kann die Produktion fit für die Zukunft gemacht werden. Das Fraunhofer IPA erforscht das Zusammenspiel dieser Zukunftstechnologien des Automobilbaus. ■

## Kontakt

Für Fertigungssystemplanung:  
Anna Hansmersmann  
Telefon +49 711 970-1539  
anna.hansmersmann@ipa.fraunhofer.de

Für Fertigungssysteme Leichtbau:  
Manuel Schuster  
Telefon +49 711 970-1548  
manuel.schuster@ipa.fraunhofer.de

Für Industrial Smart Grid und Effizienztechnologien:  
Sebastian Weckmann  
Telefon +49 711 970-1955  
sebastian.weckmann@ipa.fraunhofer.de



*Vom Nachfrager zum aktiven Teilnehmer im Energiemarkt.*

# Die Automobilproduktion wird intelligent und vernetzt

Heutige Automobilproduktionen sind technische Meisterwerke und funktionieren wie ein Schweizer Uhrwerk. Die Produktionen werden jedoch für bestimmte Produkte geplant und ausgelegt. Hohe Aufwände sind notwendig, um Prozesse abzusichern und Abweichungen auszuschließen. Neue Produktionsstrukturen werden in den kommenden Jahren in die Automobilproduktion einziehen. Diese bieten neue Freiheiten, die durch intelligente Software genutzt werden können, um die Produktion effizienter und robuster zu machen. Die Kernelemente hierfür sind Vernetzung, Sensorik und künstliche Intelligenz.

## Vernetzung und Plattformen als Schlüssel zum Erfolg

Grundlage einer flexiblen und intelligenten Produktion ist die Vernetzung möglichst vieler realer Objekte der Produktion untereinander sowie deren Vernetzung mit Funktionalitäten, die in Form von Software-Komponenten, sogenannten Services, diesen Objekten bereitgestellt werden. Diese umfassende Vernetzung von Hardware- und Software-Komponenten untereinander wird mit Hilfe von Integration-Middleware realisiert, die auf Basis ihrer Service-orientierten Architektur (SOA) definierte Schnittstellen bereitstellt, um die unterschiedlichsten

Formen der Integration zu gewährleisten. Insbesondere die Datenintegration ist hier von großer Bedeutung, da für eine intelligente Produktion eine umfassende Analyse der in der Produktion und in den indirekten Bereichen anfallenden Daten notwendig ist. Der am Fraunhofer IPA entwickelte Manufacturing Service Bus (MSB) stellt eine solche Integration-Middleware dar und kann in eine übergeordnete Manufacturing-Plattform eingebunden werden. Über eine Vielzahl an Standardschnittstellen lassen sich an den MSB sowohl Maschinen, Anlagen und weiteres Produktionsequipment als auch bestehende IT-Systeme anbinden und informationstechnisch integrieren.

## Sensoren öffnen der Automobilproduktion die Augen

Zentral für die softwarebasierte Optimierung von Produktionsanlagen ist das Wissen über den aktuellen Zustand der Produktion und der ausgeführten Prozesse. Dadurch werden Sensorik und Algorithmen zur Auswertung der Sensorinformationen in den kommenden Jahren enorm an Bedeutung gewinnen. Die Sensoren werden dabei nicht wie heute üblich lokal an den Anlagen ausgewertet, sondern in der gesamten Produktion umfassend vernetzt sein. Neben einer einfacheren

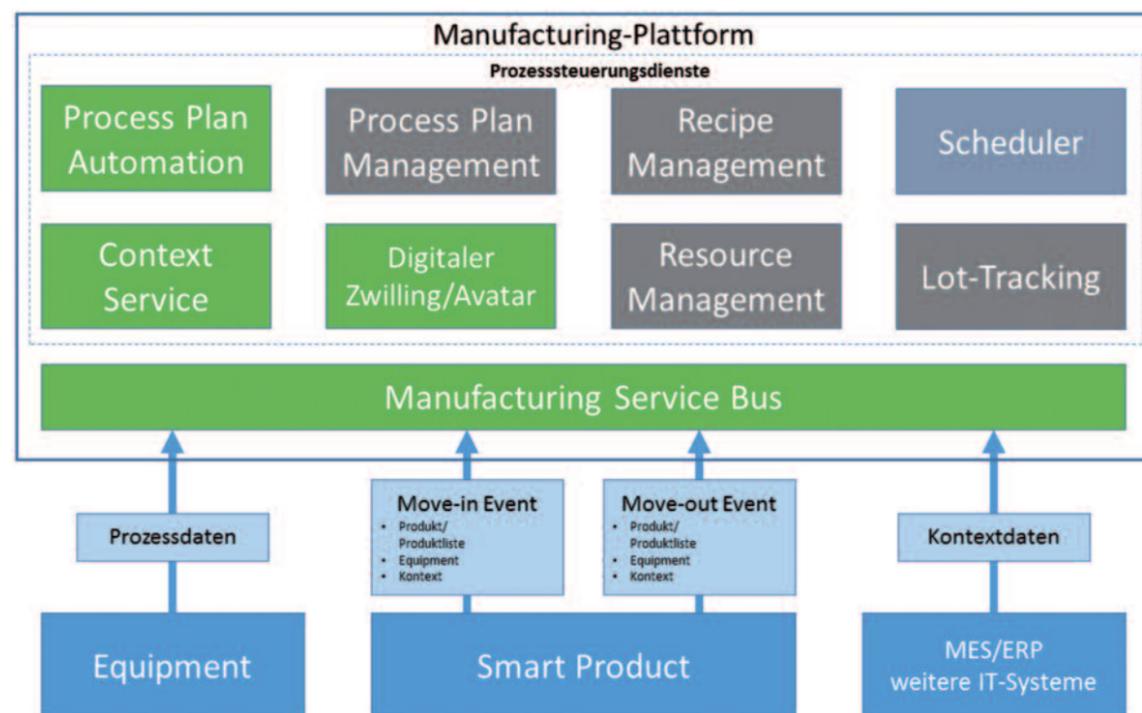
Wartung ergibt sich dadurch die Möglichkeit, die Produktion in Form eines »digitalen Schattens« abzubilden, der alle verfügbaren Informationen aus der Fertigung zusammenträgt. Der Ist-Zustand der Fertigung kann nun mit Methoden von Big Data sowie des maschinellen Lernens analysiert werden und das so generierte Wissen als Handlungsbasis dienen.

## Optimierung durch maschinelles Lernen

Die Fähigkeiten einer Produktionsanlage resultieren bisher aus der Programmierung und Konfiguration durch Experten. Infolge dessen hängt die Qualität des Ergebnisses stark von den Fähigkeiten des Experten ab und ist nicht einfach auf neue Anwendungen übertragbar. Gerade in einer wandlungsfähigen Produktion müssen Anlagen direkt nach einer Änderung wieder in der Lage sein, mit der geforderten Qualität und Ausbringung zu produzieren.



Zweiarmroboter für den Griff-in-die-Kiste mit neuronalen Lernverfahren.



Künftig sollen maschinelle Lernverfahren den Experten bei seiner Arbeit unterstützen. Die Grundlage dafür bilden die Daten, die die Sensoren sowie die Cloud-Anbindung des Roboters liefern, und die Rechenkapazität, mit der die Daten verarbeitet werden. Aktuell wird nun das Potenzial, aus Produktions- und Prozessdaten zu lernen, für zahlreiche industrielle Applikationen mit Robotern erschlossen. So beschäftigt sich beispielsweise das Forschungsprojekt »DeepGrasping« hauptsächlich mit der Anwendung maschineller Lernverfahren auf den Griff-in-die-Kiste zur Vereinzelung chaotisch gelagerter Werkstücke. Durch die Nutzung von 3D-Sensoren und neuronaler Netze verbessern sich die Fähigkeiten der Roboter immer weiter.

Neue Produktionsstrukturen machen die Automobilproduktion der Zukunft wandlungsfähig. Diese Wandlungsfähigkeit wird durch moderne Industrial-IT nutzbar. Der Manufacturing Service Bus ermöglicht die Vernetzung aller Anlagen. Sensoren werden zukünftig allgegenwärtig sein und Daten zur Optimierung bereitstellen. Verfahren des maschinellen Lernens erlauben die Nutzung dieser Daten, um Anlagen autonomer zu machen. ■

## Kontakt

Für Produktions-IT Architekturen und Integration:  
Daniel Stock  
Telefon +49 711 970-1215  
daniel.stock@ipa.fraunhofer.de

Für Montageautomatisierung:  
Felix Spenrath  
Telefon +49 711 970-1037  
felix.spenrath@ipa.fraunhofer.de

Für Signalanalyse:  
Hartmut Eigenbrod  
Telefon +49 711 970-1831  
hartmut.eigenbrod@ipa.fraunhofer.de

# »Wir wollen und brauchen kompliziert«

**Für Professor Michael Bargende, FKFS-Vorstand und zuständig für den Bereich Fahrzeugantriebe, sollten deutsche Unternehmen alles daran setzen, ihre Innovationsstärke aus eigener Kraft zu behalten. Das ist eine große Herausforderung, aber zwingend notwendig. Interaktiv traf den »Powertrain-Experten«, der sich mit viel Power besonders einer Leidenschaft widmet: der Zukunft des Automobils.**

*Herr Professor Bargende, welches Auto fahren Sie privat?*

Eigentlich gar keines, weil ich meist einen Wagen der Firma nutze. Ich kann Ihnen jedoch sagen, welches Auto meine Frau fährt: ein 18 Jahre altes Golf-Cabrio mit einem 1,6 Liter 90 PS TDI-Motor. Ein echter Klassiker. Und der Verbrauch ist sensationell niedrig – auch nach heutigen Maßstäben

*Führen Sie daheim beim Abendessen auch mal Powertrain-Debatten?*

Ja, das kommt gelegentlich vor. Meistens morgens oder am Wochenende. Da schlage ich die Zeitung auf und muss feststellen, dass die Inhalte bestimmter Artikel sachlich und fachlich falsch bis tendenziös sind. Das regt mich dann manchmal auf.

*Was genau ist daran tendenziös?*

Was mich grundsätzlich stört, habe ich mal wie folgt in einem Gastkommentar auf den Punkt gebracht: Es wurde für die Automobilindustrie ein Strukturwandel beschlossen, ohne dass die dafür notwendigen Erfindungen gemacht und die passende Infrastruktur bereits geschaffen wurde. In den Medien wird jedoch anders polarisiert. Da heißt es dann, dass Deutschland den Wettbewerb gegen China verliert, weil wir die Elektromobilität verschlafen.

*Tun wir das denn nicht?*

Nein. Ich gebe Ihnen ein Rechenbeispiel. Im Jahr 2016 wurden in Deutschland zirka 60000 batterie-elektrisch betriebene und



hybride Fahrzeuge im Pkw-Bereich zugelassen. Im selben Zeitraum waren es in China etwa 500000 Fahrzeuge. Wenn man das in Relation setzt, ergibt sich folgendes Bild: Bei insgesamt 3,3 Millionen neu zugelassenen Pkw in Deutschland und fast 25 Millionen in China beträgt der Anteil der batterie-elektrisch betriebenen und hybriden Fahrzeuge in Deutschland 1,8 Prozent, in China 2,0 Prozent. Bei diesem Unterschied kann man ja wohl nicht von verschlafen sprechen.

*Dann ist das wohl alles nur Stimmungsmache.*

Die Diskussion läuft schon ziemlich lange und immer wieder werden einzelne Punkte isoliert herausgegriffen. Ein Beispiel: Toyota hat den Prius gebaut und ist damit vor allem in Japan und den USA erfolgreich. Zusehens sieht man ihn auch in Deutschland, unter anderem als Taxi in Berlin. Da fragt man sich natürlich, warum ein solches Auto nicht von einem deutschen OEM kommt. Die Antwort ist relativ einfach: Unter rationalen Aspekten war der Diesel im Vergleich zum Hybrid immer die bessere, weil kostengünstigere Lösung. Diese Sichtweise ändert sich und die deutschen Automobilbauer ziehen kräftig nach und werden auch noch aufholen.

*Aufholen?*

Ganz bestimmt. Denn wir haben einen ganz großen Vorteil: Wir sind ein Manufakturland, das sich schon immer den komplizierten Dingen gestellt hat. Wir wollen und brauchen kompliziert. Kompliziert im Sinne von technologischer Tiefe. Darin sind wir unschlagbar.

*Sie sagten mir gerade im Vorgespräch, dass sie heute Vorlesung hatten und gestern auf dem Maschinenbaugipfel in Berlin waren. Meine Fragen dazu: Gibt es eine meistgestellte Frage von Seiten der Studenten? Und wie war die Stimmung beim Maschinenbaugipfel?*

Die meistgestellte Frage der Studenten – und das seit 20 Jahren, lautet: Finde ich einen Job, wenn ich mit meinem Studium fertig bin? Meine Antwort ist dann immer: Sie studieren einen Studiengang, dessen Absolventen sich am wenigsten Gedanken über die Zukunft machen müssen. Allein im mittleren Neckarraum brauchen wir jährlich 800 neue Fahrzeugingenieure, um die in Ruhestand gehenden zu ersetzen – deutlich mehr, als wir hier in Stuttgart pro Jahr fertig bringen. Somit: kein Thema.

*Und der Maschinenbaugipfel, hat der sich auch um Zukunftssorgen gedreht?*

Ja, aber zu Unrecht, wie ich finde. In deutschen Unternehmen, die zu einem großen Teil eigentümergeführt sind, herrscht ein starkes Verantwortungsbewusstsein und Werteverständnis. Was jedoch leider zunehmend fehlt, ist Selbstbewusstsein. Man ist mehr damit beschäftigt, Schwächen auszumerzen, als die eigenen Stärken zu stärken und auf diese Stärken stolz zu sein. Die Amerikaner sind da anders: Obwohl sie, wie man am Beispiel von Tesla und Elon Musk erkennen kann, Quartal für Quartal mehr Geld ausgeben als sie verdienen, treten sie ausgeprägt selbstbewusst auf. Sie haben einfach ein anderes Business-Verständnis.

*Das heißt übersetzt: Wir brauchen keine Angst vor der Zukunft haben.*

Ich möchte es mal so formulieren: Einerseits werden mit der Zeit bestehende oder neue Marktteilnehmer immer stärker werden und auch versuchen, zum Sprung anzusetzen, um uns in Deutschland zu überholen. Andererseits bin ich der festen Überzeugung: Wer etwas so kompliziertes wie den Verbren-

nungsmotor als Bester der Welt beherrscht, der kann auch führend in der Elektromobilität sein. Kurzum: Alles ist gut, wenn wir es schaffen, die Zukunft zu gestalten. Gestalten auch im Sinne eines Umgangs miteinander, der zum einen gelassener und zum anderen kooperativer sein sollte und nicht von »entweder oder«, sondern von »sowohl als auch« geprägt ist.

*Diese Denkweise passt gut zum Konzept des automobilen Forschungscampus ARENA2036, fünf Gehminuten von hier entfernt.*

In jedem Fall. Die Zeit des Daniel Düsentrieb im stillen Kämmerlein ist auf unserem Fachgebiet vorbei. Das Modell der Zukunft heißt Teamwork. Damit meine ich die gegenseitige, voneinander profitierende Zusammenarbeit. Damit meine ich auch, die Stärke des Anderen anzuerkennen. Ein Bekannter hat mal den schönen Satz gesagt: Gute Leute können gute Leute gut neben sich aushalten.

**»Gute Leute können gute Leute gut neben sich aushalten«**

*In einer solchen Kultur des kooperativen Miteinanders entstehen bestimmt innovative Dinge.*

Sicher mehr, als das in großen und traditionellen Unternehmen der Fall ist. Denn die werden oft überreguliert und sind daher gehemmt, innovativ zu sein. Die Innovationen, die in kooperativen Umgebungen wie der ARENA2036 entstehen, werden im besten Fall ausgegründet. Das befeuert die Startup-Kultur und das ist auch gut so. Ausreichen tut das jedoch nicht. Für mich müssen die Automobilunternehmen – trotz Compliance-Vorschriften, Arbeitsrecht und Reglementierungen jedweder Art – aus eigener Kraft alles daran setzen, ihre eigene Innovationskraft zu behalten, wenn nicht sogar auszubauen. Innovationskraft muss auch manchmal ein bisschen »anarchisch ungestüm« sein.

*Die Startup-Kultur macht dennoch Sinn?*

Da sollten wir differenzieren. Ende letzten Jahres war ich in Tel Aviv und habe mir die dortige Startup-Szene angeschaut. Die Antwort auf die Frage, warum es dort so gut funktioniert,

lautet: Die jungen Menschen haben gar keine andere Wahl. Das ist deren Chance, weltweit wirtschaftlich mitzumischen. Man macht das mit Dingen, für die man nicht viel braucht. Beispielsweise mit dem Internet. Aufwendige und teure Großgeräte-Entwicklungen nach dem Vorbild »Made in Germany« gibt es dort kaum.

*Und das Silicon Valley?*

Da ist es nochmal ganz anders. Das fängt schon beim Wetter, beim Klima an. Um es auf den Punkt zu bringen: Wir brauchen in Deutschland eine Startup-Kultur, die zu unserer gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kultur passt. Copy and paste geht nicht, modifizieren schon.

*Das Internationale Stuttgarter Symposium für die Automobil- und Motorentechnik wurde im Jahr 1995 aus der Taufe gehoben. Strategische Ausrichtung, purer Zufall oder absolute Notwendigkeit, um den Branchenvertretern ein passendes Forum zu bieten?*



Ganz klar strategische Ausrichtung. Beim Symposium handelt es sich um die größte Veranstaltung, die das FKFS organisiert. Sie dient dem Austausch und ist als Leistungsschau der baden-württembergischen Automobilindustrie zu sehen. Besonders stolz sind wir auf das Partner-Konzept, das bestens funktioniert.

*Partner ist auch das Fraunhofer IPA. Die Zusammenarbeit geht 2018 in die dritte Runde. Wie ist Ihr Fazit?*

Die Zusammenarbeit wurde von Seiten der anderen Partner, die ja aus der Industrie kommen, von Anfang an sehr positiv gesehen. Von Jahr zu Jahr füllen sich auch immer mehr die Säle und Vorträge, die vom Fraunhofer IPA bespielt werden. Ziel ist es, das Netzwerk der Produktentwicklung und der Produktion noch enger zu knüpfen als bisher.

*Sehen Sie FKFS und IPA als Impuls- und Ideengeber oder eher als Technologie-Verbesserer?*

In erster Linie als Impuls- und Ideengeber. Als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Industrie, zwischen großen Konzernen und kleinen Playern, als sinnvolles Geflecht und Teil eines großen Netzwerkes. Wir sitzen nicht im Elfenbeinturm. Wir stehen immer mit einem Bein in der Anwendung. Das ist unser USP. ■

#### Über das FKFS

Das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS ist eine Stiftung bürgerlichen Rechts und wurde 1930 gegründet. Es erbringt als unabhängiges Institut Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen für die internationale Automobil- und Zuliefererindustrie. Zahlreiche hoch spezialisierte Prüfstände sowie eigens entwickelte Mess-, Prüf- und Simulationsverfahren ermöglichen die Lösung komplexer und anspruchsvoller Fragestellungen. Die dort vorhandenen Fahrsimulatoren und Windkanäle zählen zu den modernsten ihrer Art in Europa. Im wissenschaftlichen Umfeld arbeitet das FKFS mit lokalen Partnern wie der Universität Stuttgart und dem Fraunhofer IPA zusammen.



# Zukunft der automobilen Oberfläche

Wenn »der Lack ab« ist, sind die besten Tage vorbei. Aber die Lackierung drückt nicht nur ästhetisch Wertigkeit aus und soll Langlebigkeit garantieren. Neben Schutz und Optik werden der Oberfläche neuerdings auch sensorische Funktionen abverlangt. Und das, obwohl die Produktion von Oberflächen immer noch Herausforderungen bereithält. Etwa den Prozess stabil zu halten, damit die gewünschten Eigenschaften gewährleistet werden können, wenn Substrat, Beschichtungsmaterial und Beschichtungsprozess in komplexer Weise aufeinander wirken. Ganz zu schweigen vom Ressourceneinsatz in der Lackierung. Bei der Automobilherstellung werden 50 Prozent des Gesamtbedarfs der Energie im Lackierprozess eingesetzt. Nicht zuletzt setzt die Produktion von Oberflächen Sauberkeit voraus.

## Qualität durch Sauberkeit

Insbesondere bei der Lackierung oder Beschichtung spielt die Sauberkeit der Oberfläche eine zentrale Rolle für die erreichbare Qualität und optische Anmutung. Aber auch in anderen Bereichen des Automobilbaus hat sich die Sauberkeit zu einer

zentralen Qualitätsgröße entwickelt, beispielsweise bei der Fahrzeugelektronik, in hydraulischen Systemen wie Kraftstoff, Bremse oder Automatikgetrieben sowie bei der Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Die hier technisch notwendige Sauberkeit wird mittlerweile verbindlich spezifiziert im Kunden-Lieferanten-Verhältnis und ist ohne geeignete Reinigungstechnik, Sauberraumkonzepte und die entsprechende Mess- und Prüftechnik heute nicht mehr herzustellen. Das Fraunhofer IPA unterstützt hierbei seine Kunden aus der Automobil- und Zulieferindustrie durch Laboranalysen der technischen Bauteilsauberkeit, Schulung von Mitarbeitern und die Planung und Optimierung von sauberen Fertigungsbereichen. Gerade im letzten Punkt kann das Fraunhofer IPA durch seine neutrale Rolle vollständig lösungsoffen beraten, um kostengünstige Sauberkeitskonzepte zu entwickeln. Eigenentwicklungen, wie die effiziente, lokal wirkende und umweltfreundliche CO<sub>2</sub>-Reinigung oder Sensoren für eine schnelle Partikelanalytik im Sauberkeitslabor sind gute Beispiele, für neue und zielführende Ansätze, die technische und optische Oberflächensauberkeit auch wirtschaftlich tragfähig herzustellen und zu sichern.

## Oberflächen werden intelligent

Überall auf der Welt folgen Fahrzeughersteller dem Trend zum vernetzten Fahrzeug (connected car) und ermöglichen Fahrzeuginsassen und Bordgeräten, über das Internet mit der Außenwelt zu kommunizieren. In Zukunft werden lackierte Fahrzeugoberflächen neben dem Schutz und der Optik auch sensorische Funktionen erfüllen und sich von passiven Schichtsystemen zu aktiven, intelligenten Oberflächen weiterentwickeln.

Am Beispiel von gedruckten Druck- oder Näherungssensoren unter dem Fahrzeuglack kann gezeigt werden, wie sensorische Phänomene aus der Natur (Stichwort Elektrorezeption) auf technische Oberflächen übertragen werden können und dadurch multifunktionale, biomimetische und sensorbionische Systeme entstehen.

Für die Oberflächenbehandlung, Strukturierung und Beschichtung werden häufig bekannte Technologien aus dem Bereich der gedruckten Elektronik verwendet. Für die Ausbildung von sensorischen Funktionalitäten kommen speziell verarbeitete Materialverbunde mit leitfähigen Submikro-Partikeln zum Einsatz.

Bei der Integration von gedruckten Sensoren in den Fahrzeuglack müssen noch Fragen bezüglich Haltbarkeit, Zuverlässigkeit und einer möglichst wenig zu beeinträchtigenden optischen und ästhetischen Oberflächenqualität geklärt werden. Bislang nur ansatzweise erforscht, sind dauerbeständige Kontaktierungs- und Verbindungsmöglichkeiten für den zuverlässigen Anschluss solcher Sensoren an das Bordsystem.

## Wie Lackieren effizienter wird

Um die Ressourceneffizienz der Lackierprozesse weiter zu erhöhen, arbeitet das Fraunhofer IPA an verschiedenen Methoden. So nutzen die Wissenschaftler digitale Verfahren wie die lastabhängige Anlagensteuerung oder numerische Simulationen, um die Energieeinsätze in den größten Verbrauchern, den Lackierkabinen und Lacktrocknern, zu reduzieren. Enorme Potenziale sehen die Experten im oversprayfreien Beschichten. Dabei wird der Lack gezielt – Tropfen für Tropfen – an der richtigen Stelle appliziert – eine Technologie, die gerade mit

dem Deutschen Rohstoffeffizienzpreis 2017 des Bundeswirtschaftsministeriums ausgezeichnet wurde (s. S. 6). Andere Beispiele sind UV-Härteeinrichtungen, die bauteilunabhängig komplex geformte Bauteile aushärten oder die Vorausberechnung von Oberflächeneigenschaften am Computer. ■

## Kontakt

Für Funktionale Materialien:  
Ivica Kolaric  
Telefon +49 711 970-3729  
ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de

Für Nassapplikation und Simulationstechnik:  
Dr. Oliver Tiedje  
Telefon +49 711 970-1773  
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de

Für Reinheitstechnik:  
Dr.-Ing. Markus Rochowicz  
Telefon +49 711 970-1175  
markus.rochowicz@ipa.fraunhofer.de



Labor zur Prüfung der technischen Sauberkeit von Automobilbauteilen.



Sensorintegration in Oberflächen.

# Lesehilfe aus dem 3D-Drucker für sehbehinderte Menschen

Von Frank Eicher

Das Gestell nimmt ein Smartphone auf, wird wie eine Taucherbrille vors Gesicht gespannt und kann individuell angepasst werden. In dem vom BMBF geförderten Projekt »VRread« hat das Fraunhofer IPA zusammen mit dem Blinden- und Sehbehindertenverband Württemberg e.V. (BSV-W), der Firma rioprinto und der Maker-Bewegung ein Aufnahmegestell zum Ausdrucken und eine entsprechende Leseapplikationssoftware für ein Android-basiertes Smartphone entwickelt. Bastler, Erfinder und Kreative aus der Maker-Szene, die in Eigeninitiative originelle Lösungen zu technischen Herausforderungen aus dem Alltag entwickeln und realisieren, arbeiteten eng mit Sehbehinderten zusammen. Die Daten stehen zum Download jedem kostenfrei zur Verfügung.

Zeitung überall lesen zu können, ist für die meisten Menschen eine Selbstverständlichkeit. Hochgradig sehbehinderte Menschen haben damit ein Problem. Viele sind auf stationäre Kamerasysteme angewiesen, deren Aufbau für Bildschirm und Kamera einen festen Platz erforderlich macht. Mobile Lesehilfen sind nur sehr eingeschränkt verfügbar. An großen Bildschirmen führt für sehbehinderte Menschen derzeit kaum ein Weg vorbei. Platziert man jedoch einen relativ kleinen Bildschirm besonders nahe vor dem Auge, entsteht ein weites Sichtfeld ohne erkennbare Grenzen. Und kleine Bildschirme in Form eines Smartphones hält heute fast jeder in Händen.

## Smartphone wird wie eine Brille getragen

Genau hier liegt der Ansatz von VRread: Im Mittelpunkt steht eine angepasste Aufnahmevorrichtung. Hinzu kommt eine Leseapplikation für das Smartphone des Nutzers, das sehr viel Technik auf kleinstem Raum bietet und immer mehr auch von sehbehinderten Menschen genutzt wird. Mit der an die individuelle Sehbeeinträchtigung angepassten Aufnahmevorrichtung wird das Smartphone entsprechend nah vor dem Auge platziert. Große in der Aufnahmevorrichtung integrierte Linsen fokussieren das Bild auf die kurze Distanz für den Nutzer. So eröffnet das Smartphone die Möglichkeit, in ein digitales Dokument einzutauchen und wird damit zur individuellen Lesehilfe für sehbehinderte Menschen.



## Lageerkennung dient der Steuerung

Dabei wird die integrierte Gyrosensorik zur Lageerkennung im Smartphone von der entwickelten VRread-Leseapplikation zur Steuerung und Navigation auf dem digital erfassten Dokument verwendet. Auf dem Smartphone vorhandene Dokumente können damit in einem völlig neuen Kontext und mit optimalem Seheindruck einfach und überall gelesen werden. Im Hauptmenü kann der Nutzer einmal vorab seine idealen Einstellungen wie beispielsweise die Schriftgröße und den Kontrast einstellen. Eine zuschaltbare Leselinie erleichtert die Navigation auf dem Dokument zusätzlich.

## Leseapplikationssoftware

Die Software selbst unterteilt sich in verschiedene Module. Das Steuermodul erfasst die Kopfbewegungen und ist in der Lage, diese in Steuerinformationen zu übersetzen. Aus der Datenquelle des Textdokuments wird im zweiten Modul eine nutzbare Textur erstellt. Diese Textur wird in einem zweistufigen Prozess auf dem Bildschirm ausgegeben. Alle Module wurden unter Berücksichtigung einer späteren Erweiterbarkeit entworfen.

## 3D-Datensätze und Software kann jeder herunterladen

Im Rahmen eines ausgeschriebenen Wettbewerbs in der Maker-Bewegung wurden drei per 3D-Druck gedruckte Aufnahmevorrichtungen prämiert. Ein viertes Design entwickelte außer Konkurrenz das Fraunhofer IPA. Die Datensätze dieser vier Modelle stehen in Form von 3D-Daten für den Ausdruck auf einem 3D-Drucker für jedermann zur freien Verfügung, ebenso die Installationsdatei für die von Fraunhofer entwickelte Leseapplikation. Mit Hilfe der eigenen Parameter, wie beispielsweise des individuellen Augenabstands, kann das Aufnahmegestell via 3D-Druck bei einem Anbieter von photonischen 3D-Druckverfahren auf Onlineplattformen kostengünstig bestellt werden. Versierte Anwender oder Entwickler können die Ergebnisse auch als Basis zur eigenen Weiterentwicklung verwenden. Jetzt muss noch die VRread-Textleseapplikation auf dem Smartphone installiert werden und auf den Nutzer eingestellt werden. Dann können die auf dem Smartphone gespeicherten Dokumente oder die Zeitung digital gelesen werden. ■

## Download der Software und der 3D-Datensätze unter:

<http://www.rioprinto.com/3d-druck-events.html>

## Software Download über GitHub:

<https://github.com/VRread/VRread/releases/tag/v1.0.3>

## Steckbrief

**Projekt:** Individuell angepasste und gefertigte VR-Gestelle und Applikationssoftware als Lesehilfe für Menschen mit Sehbehinderung (VRread)

**Projektpartner:** Blinden- und Sehbehindertenverband Württemberg e.V. (assoziierter Partner); rioprinto UG (assoziierter Partner)

**Fördermittelgeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### In Kooperation mit der Maker-Szene

Maker sind Bastler, Erfinder und Kreative, die in Eigeninitiative kreative Lösungen zu technischen Herausforderungen aus dem Alltag entwickeln und realisieren, ohne den Einsatz kostspieliger Speziallösungen. Im Projekt VRread arbeiteten Menschen mit Behinderungen und Vertreter der Maker-Bewegung eng zusammen.

Der Autor **Frank Eicher** arbeitet in der Abteilung Bild- und Signalverarbeitung am Fraunhofer IPA, Telefon +49 711 970-3543 | [frank.eicher@ipa.fraunhofer.de](mailto:frank.eicher@ipa.fraunhofer.de)

# Entlastung des Menschen in der Produktion

Die Automobilindustrie gehört seit jeher zu den Vorreitern der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und hat die Entwicklungen in diesem Feld wesentlich geprägt. Es sind immer wieder neue Lösungen erforderlich, um die Arbeitsergonomie zu verbessern. Diese Lösungen sind auch auf weitere Industriezweige übertragbar und essenziell für die Arbeit der Zukunft. Seit Jahren schon sind muskuloskeletale Erkrankungen die häufigste Krankheitsart für Arbeitsunfähigkeitstage und die demographische Entwicklung erfordert zusätzlich eine zunehmend menschenorientierte Produktionsplanung. Hierfür werden Technologien zur Identifikation und zur Vermeidung von Belastungen durch Leichtbau und gezielte Assistenz der Mitarbeitenden entwickelt.

## Identifikation der ergonomischen Herausforderung

Je genauer die Belastung bekannt ist, desto effektivere Lösungen lassen sich finden. Konventionelle Ergonomie-Bewertungsverfahren ermöglichen lediglich eine Klassifizierung des Arbeitsplatzes nach dem Ampelschema in grün, gelb oder rot. Mit Hilfe von medizinischem Verständnis und biomechanischen Messinstrumenten lassen sich jedoch mittlerweile körperliche Lastspitzen gezielt ausfindig machen, die den Bewegungsapparat besonders beanspruchen. Daraus können intuitive Anschauungsmaterialien zur Aufklärung von Mitarbeitern oder technische, organisatorische oder persönliche Hilfsmittel zur gezielten Entlastung entwickelt und evaluiert werden.



## Leichtbau – Geringere Belastung durch geringes Gewicht

Generell sollten Bauteile und Montagehilfen bereits in der Produktionsplanung so konzipiert werden, dass sie einen ergonomischen Montageprozess ermöglichen. Um schwere Handhabungsprozesse erleichtern zu können, spielen die zu bewegendenden Massen eine entscheidende Rolle. Für eine gewichtsoptimierte Auslegung und Umsetzung ist eine anforderungsspezifische Verwendung der einzusetzenden Werkstoffe, Füge- und Fertigungsverfahren notwendig.

## Ergonomisch-funktionale (Arbeits-)Kleidung

Die Arbeitskleidung der Mitarbeiter kann viel zur Ergonomie beitragen. Die Integration verschiedener Sensorik kann vor ungünstiger Haltung oder externen Gefahren warnen. Aber auch bereits eine gezielte Anordnung elastischer und fester Gewebe kann ein ergonomisches Bewegungsverhalten trainieren und den Tragenden »erinnern«, sich aufzurichten. Das Fraunhofer IPA entwickelte nach diesem Prinzip einen speziellen Präventionshandschuh gegen Tennisellenbogen, der schon bald in der Montage eingesetzt wird.

## Assistenz durch Roboter verbessert Montageergonomie

Viele Montageprozesse werden auch in Zukunft manuell ausgeführt werden. Hierbei entstehen ergonomische Belastungen, die durch roboterbasierte Assistenzsysteme reduziert werden

können. Zum Beispiel ist das Nieten eine körperlich anstrengende, monotone Arbeit, bei der sich obendrein oft Fehler einschleichen. Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts »Lean Intelligent Assembly Automation« (LIAA) haben Forscher am Fraunhofer IPA eine Teilautomatisierungslösung für das Nieten entwickelt, bei dem Mensch und Roboter eng zusammenarbeiten: Die Nietpistole ist nun fest installiert, sodass der Werker sie nicht mehr halten muss. Stattdessen muss er die Werkstücke nur noch in eine Fixierung am Roboter einlegen und dieser bewegt sie dann zur Nietpistole. Verschiedene Sicherheitsmaßnahmen sorgen dafür, dass der Arbeitsplatz alle Normen erfüllt.

## Exoskelette in der Produktion

Um Lasten direkt am Werker zu reduzieren, werden zunehmend Exoskelette in Produktion und Logistik eingesetzt oder deren Einsatzmöglichkeit geprüft. Nach ersten erfolgreichen Feldversuchen finden aktuell zunehmend passive Systeme für die Überkopfarbeit Eingang in den Markt. In den nächsten Jahren ist zu erwarten, dass intelligente Systeme mit Sensorik und Aktorik ihren Weg aus der Forschung in die Industrie finden werden. Diese Systeme sind momentan noch nicht für den Massenmarkt verfügbar und noch vergleichsweise schwer. Sie haben aber – mit intelligenten Algorithmen versehen – das Potenzial, den Entlastungsbedarf des Nutzers in Abhängigkeit der Bewegung zur Laufzeit zu bestimmen und bedarfsgerechte Lastabnahme zu leisten. Die Aussicht auf ein neues Werkzeug zur Entlastung von Arbeitsplätzen, die bislang nicht verbessert werden konnten, weckt große Erwartungen in der Industrie. Das Stuttgart Exo-Jacket des Fraunhofer IPA ist ein aktiv angetriebenes Oberkörper-Exoskelett und wird in den kommenden Monaten vom Status der Entwicklungsplattform zu einem im Feld erprobaren Prototyp weiterentwickelt.

Zukünftige ergonomische Herausforderungen können mit vielseitigen Lösungsansätzen entgegnet werden. Dies ist notwendig, um für jedes Unternehmen mit seinen individuellen Anforderungen eine passende Strategie abzuleiten. ■

## Kontakt

Für Angewandte Biomechanik:  
Urban Daub  
Telefon +49 711 970-3645  
urban.daub@ipa.fraunhofer.de

Für Antriebssysteme und Exoskelette:  
Marius Fabian  
Telefon +49 711 970-3642  
marius.fabian@ipa.fraunhofer.de



*Gewichtsoptimierte Montagebank (60 % Gewichtsreduktion):  
Strukturoptimierte, additiv gefertigte Anlagepunkte mit einer  
Sandwichverbundplatte als Auflagefläche.*

Für Fertigungssysteme Leichtbau:  
Manuel Schuster  
Telefon +49 711 970-1548  
manuel.schuster@ipa.fraunhofer.de

Für Montageautomatisierung:  
Susanne Oberer-Treitz  
Telefon +49 711 970-1279  
susanne.oberer-treitz@ipa.fraunhofer.de

# Auf dem Weg zur digitalisierten Beschichtung

**Nanopartikel verändern Materialien zu Hochleistungswerkstoffen. Deshalb wird Nanotechnologie für vielfältige und unterschiedlichste Produkte auf dem Markt verwendet. Neue Partikel in Werkstoffe einzusetzen, bleibt jedoch eine Herausforderung, weil ungewiss ist, wie sie reagieren. Um die Entwicklungszeiten zu verkürzen und die Qualität der ganzen Prozesskette abzusichern, erfassen Wissenschaftler des Fraunhofer IPA die Prozessdaten und vernetzen die einzelnen Prozessschritte über die Cloud miteinander.**



diskontinuierliche Herstellung der Partikel in der Regel in einem einstufigen Batchprozess. Die Weiterverarbeitung erfolgt dann mehrstufig, beispielsweise durch Dispergieren und dann Beschichten. Nanopartikel werden typischerweise in Reaktoren synthetisiert, anschließend oft funktionalisiert. Danach erfolgt eine Weiterverarbeitung in Form von Pulvern oder eine Dispergierung in Tinten oder Pasten. Das Endprodukt wird dann durch herkömmliche Fertigungsprozesse wie beispielsweise Druck- oder Beschichtungsprozesse hergestellt.

Sie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und ihre Anwendungen haben nahezu geräuschlos den Markt erobert. Nanotechnologie steckt in Energiespeichern wie Batterien oder Akkus, Autozubehör, in Kleidung, Kosmetika, Medikamenten und sogar Lebensmitteln. Dank nanomodifizierter Hochleistungswerkstoffe werden Kunststoffe robuster, Metalle leichter und Energiespeicher effizienter. Um dieses Ergebnis zu erreichen, werden konventionelle Werkstoffe mit nanoskaligen Füllstoffen modifiziert – winzigen Partikeln, zwischen einem und mehreren hundert Nanometern groß. – Ein Nanometer misst gerade mal einen Milliardstel Meter, ein menschliches Haar ist mit 80000 Nanometern schon ein Koloss. – Die Nanopartikel werden in einem sogenannten Batchprozess, stapelweise, zum Beispiel durch chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition, kurz CVD) oder Laser-Ablation, auch Laserverdampfen genannt, hergestellt. Dabei erfolgt die

## Batchprozesse führen zu Qualitätsproblemen

Erst beim letzten Schritt wird das Nanomaterial oft – vor allem im Rolle-zu-Rolle-Verfahren – kontinuierlich inline verarbeitet. Das große Problem bei diesen Batchprozessen sind die Qualitätsschwankungen. »Jedes Batch – das Rohmaterial und die Dispersion – haben geringfügig andere Eigenschaften durch unterschiedliche Lagerdauern oder -Bedingungen, Transport- oder Umgebungseinflüsse. Es ist daher schwierig, die Qualität stabil zu halten«, erklärt Ivica Kolaric, Leiter der Abteilung Funktionale Materialien am Fraunhofer IPA. »Jedes Batch muss neu eingefahren werden, denn Lagertechnik, Arbeits- und Umrüstzeiten usw. haben Auswirkungen auf die Verteilung der Nanomaterialien in den Schichten, daraus resultierend auf die Schichteigenschaften, und damit auf die Entwicklungszeit und -kosten. Eine große Schwierigkeit für die Industrie.«

## Theoriebasierte Simulationsmodelle helfen nicht weiter

Werden Schichten mit Nanomaterial optimiert, kann der Herstellungsprozess die Morphologie oder den Schichtaufbau und damit auch die Materialeigenschaften ändern. Aus diesem Grund muss eine realistische Simulation den Herstellungsprozess als Grundlage nehmen, die daraus resultierenden Eigenschaften auf Materialebene ableiten und diese dann auf die Bauteilebene übertragen. Hierfür gibt es eine Reihe kommerzieller Tools, die auch eine nichtlineare Material- und Strukturmodellierung zulassen und somit in der Lage sind, herstellungsprozessbedingte Einflüsse auf Kompositmaterialien eingeschränkt zu erfassen und zu analysieren. Diese Tools werden jedoch meist prädictiv angewendet und erfordern aktuell immer noch eine experimentelle Validierung, die kosten- und zeitintensiv sein kann.

Deshalb wählt das Fraunhofer IPA eine andere Vorgehensweise: Zuerst erfasst das Team um Kolaric kontinuierlich inline Prozessdaten und vergleicht dann die empirisch ermittelten Daten mit Simulationsmodellen. Anhand der zu erwartenden anfänglichen Abweichungen zwischen Modell und Ergebnis erhoffen die Experten, die Modelle verbessern zu können. Das verbesserte Modell kann dann die Prozessentwicklung effizienter gestalten. In einem zweiten Schritt vernetzen die Wissenschaftler den vorgeschalteten Dispergierprozess (Batch) mit der Beschichtung (Rolle-zu-Rolle-Verfahren). Dadurch können sie besser die Zusammenhänge zwischen den Prozessparametern der Dispergier- und Beschichtungstechnik verstehen. Außerdem sind sie dann in der Lage, zumindest theoretisch die Dispersion auf der Beschichtung nachzuvollziehen, was für das Qualitätsmanagement wichtig werden kann. »Wenn man ein neues Produkt auf den Markt bringen will, dann verlangt der KomponentenhHersteller oder der Endanwender in der Regel experimentell oder simulativ validierte Materialdaten. Und Simulationsmodelle, die diese Daten generieren, gibt es viele: beispielsweise Monte Carlo oder Multiskalensimulationsmodelle, die Partikel beschreiben, und Simulationen, die Fluidkinematik und die Haftung beschreiben. Diese häufig beschriebenen Wechselwirkungen auf atomarer oder molekularer Ebene setzen oft ideale Bedingungen voraus. Die Realität hingegen ist relativ chaotisch. Die Partikel sind beispielsweise inhomogen verteilt, haben Defekte oder es treten im Prozess selbst unerwünschte physikalische Phänomene auf«, so Kolaric.

## Dispersions- und Beschichtungsprozess werden vernetzt

Die Experten vom Fraunhofer IPA schlugen daher einen anderen Weg ein. Am Grundgedanken der Simulation hielten sie fest. Allerdings versuchten die Stuttgarter, Daten empirisch zu erfassen und anhand dieser Prozessparameter abzuleiten und zu postulieren. Kolaric nennt das Vorgehen einen »Big-Data-Ansatz«. »Und was wir jetzt auf Wunsch der Industrie gemacht haben, wir haben den Dispergierprozess und den Beschichtungsprozess vernetzt. Die Pastenherstellung kann mit der Beschichtung über die Cloud kommunizieren. Wir haben ein kongruentes Datenmanagement von der Dispersion in die Beschichtung hinein.« Mit der digitalen Sprache zwischen Dispersion und Beschichtung werden die Daten erfasst und verglichen. Damit haben die Wissenschaftler die Grundlage geschaffen, vom Partikel bis in die Beschichtung alle Daten einheitlich erfassen und bewerten zu können. Nicht ohne Stolz spricht Kolaric deshalb auch von einer Modellfabrik.

## Neue Businessmodelle

Neben diesem entwicklungstechnischen Aspekt der am Institut aufgebauten Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsanlage sieht Kolaric den Fokus der Digitalisierung in der Beschichtungstechnik in der Entwicklung neuer Businessmodelle zur gemeinsamen Nutzung von Maschinen, gemeinsamen ortsunabhängigen Produktentwicklungen und Pay-per-Use-Konzepten zusammen mit der Industrie. ■

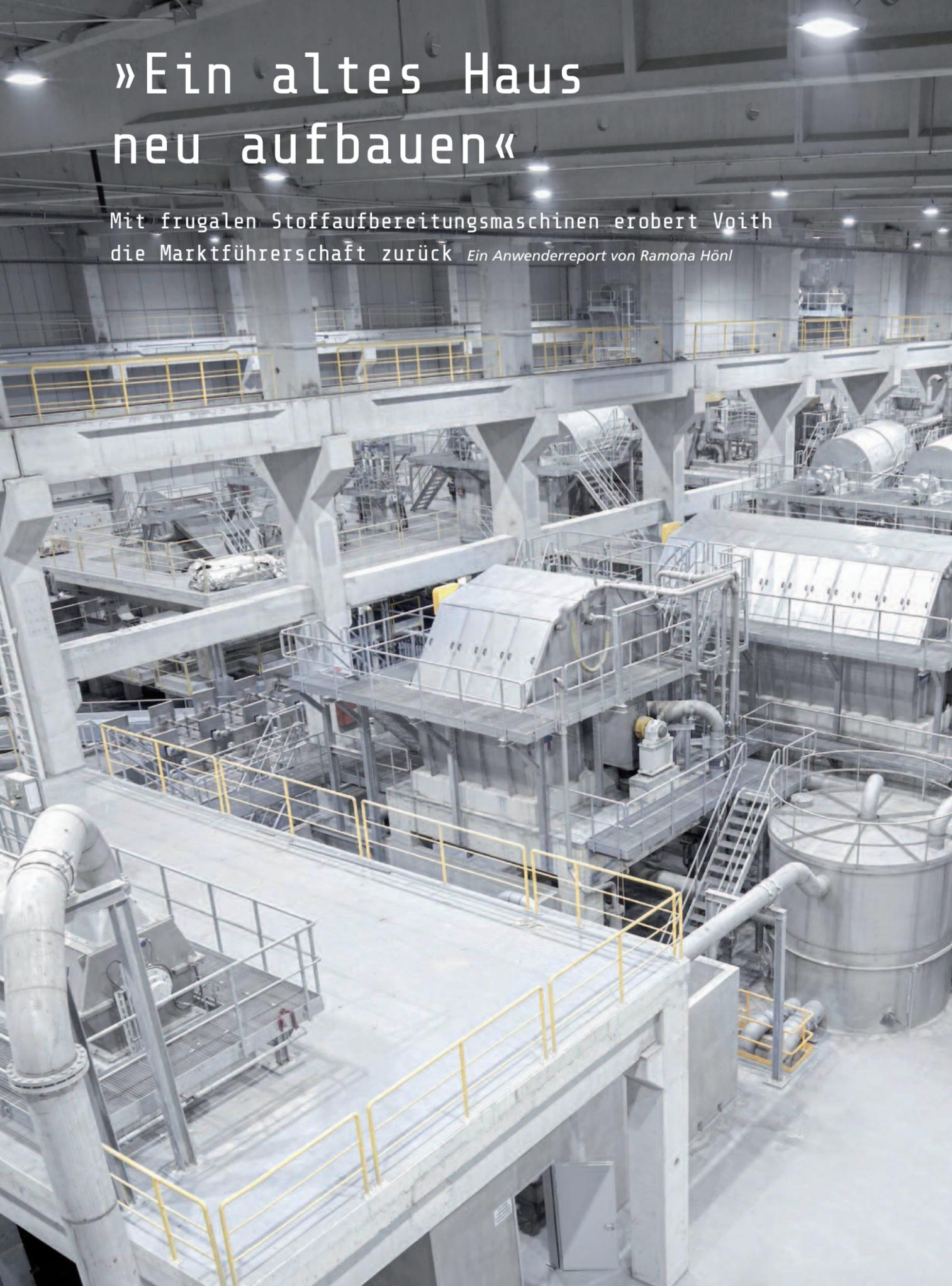
## Kontakt

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



# »Ein altes Haus neu aufbauen«

Mit frugalen Stoffaufbereitungsmaschinen erobert Voith die Marktführerschaft zurück *Ein Anwenderreport von Ramona Hönl*



**Komplexe High-Tech-Maschinen einfacher und günstiger zu produzieren – so lautete ein Teil des Erfolgsrezepts, das die Firma Voith Paper ab dem Jahr 2012 aus der Krise geführt hat. Mit der Serie BlueLine ist das Traditionsunternehmen von der Ostalb zu einem Vorreiter für frugale Produktionssysteme geworden. Heute gehört Voith wieder zu den Weltmarktführern bei Stoffaufbereitungsanlagen.**

Frugal bedeutet laut Duden »einfach, sparsam, oder bescheiden«. Ein frugales Produkt verzichtet auf Schnickschnack. Es ist einfach aufgebaut, preiswert und leicht bedienbar. Frugal ist zum Beispiel ein Hammer oder ein Handy, mit dem man zwar nur telefonieren kann, dessen Akku aber sehr lange hält. In manchen Branchen sind frugale Produkte schon lange Standard. Im Maschinen- und Anlagenbau ist der Trend erst in den letzten Jahren aufgekommen. Die Unternehmensberatung Roland Berger hat im Jahr 2013 frugale Produkte erstmals definiert. Sie sind funktional, robust, nutzerfreundlich, auf Wachstum ausgelegt, kostengünstig und an lokale Begebenheiten angepasst.

Frugal war aber gar nicht die Zielsetzung, als die Firma Voith Paper aus Heidenheim im Jahr 2010 begonnen hat, ihr Produktportfolio für die Stoffaufbereitung radikal zu erneuern. Vielmehr waren wirtschaftliche Gründe der Treiber. Andreas Heilig, der seit 20 Jahren bei Voith in Ravensburg arbeitet und derzeit das globale Produktmanagement im Bereich Stoffaufbereitung verantwortet, erinnert sich: »Unsere Zahlen waren grottenschlecht«, sagt der gelernte Werkzeugmacher, der auf dem zweiten Bildungsweg studiert hat. Die Produktion war nicht ausgelastet und die Maschinen wurden zu Niedrigpreisen mit Verlusten verkauft. »Das war eine schlimme Zeit. In Ravensburg mussten wir sehr viele Leute entlassen und die Produktion schließen«, erklärt Heilig, der selbst aus der Bodensee-Region kommt.

## Mit dem Wandel im Zeitungsmarkt brachen Umsätze ein

Die Ursache für die niedrigen Umsätze ist der Wandel im Papiermarkt. Voith Paper war auf qualitativ hochwertige graphische Papiersorten spezialisiert. Mit der Digitalisierung reduzierten aber immer mehr Printmedien ihre Auflagen. Die Nachfrage nach Zeitungspapier nahm radikal ab. Dies hatte auch Auswirkungen auf die Stoffaufbereitungsanlagen, denn Zeitungsdruckpapier benötigt eine aufwändige Reinigung des Altpapiers. »2009 haben wir noch 700 Maschinen verkauft, 2012 waren es nur noch 500«, so Heilig. Hinzu kam, dass das Produktportfolio nicht harmonisiert war. Gründe waren Zukäufe anderer Unternehmen sowie wie eine unzureichende standortübergreifende Konstruktionsrichtlinie zur Entwicklung von Anlagen

und Komponenten. Heilig, der selbst schon Fertigungsleiter bei Voith Paper war, bekennt: »Oft erkannte man an einer Maschine die Handschrift des Konstrukteurs. Da gab es keine klare Linie und die Fertigung war teuer und aufwändig«.

Hans-Ludwig Schubert, der seit 18 Jahren bei Voith arbeitet und den Umstellungsprozess als Leiter des globalen Produktmanagements angestoßen hat, erkannte noch einen weiteren Grund: »Der Weltmarkt für Papier verlagert sich immer stärker in Schwellenländer. Hier ist deutsches High-Tech zwar gefragt, doch unsere Maschinen waren für die Unternehmen in Indien oder Asien mit Zoll und Versand viel zu teuer«, bestätigt der gebürtige Westfale. Eine Fertigung vor Ort kam nicht in Frage, weil Materialien und Know-how fehlten. Außerdem passten die Maschinen nicht zu den Bedürfnissen der Schwellenländer. Hier seien einfache, robuste Anlagen für Verpackungen wie zum Beispiel Kartonagen gefragt, denen Dreck oder Glasreste in den Ausgangsrohstoffen nichts anhaben können.

## Deutsche Technik zu Höchstpreisen in Schwellenländern nicht gefragt

Die Initialzündung für die neue Strategie kam Schubert in einer Beiratssitzung. Dort habe man überlegt, die Produktstruktur bei Voith Paper zu harmonisieren, um wieder wettbewerbsfähig zu werden. »Das wäre mit dem bestehenden Produktprogramm ein riesiger Aufwand gewesen. Ich dachte, wenn man ein altes Haus ausräumen muss, kann man es auch gleich neu bauen«, so Schubert. Anstelle einer Aufräumaktion wollte er das Produktportfolio komplett erneuern. Die Voith-Geschäftsführung unterstützte sein Vorhaben. Ziele waren, die Herstellungskosten um 40 Prozent zu reduzieren, die Qualität beizubehalten und robust sowie einfacher zu werden. Als zusätzlichen Kundennutzen wollte Schubert, »wenn man es denn schon neu macht«, die Bedienbarkeit der Maschinen verbessern. Dass das, was Voith Paper vorhatte, »frugal« ist, sei dem Unternehmen damals nicht bewusst gewesen, erklärt Schubert. Doch wie lässt sich die neue Strategie umsetzen?

»Wir haben das Produktportfolio massiv gekürzt und vereinfacht«, erklärt er die ersten Maßnahmen. Etwa die Hälfte aller Maschinentypen wurde vom Markt genommen und nicht mehr gefertigt. »Damit haben wir Freiräume gewonnen. Neue Leute konnten wir zu dieser Zeit ja nicht einstellen«, so Schubert. Im nächsten Schritt nahmen die Konstrukteure die teuersten Maschinentypen unter die Lupe und schauten, wie man sie vereinfachen kann. Es sollte der Ressourceneinsatz reduziert und Materialkosten gespart werden. Außerdem wollte Voith Paper »Simultaneous Engineering« betreiben.

### Viele befürchteten, dass die Maschinen schlechter werden

Ein wichtiger Punkt war, die Produkte und Prozesse zu standardisieren. Das neue Produktportfolio sollte eine klare Maschinenstruktur aufweisen und sich besser fertigen lassen, egal wo. Die Konstrukteure vereinheitlichten die Stücklisten und stellen sicher, dass man einzelne Bauteile für viele Maschinen verwenden kann. Es wurde außerdem ein Life-Cycle-Management eingeführt, mit dem man die Maschinen über den ganzen Lebenszyklus hinweg aktuell hält. Die neuen Maschinen wurden später unter dem Namen »BlueLine« in den Markt eingeführt.

Von der neuen Unternehmensstrategie waren erst einmal nicht alle Mitarbeiter begeistert: »Wir haben zu Projektbeginn im Jahr 2011 eine Umfrage durchgeführt und weniger als 30 Prozent Zustimmung erhalten«, weiß Schubert. Am ehesten zugestimmt haben diejenigen Mitarbeiter, die einen persönlichen Vorteil in der Vereinfachung sahen, etwa die Fertigung. Viele erfahrene Konstrukteure haben hingegen befürchtet, dass die Maschinen mit der Standardisierung schlechter werden. »In einem High-Tech-Land wie Deutschland will man nichts einfacher machen«, so der Experte. Insbesondere das Kostenersparnisziel von 40 Prozent hielten viele für utopisch. Erst als die Erfolge sichtbar wurden, nahm die Zustimmung zu. Für Schubert war von Anfang an klar, dass die Umstrukturierung auf »frugal« fest im Unternehmen verankert werden musste. »Man kann nicht früh genug damit anfangen und muss alle mitnehmen«, so der Experte.

### Schneckenpresse nach frugalen Prinzipien überarbeitet

Eines der ersten Produkte, das Voith Paper überarbeitet hat, war die Schneckenpresse. Sie gehört zu den teuersten Modulen einer Stoffaufbereitung und sorgt dafür, dass der Papierstoff eingedickt und das Filtrat mittels eines Siebkorbs abgeschieden wird. Bei der alten Maschine war es ein enormer Aufwand, die Siebkörbe für Wartungs- und Reinigungsarbeiten zu demonstrieren. »Der Siebkorb war aus einem Stück gefertigt. Man musste die Pressschnecke ziehen, um dran zu kommen«, klagt Heilig. Im neuen Design ist der Siebkorb zweigeteilt. Man kann den Deckel öffnen und ihn einfach herausnehmen. Außerdem spart man gut sechs Meter Platz, weil das Aufziehen entfällt. Weiterhin haben die Konstrukteure bei der BlueLine-Schneckenpresse Werkstoffe kostengünstiger eingesetzt und die Maschine insgesamt kompakter gebaut. »Damit haben wir 30 Prozent der Herstellungskosten gespart. Die positiven Eigenschaften des alten Modells, die einfache Entwässerung und die Robustheit, blieben erhalten«, bestätigt Schubert.



Die Schneckenpresse von Voith Paper vor der Umstellung auf BlueLine.



Aktuelle BlueLine-Schneckenpresse von Voith Paper.

Die Umstellung auf BlueLine hat ihr Ziel deutlich erreicht. Fünf Jahre nach Projektbeginn gehören 130 von insgesamt 270 Maschinen im Voith-Paper-Portfolio für die Stoffaufbereitung der BlueLine-Produktfamilie an. Weitere Maschinen sollen nach dem frugalen Prinzip überarbeitet werden. 80 Prozent des Gesamtumsatzes erzielt Voith Paper bei Stoffaufbereitungsanlagen heute mit BlueLine-Produkten. Im Jahr 2017 verzeichnet das Traditionsunternehmen einen Auftragseingangrekord für Stoffaufbereitungsmaschinen. Über 1 000 Maschinen wurden verkauft – das sind doppelt so viele als im Jahr 2012. Voith Paper hat nicht vor, sich auf den Lorbeeren auszuruhen. »Wir wollen das Prinzip von BlueLine auf das restliche Portfolio wie zum Beispiel die Papiermaschinen ausrollen«, informiert Schubert.

### Mitarbeiter sind freier im Kopf

Aber nicht nur die Kennzahlen haben sich bei Voith geändert, auch die Unternehmenskultur sei wie ausgewechselt: »Unsere Mitarbeiter sind heute viel freier im Kopf. Früher waren Veränderungen schwierig. Heute sind die Leute innovativ und mutig. Es poppen neue Ideen auf«, schwärmt Projektleiter

Schubert, der viel Überzeugungsarbeit leisten musste. »Fehler dürfen gemacht und kommuniziert werden«, meint er. Auch Heilig ist froh, dass Voith Paper die Krise überwunden hat. Der Oberschwabe möchte seinen Mitarbeitern und ihren Kindern weiterhin gute und sichere Arbeitsplätze in der Region zur Verfügung stellen. ■

## »Man muss alle mitnehmen«

Im Gespräch mit Interaktiv verraten Uwe Schleinkofer (Fraunhofer IPA), Andreas Heilig und Hans-Ludwig Schubert (beide Voith Paper) worauf es beim Trend »frugal« ankommt. Schleinkofer befasst sich mit dem Thema seit drei Jahren, Heilig und Schubert haben es erfolgreich umgesetzt.

»Unser Prozess ProFrugal unterstützt Unternehmen bei der Umsetzung frugaler Produktionssysteme«

Uwe Schleinkofer, Projektleiter Frugale Produktionssysteme, Fraunhofer IPA



*Frugale Produkte wie langlebige Handys oder robuste Werkzeuge gibt es schon lange. Warum macht sich der Trend jetzt erst im Maschinen- und Anlagenbau bemerkbar, Herr Schleinkofer?*

*Schleinkofer:* Einige Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau haben bereits Erfahrungen mit frugalen Produkten gesammelt – sei es beim Einstieg in das mittlere Marktsegment oder bei der Vereinfachung von Systemen zu reduzierten Herstellungskosten. Manche waren damit schon sehr erfolgreich, wie etwa Voith Paper oder Karl Mayer, andere weniger, beziehungsweise haben das Thema noch nicht bearbeitet. Der Trend der »frugalen Innovationen im Maschinenbau« geht nun viel systematischer voran, um das Ziel von lokal angepassten Systemen mit minimalem Herstellungsaufwand zu erreichen. Zusätzlich werden derzeit viele technische Lösungen sichtbar, die Anregungen zur eigenen Umsetzung liefern.

*Herr Heilig, als Sie 2012 begonnen haben, Ihr Produktportfolio neu aufzusetzen, war frugal gar nicht die Zielsetzung. Inwiefern fallen die BlueLine-Produkte dennoch darunter?*

*Heilig:* Die BlueLine-Produkte sind einfach aufgebaut und können in Schwellenländern wie Indien und China gefertigt

werden. Alle Rohstoffe sind vor Ort erhältlich. Teure Materialien setzen wir nur dort ein, wo sie notwendig sind. Dadurch bleibt die Funktionalität erhalten und wir sparen Kosten. Für den Anwender sind die Produkte leicht zu bedienen und einfach zu warten. An oberster Stelle steht dabei das Thema Sicherheit. Das stimmt im Großen und Ganzen mit der Definition von frugal überein.

*Was waren die größten Herausforderungen bei der Umstellung, Herr Schubert?*

*Schubert:* Ganz klar der Faktor Mensch. Es war schwierig, Leute zu neuem Denken zu ermutigen und Veränderung in die Köpfe zu bekommen. Bei manchen Mitarbeitern kam es so an, als wollen wir die alten Maschinen schlecht machen. Die beste Kombination war, erfahrene Ingenieure, die offen für Neues waren, mit jungen Konstrukteuren von der Uni zusammenzubringen. Wichtig war auch, Leute aus der Fertigung und der Inbetriebnahme von Anfang an ins Boot zu holen. Sonst fallen mir nur Kleinigkeiten ein. Manche Prototypen haben zum Beispiel nicht funktioniert und mussten neu gemacht werden.



»Die Zentralwelle des Scheibenfilters war das Eye-Opener-Produkt«

**Andreas Heilig** Vice President Products Fiber Systems, Voith Paper

Wie haben Sie diese Strategie konstruktions- und fertigungs-technisch implementiert, Herr Heilig?

**Heilig:** Mit einer radikalen Simplifizierung. Als ersten Schritt haben wir unser Produktportfolio um zirka 40 Prozent reduziert, um Freiräume und Kapazität für die Umsetzung zu haben. Dann haben wir uns überlegt, bei welchen Produkten ein großer Effekt erzielt werden kann, vor allem hinsichtlich der Kosten. Unser »Leuchtturmprojekt« war dann die Scheibenfilterzentralwelle. Diese hatte im »alten« Design 20 Kanäle. Die Fertigung war eine Katastrophe. Die Bauteile mussten aufwendig gebogen, angepasst, verschweißt und geschliffen werden. Die »neue« Zentralwelle hat nur noch 18 Kanäle und zirka 20 Prozent weniger Schweißnähte. Mit Lasern präzise vorgefertigte Einzelteile werden »nur« noch zusammengesteckt und montiert. Die alte Welle war außerdem komplett aus teurem Edelstahl, bei der Neukonstruktion haben wir für Teile, die nicht mit dem Stoff in Berührung kommen, normalen Stahl verwendet. Insgesamt konnten wir über 30 Prozent der Herstellungskosten sparen und die Funktionalität beibehalten. Für mich war das ein Eye-Opener-Produkt.

Herr Schubert, welche Ratschläge können Sie Unternehmen mit auf den Weg geben, die ihre Produktion auf frugal umstellen wollen?



»Der Faktor Mensch ist die größte Herausforderung«

**Dr. Hans-Ludwig Schubert**

Senior Vice President Global Product Management, Voith Paper

**Schubert:** Früh genug damit anzufangen. Man kann sich nicht eben mal mit Modularisierung oder frugalen Produkten beschäftigen, man muss es nachhaltig im Unternehmen verankern und alle mitnehmen. Der Markt wächst oft nicht – er bleibt stabil. Um selbst zu wachsen, muss man den Wettbewerbern Marktanteile nehmen. Das funktioniert langfristig nur, wenn man die Arbeitsweise, also die Produkte, Prozesse und so weiter, grundsätzlich ändert.

Was sind die ersten Schritte, wenn ein Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau ins frugale Geschäft einsteigen möchte, Herr Schleinkofer?

**Schleinkofer:** Für den Einstieg ist ein klares Commitment der Unternehmensführung notwendig, warum der frugale Ansatz notwendig ist und was er für das Unternehmen bedeutet. Die interne Kommunikation und das Miteinbeziehen aller Unternehmensbereiche ist eine Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Umsetzung. Für das konkrete Vorgehen sind Potenzialanalysen empfehlenswert, die unternehmensspezifische Problemfälle identifizieren und wirtschaftlich bewerten. Daraufhin müssen die zur Verfügung stehenden Ressourcen geprüft werden. Hier kann das IPA helfen. In Readiness Checks ermitteln wir mit Unternehmen, ob die richtigen Mitarbeiter aus verschiedenen Unternehmensbereichen wie Entwicklung, Produktion, Marketing oder Vertrieb sowie passende Methoden zur Verfügung stehen oder externe Unterstützung benötigt wird. Darauf aufbauend kann gemeinsam mit einer schrittweisen Umsetzung begonnen werden. ■

# Installation und Programmierung von Robotersystemen vereinfacht

Robotersysteme haben heute oftmals noch einen gravierenden Nachteil: Sie sind zu unflexibel, um Kleinserien oder individuelle Kundenwünsche wirtschaftlich zu produzieren. Allein schon die zeitraubende Programmierung, mit der Industrieroboter an neue Montageaufgaben herangeführt werden, ist ein Kostenfaktor, den kleine und mittlere Unternehmen (KMU) oft nicht stemmen können. Aber auch vor den Anschaffungskosten und der aufwändigen Installation schrecken viele zurück.

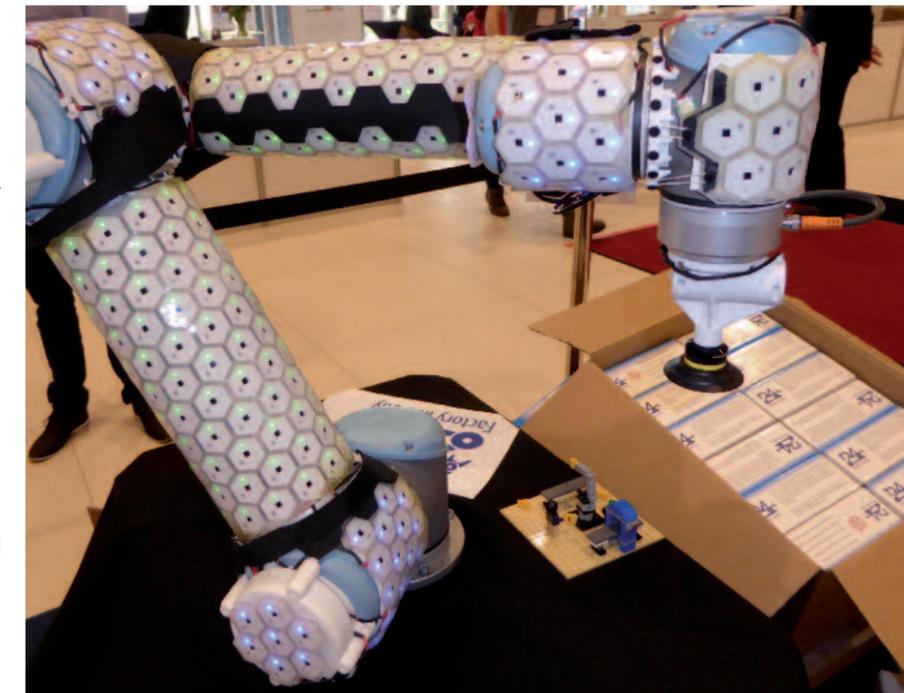
Im EU-Forschungsprojekt »Factory in a Day« haben Forscher, Roboterhersteller und Systemintegratoren gemeinsam Wege gefunden, Kosten und Zeitaufwand für die Installation von Robotersystemen deutlich zu reduzieren. So ist es ihnen beispielsweise gelungen, den »Giftbot« zu entwickeln, ein Demonstrator, der auch bei kleinen Bestellmengen effizient und kostengünstig arbeitet.

## Wiederverwendbare Softwarebausteine vereinfachen Programmierung

»Meine Mitarbeiter und ich hatten die Rolle des Integrationspartners inne, der das Software-Framework bereitstellt, mit dem die Projektpartner beispielsweise die Bewegungsplanung des »Giftbot« programmieren haben«, erklärt Mirko Bordignon vom Fraunhofer IPA. Dabei kam die Open-Source-Software »Robot Operating System« (ROS) zum Einsatz, mit der eine weltweit organisierte Community wiederverwendbare Softwarekomponenten generieren. Diese erleichtern die Programmierung eines Industrieroboters wesentlich.

## Kosten und Zeitaufwand deutlich reduziert

»Wir haben es zwar geschafft, die Kosten und den Zeitaufwand für die Installation von Robotersystemen deutlich zu



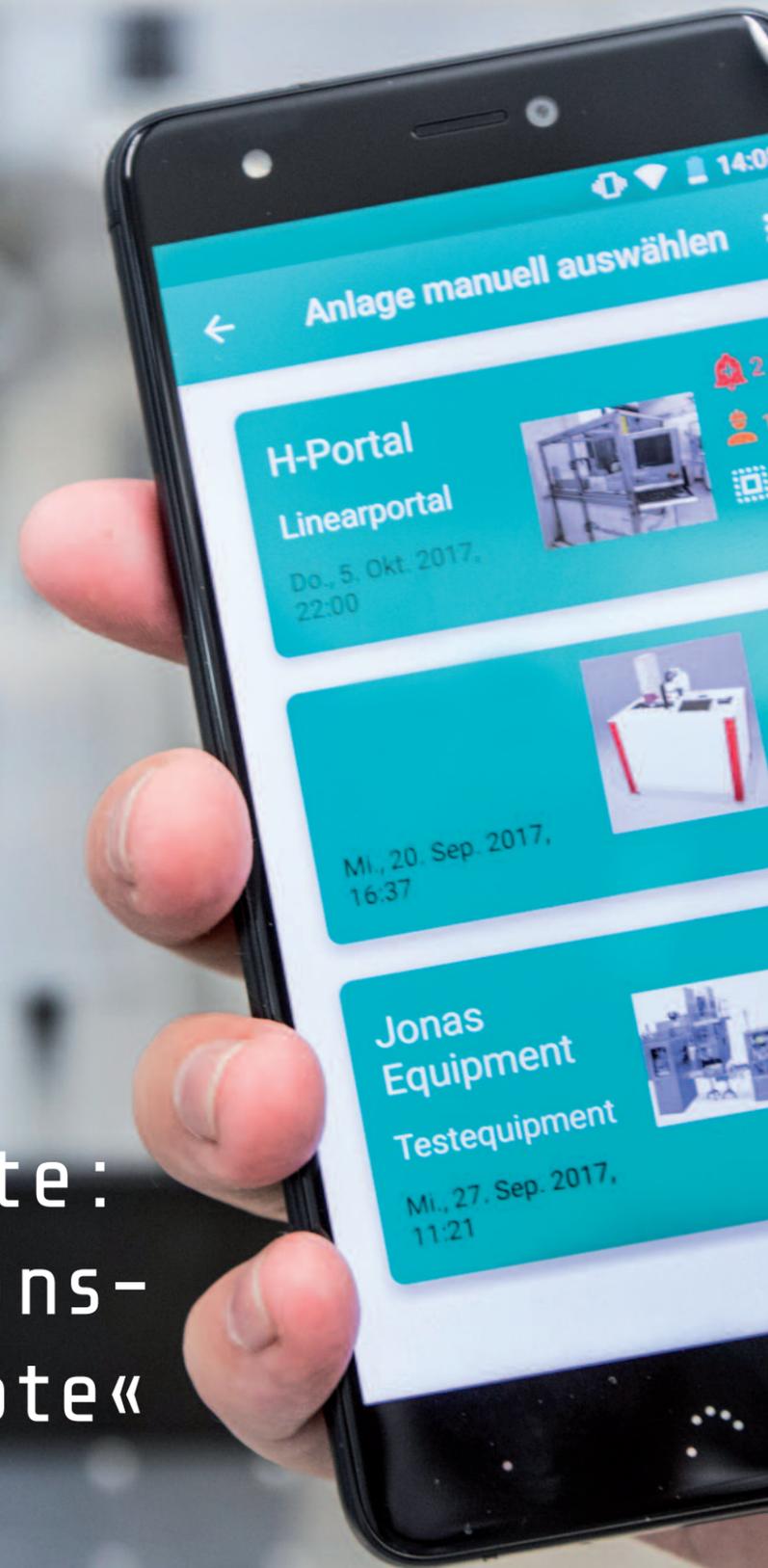
reduzieren«, fasst Projektkoordinator Martijn Wisse von der TU Delft zusammen. »Es hat sich dabei aber gezeigt, dass die Installation an einem Tag mit dem heutigen Stand der Technik ein langfristiges Ziel ist.« Dennoch hat das international besetzte Team eine ganze Reihe bemerkenswerter Ergebnisse erzielt.

Bereits am 1. Januar 2017 ist das Nachfolge-Projekt »ROSIN« angelaufen, an dem auch das Fraunhofer IPA beteiligt ist. ROSIN folgt dem Grundgedanken von »Factory in a Day«: Es soll die Open-Source-Software ROS zum Standard in der europäischen Industrie machen und so die Fabrikautomation erleichtern. ■

## Kontakt

Mirko Bordignon  
Telefon +49 711 970 1629  
mirko.bordignon@ipa.fraunhofer.de

# Produktupdate: Kommunikations- Tool »FlexNote« greift auf Maschinensteuerung zu



Bei FlexNote handelt es sich um eine Kombination aus einer mobilen Anwendung und einer Cloud-Anbindung. Sobald ein Mitarbeiter in der Produktion eine Schwachstelle, zum Beispiel eine Leckage oder ein fehlerhaftes Bauteil entdeckt, kann er mit seinem Smartphone oder Tablet ein Bild des betroffenen Bereichs aufnehmen. Gleichzeitig kann er den Fehler in der Aufnahme markieren, schriftlich oder mündlich eine Nachricht dazu verfassen und die Priorität festlegen. Da er sich zuvor mit dem Endgerät an der Maschine anmelden muss, wird auch deren Position exakt ermittelt. Die gesamte Meldung – der Anwender, das markierte Bild, die Nachricht, der Standpunkt – wird gebündelt gespeichert.

### Keine Rückfragen nötig

Diese Beobachtungen werden automatisch synchronisiert und weitergegeben. Benachrichtigungen erhalten sowohl der Mitarbeiter selbst als auch der Maschinenverantwortliche. Somit wird eine verteilte oder parallele Bearbeitung möglich. Weiterhin ist bei jeder Maschine hinterlegt, welche Befunde bereits erfasst wurden. Diese Meldungen werden in einem zentralen IT-System, zum Beispiel auf einem sicheren Server des Unternehmens oder in einer externen Cloud, gespeichert. Auf diese Weise ist es den Mitarbeitern möglich, Beobachtungen echtzeitnah im Team zu kommunizieren. Die Gefahr von Mehrfachmeldungen sinkt ebenso wie das Risiko, dass Informationen beim falschen Ansprechpartner landen und untergehen. Da das Live-Bild in Verbindung mit der digitalen Text- oder Sprachnachricht und dem exakten Maschinenstandpunkt weitergegeben wird, sind weniger Rückfragen nötig. Zuletzt geht die Kommunikation schneller vonstatten, da alle relevanten Informationen gebündelt aufgenommen und weitergegeben werden.

### Drei Zusatzfunktionen integriert

Mit der Erweiterung erlaubt es FlexNote neuerdings, Daten aus der Maschinensteuerung in einer Notiz abzuspeichern. Möglich macht dies ein am IPA entwickelter hochperformanter Konnektor, der auf alle gängigen Steuerungssysteme zugreifen kann. Da die Meldungen im zentralen IT-System hinterlegt sind, lassen sich Fehlerzusammenhänge über einen längeren Zeitraum hinweg noch präziser ermitteln und standortunabhängig Erfahrungen von einer Anlage auf eine andere übertragen. Die Maschine selbst kann auch Meldungen in FlexNote einpflegen, wenn ein Fehler im Ablauf vorkommt. Außerdem wurde das Dashboard der Anwendung optimiert.

Der Nutzer kann sich nun die gewünschten Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators, kurz KPI) nach Bedarf ausgeben lassen. Beispielsweise ist es möglich, die häufigsten Fehler einer bestimmten Maschine in einem ausgewählten Zeitraum herauszufiltern. »Nachhaltige, ganzheitliche Analysen sind damit kein Problem mehr«, hebt Gutjahr hervor. Neu ist auch eine Forumsfunktion, mit der sich die Mitarbeiter echtzeitnah über die Beobachtungen austauschen können. Dabei können sie nicht nur über Lösungsmöglichkeiten diskutieren, sondern auch nach ähnlichen Fragestellungen und Vorkommnissen suchen. Mitarbeiterwissen wird so für alle Berechtigten zugänglich gemacht.



### Sensible Daten sind sicher

FlexNote kann entkoppelt von der IT-Infrastruktur des Unternehmens laufen. Dadurch erhalten Nutzer keinen Zugriff auf sensible Unternehmensdaten. Weiterhin müssen Maschinen und Anlagen nicht erst angebunden werden. »Die Anwendung lässt sich somit auch von Dienstleistern als Service nutzen. Außerdem ist kein hoher Installationsaufwand erforderlich«, schildert Gutjahr. Potenziale bietet FlexNote für jedes Unternehmen, das Maschinen oder teilautomatisierte Arbeitsplätze einsetzt. Aktuell suchen die Forscher nach Anwendern, um die Funktionalitäten und Anforderungen von FlexNote zu testen. »Wir sind offen für kundenspezifische Anpassungen und neue Geschäftsmodelle«, bestätigt der Projektleiter. ■

### Kontakt

Jonas Gutjahr  
Telefon +49 711 970-3610  
jonas.gutjahr@ipa.fraunhofer.de

# Wissen, was wichtig ist

Mitarbeiter aus der Materialbereitstellung benötigen viel Zeit für nicht-wertschöpfende Tätigkeiten. Sie lesen Aufträge, suchen Material und legen weite Wege zurück. Das Fraunhofer IPA arbeitet derzeit an einer App, die sie zur richtigen Zeit am richtigen Ort mit den richtigen Informationen versorgt. Jetzt suchen die Forscher nach Unternehmen, die »Info@Need« mit weiterentwickeln.

In der Materialbereitstellung erfolgt die Kommunikation oft noch in Papierform. Auf Laufzetteln lesen die Mitarbeiter ab, welche Teile sie zu welcher Maschine bringen müssen. »Oft legen sie zwischen den Aufträgen weite Wege zurück. Nicht selten stellen sie erst im Lager fest, dass das benötigte Material nicht vorrätig ist oder gerade kein Transportwagen frei ist. In Summe kostet dies das Unternehmen viel Zeit und Geld«, informiert IPA-Wissenschaftlerin Silke Hartleif.

## Attribute bestimmen Informationsbedarf

Info@Need versorgt die Mitarbeiter aus der Materialbereitstellung bedarfsgerecht mit Informationen. Dafür haben die IPA-Forscher verschiedene Attribute definiert, die darüber entscheiden, welche Daten dafür wichtig sind. »Dazu zählen der Standort, die Zeit und die Qualität der Information«, weiß Hartleif. Bei dem Attribut »Zeit« kennzeichnet der Mitarbeiter einen Auftrag als erledigt. Das System weiß somit, dass er wieder zur Verfügung steht und einen neuen Auftrag annehmen kann.

Das Attribut »Standort« wird mithilfe von iBeacons-Sendemodulen berechnet, die flächendeckend in der Produktion angebracht sind. Sind beide Werte ermittelt, gleicht Info@Need Ort und Zeit ab und spielt dem Mitarbeiter über eine App einen Folgeauftrag in nächster Nähe zu. Er muss sich keine neue Laufkarte ziehen, die Informationen nicht filtern und keine unnötigen Wege zurücklegen.

Das Attribut »Qualität« sorgt dafür, dass die Informationen in der richtigen Form angezeigt werden. Beispielsweise gibt die App alle relevanten Daten wie Materialmenge, Lieferadresse oder Gebindeform übersichtlich und gebündelt aus. Der Service prüft auch, ob die notwendigen Betriebsmittel wie Gabelstapler oder Transportwagen in der Nähe und verfügbar sind. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Anwendung kostengünstig ist. Für die iBeacons fallen zirka 35 Euro pro Stück an, das Smartphone oder Tablet liegt etwa zwischen 150 bis 300 Euro. Info@Need lässt sich allerdings nur anwenden, wenn die passende IT-Infrastruktur vorliegt. »Sollte ein Unternehmen noch nicht so weit sein, helfen wir gerne, eine Lösung zu implementieren«, bestätigt Hartleif.

## Anwendungspartner gesucht

Die IPA-Forscher haben Info@Need schon als Demonstrator realisiert. Jetzt suchen sie nach Unternehmen, die den Service in gemeinsamen Projekten weiterentwickeln möchten. »Insbesondere für das Attribut Qualität benötigen wir noch Spezifikationen. Die Partner müssen uns zurückspiegeln, welche Informationen ihnen bisher noch fehlen«, informiert Hartleif. Geeignet sei die Applikation für alle Unternehmen, die bei der Materialbereitstellung weite Wege zurücklegen. Im Juni 2018 soll die Entwicklung abgeschlossen sein. ■

## Kontakt

Silke Hartleif  
Telefon +49 711 970 1232  
silke.hartleif@ipa.fraunhofer.de



Der Service »Info@Need« versorgt Mitarbeiter aus der Materialbereitstellung bedarfsgerecht mit Informationen.

# Komplexe Analysen auf Knopfdruck

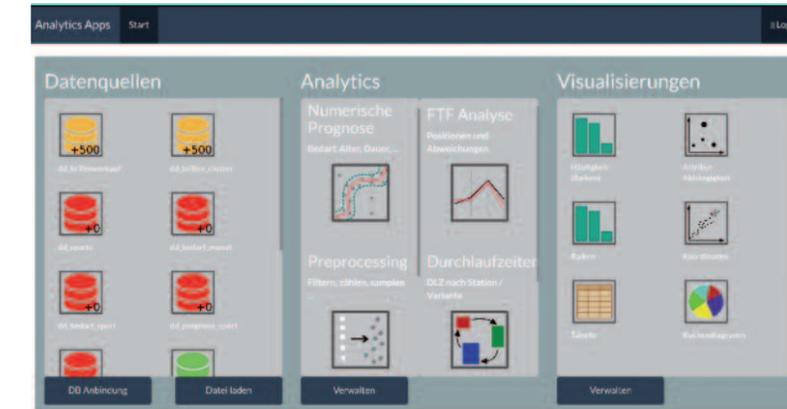
Mit »Analytics Apps« hat das Fraunhofer IPA eine App entwickelt, die Daten aus der Produktion abrufen und benutzerdefiniert analysiert. Umsatzprognosen, Qualitätsbewertungen, Produktionszeiten oder Instandhaltungen lassen sich damit schnell voraussagen und übersichtlich aufbereiten. Ab Ende 2018 ist die Anwendung über den Marketplace verschiedener Cloud-Services erhältlich.

Ein zentrales Element von Industrie 4.0 ist der sogenannte »digitale Schatten«. Die Idee dahinter ist, die Produktion in Echtzeit abzubilden. Dazu werden die Daten aller Maschinen, Bauteile oder Werkstückträger echtzeitnah erhoben und an ein zentrales IT-System übermittelt. Von hier aus können sie ausgewertet und intelligent weiterverarbeitet werden. Das Konzept ist aber nur dann hilfreich, wenn es Anwendungen gibt, die die heterogenen Datenmengen verwalten. »Man muss Funktionalitäten entwickeln, die auf dem digitalen Schatten leben«, informiert Eduardo Colangelo, Projektleiter am Fraunhofer IPA. Dazu gehört die webbasierte Anwendung »Analytics Apps«.

## Jede Maschine mit IT-Schnittstelle als Datenquelle nutzbar

Das Tool ermöglicht es, Daten aus verschiedenen Quellen abzurufen und mit integrierten Data-Mining-Algorithmen vielseitige Analysen durchzuführen. Über das Dashboard wählt der Nutzer die Datenquellen, Analysen und Visualisierungsmethoden aus. »Wir können prinzipiell jedes Produktionsmittel mit IT-Schnittstelle als Datenquelle verwenden. Vorhandene Datensätze lassen sich auch als Datei einlesen«, erklärt Colangelo. Im nächsten Schritt stehen dem Nutzer zahlreiche Analysen zur Verfügung. Möglich sind numerische Prognosen wie Umsatz- oder Qualitätsbewertungen oder die Berechnung der Durchlaufzeiten pro Station oder Produktvariante. Weiterhin verfügt die App über eine Preprocessing-Funktion, die die Daten nach bestimmten Kriterien aufbereitet. Zur Visualisierung kann man Balken- oder Kuchendiagramme, Koordinatenachsen, Tabellen oder Attributabhängigkeiten wählen. »Je nachdem, was der Nutzer sich wünscht, können wir die Funktionalitäten erweitern oder mit anderen Apps kombinieren«, betont Colangelo.

Das Fraunhofer IPA setzt die Anwendung derzeit bei einem 3D-Drucker ein, der auf Basis personenbezogener Daten per-



sonalisierte Brillen druckt. Als Datenquellen dienen unter anderem die Maschine, das Volumen, das Material oder die Bearbeitungszeit. Mit der numerischen Prognose lassen sich zum Beispiel Aussagen über die Druckqualität treffen. »Der Nutzer gibt die gewünschte Qualität ein. Anschließend berechnet die App, welche Maschine, welches Material und welche Durchlaufzeit nötig sind«, erklärt Colangelo. Über die Umsatzprognosen-Funktion kann er sich anschließend die Amortisationszeit ausgeben lassen. Auch Instandhaltungen oder Sicherheitsbestände lassen sich mit der App ermitteln. »So kann man sich schnell einen Entscheidungsbaum erstellen und die Produktion faktenbasiert planen«, hebt Colangelo hervor. Im Applikationszentrum Industrie 4.0 des Fraunhofer IPA ist ein Demonstrator dazu errichtet.

## Ab 2018 über offene Cloud-Plattformen erhältlich

Dank der standardisierten Schnittstellen läuft Analytics Apps auf allen offenen Cloud-Plattformen und lässt sich schnell implementieren. Zur Vermarktung sind verschiedene Modelle möglich, beispielsweise die Bezahlung pro Modul oder Pay per Use. In einem gemeinsamen Projekt mit dem Softwareunternehmen Flexis AG wird die Anwendung derzeit getestet und weiterentwickelt. Ab Projektende im Jahr 2019 ist sie über den Marktplatz verschiedener Cloud-Anbieter, unter anderem der am IPA entwickelten Plattform »Virtual Fort Knox«, erhältlich. Die Wissenschaftler rechnen aber schon in den nächsten Monaten mit Ergebnissen und möchten Industriepartnern die App früher zur Verfügung stellen. ■

## Kontakt

Eduardo Colangelo  
Telefon +49 711 970-1638  
eduardo.colangelo@ipa.fraunhofer.de

# IT-Tool macht Maschinendaten sichtbar

Immer mehr Maschinen verfügen heutzutage über eine IT-Schnittstelle. Dadurch fallen in der Produktion große Datenmengen an. Diese bergen für Unternehmen vielseitige Potenziale, zum Beispiel Fehler frühzeitig zu erkennen oder die Gesamtanlageneffektivität zu steigern. Dennoch arbeiten Unternehmen nur wenig mit den Daten aus der Produktion. »Die meisten Firmen lesen sie gar nicht erst aus. Falls doch, landen sie meistens in Excel-Listen oder auf einem Server im Keller«, bemängelt Jonas Gutjahr, Wissenschaftler am Fraunhofer IPA. Der Grund dafür sei, dass man Expertenwissen benötigt, um das komplexe Protokoll aus der Maschinensteuerung zu verstehen. »Ein Nicht-Steuerungstechniker erkennt zum Beispiel gar nicht, auf welche Maschinenkomponente sich die Daten beziehen«, weiß der Forscher.

## Tool verknüpft Maschinendaten mit CAD-Modell

Mit »InsideOut« haben die IPA-Experten ein Tool entwickelt, das Maschinendaten kontextbezogen visualisiert. Hierfür greift ein am IPA entwickelter hochperformanter Konnektor die Daten aus der Maschinensteuerung ab und stellt sie der Anwendung direkt oder über eine Cloud zur Verfügung. Im nächsten Schritt verknüpft InsideOut die Steuerungsdaten mit dem CAD-Modell. Der Betrachter sieht ein animiertes Maschinenmodell, das sich echtzeitnah bewegt. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Live-Stream ist es dem Nutzer aber möglich, mit der Applikation zu interagieren und Zusatzinformationen abzurufen. »Bei einem 3D-Drucker kann man zum Beispiel auf das Heizbett klicken und sich die Temperatur anzeigen lassen. Das gleiche gilt für den Füllstand oder die Koordinaten des Druckkopfs«, informiert Gutjahr. Auf diese Weise können Mitarbeiter, die von Steuerungstechnik wenig verstehen, die komplexen Maschinendaten interpretieren. Zu jeder Maschinenkomponente können relevante Informationen wie Anleitungen, Texte oder Bilder eingefügt werden. Visualisiert wird das virtuelle Maschinenmodell auf einem beliebigen Endgerät wie einem Touchmonitor oder einem Smartphone. Derzeit arbeiten die Wissenschaftler

darin, die Anwendung an die Augmented-Reality-Brille »HoloLens« von Microsoft anzubinden. »Dann kann der Träger auf die reale Maschine klicken und sich die Daten im Sichtfeld anzeigen lassen«, bestätigt Gutjahr.

## Informationen bedarfsgerecht filtern

InsideOut eröffnet Anwendern zahlreiche Potenziale: So muss der Mitarbeiter zum Beispiel nicht neben der Maschine stehen, um den Prozessfortschritt zu prüfen. »Man kann sich von überall aus anzeigen lassen, ob der Drucker jetzt aufgeheizt hat oder ob der Prozess wie gewünscht läuft«, betont Gutjahr. Außerdem ist es möglich, Informationen zu filtern und bedarfsgerecht anzeigen zu lassen. »Einem Instandhalter werden Fehlermeldungen angezeigt, einem Geschäftsführer Produktivitätskennzahlen und einem Maschinenbauer die Bedienungsanleitungen«, so Gutjahr. Dadurch seien weniger Rückfragen notwendig. Zukünftig sei auch denkbar, einen Alarm einzubauen und den Nutzer zu warnen, wenn bestimmte Grenzwerte über- oder unterschritten werden.

## Testanwender gesucht

Die IPA-Wissenschaftler haben InsideOut als Demonstrator realisiert. Dieser wird aktuell auf verschiedene Maschinen ausgeweitet. Dazu gehört neben dem IPA-eigenen 3D-Drucker eine Stanzmaschine oder die Krananlage, die mit einem Vakuumgreifer Pakete aufs Band befördert. Derzeit suchen die Experten noch nach Anwendern, um die Funktionalitäten und Anforderungen von InsideOut zu testen. Interessierte können das Tool im Applikationszentrum Industrie 4.0 oder im Future Work Lab live erleben. ■

## Kontakt

Jonas Gutjahr  
Telefon +49 711 970-3610  
jonas.gutjahr@ipa.fraunhofer.de

## Weitere Informationen

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/insideout.html>

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/zusammenarbeit/industry-on-campus/applikationszentrum-industrie-4-0.html>



IPA sucht Testanwender für »InsideOut«

Wackelpudding mit Gedächtnis

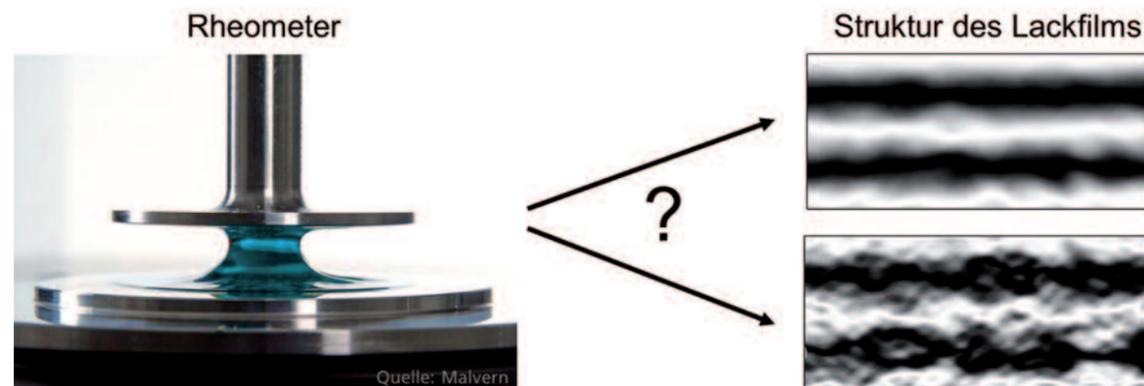
# Verlaufsvorhersage für handelsübliche Lacke

**Mit einem am Fraunhofer IPA entwickelten neuartigen Mess- und Auswerteverfahren ist es erstmals möglich, für alle Lacke das Laufverhalten aus den Lackeigenschaften vorherzusagen. Bei der Entwicklung eines Lacks können mit dem Verfahren durchschnittlich 15 Prozent Entwicklungszeit und 150 000 € Entwicklungskosten eingespart werden.**

Der Lackfilmverlauf zählt zu den wichtigen Kriterien bei der optischen Bewertung der Beschichtungsqualität. Bei unvollständigem Verlauf weist die Lackschichtoberfläche nach der Trocknung eine mehr oder weniger starke »Orangenhautstruktur« auf. Nach Zahlen des Verbands der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie beträgt der jährliche Umsatz des Markts für Lacke, für die der Kunde eine möglichst schwach ausgeprägte Orangenhautstruktur fordert, allein in Deutschland ca. 1,5 Milliarden Euro.

## Fließverhalten variiert während des Verlaufs

Unter den Lackeigenschaften hat das Fließverhalten den größten Einfluss auf den Verlauf. Für die meisten Industrieanwendungen soll der Lack einerseits so dünnflüssig sein, dass er sich leicht auftragen lässt, andererseits muss der entstehende Film so dickflüssig sein, dass er von geneigten Flächen nicht abläuft. Um diese gegensätzlichen Eigenschaften erfüllen zu können, besitzen die meisten industriellen Lacke ein sehr komplexes Fließverhalten mit scher- und zeitabhängigen viskoelastischen Eigenschaften. Die Fließeigenschaften dieser Lacke können sich während des Verlaufs allmählich von wässrig-dünn zu wackelpudding-gelartig wandeln. Weil sich der verlaufende Lackfilm an die zurückliegende starke Scherung während des Auftrags »erinnert«, ändern sich seine Fließeigenschaften nicht schlagartig, sondern allmählich. Man kann deshalb auch von »Gedächtnisflüssigkeiten« sprechen.



## Verlaufsvorhersage für alle Lacke aus den Lackeigenschaften

Die in der Industrie üblichen Methoden zur Messung des Fließverhaltens liefern keine Daten, mit denen im Vorhinein beurteilt werden kann, wie ein Lack mit komplexem Fließverhalten verlaufen wird. Mit dem am IPA entwickelten neuartigen Mess- und Auswerteverfahren kann erstmals für alle Lacke aus den Lackeigenschaften vorhergesagt werden, wie schnell und wie vollständig sie verlaufen. Dazu können die Fließeigenschaften gemessen und automatisiert in eine Verlaufsvorhersage umgewandelt werden.

## Wettbewerbsvorteil bei der Lackentwicklung

Das Verfahren ist besonders für Lackhersteller relevant, die während der Lackentwicklung das Laufverhalten ihrer Lacke optimieren müssen. Das neue Verfahren beschleunigt die Lackentwicklung, indem Lackversuche eingespart und verlaufsbeflussende Rohstoffe gezielter eingesetzt werden können. Während nach dem bisher üblichen Vorgehen mit Lackversuchen ein halber Tag von der Lackherstellung bis zum Verlaufsergebnis vergeht, kann diese Zeit mit dem neuen Verfahren auf 15 Minuten verkürzt werden.

»Nach eigener Erfahrung bei der Lackrezeptentwicklung gehen wir davon aus, dass die Gesamtentwicklungszeit eines Lacks um 15 Prozent verkürzt werden kann. Bei einer durchschnittlichen Entwicklungszeit von drei Jahren bedeutet dies eine Beschleunigung um 5,4 Monate – ein Zeitvorteil, der beispielsweise bei der Einführung neuer Farben für Automobile einen gewaltigen Wettbewerbsvorteil bedeutet«, informiert Entwickler Fabian Seeler. Nach einer Beispielrechnung des IPA können zusätzlich Kosten von durchschnittlich 150 000 € pro Lackentwicklung durch Verzicht auf Lackversuche eingespart werden. Das IPA wird die Charakterisierung von Lacken mit dem neuen Verfahren zunächst als Dienstleistung anbieten. Im zweiten Schritt soll die Mess- und Auswertesoftware auch direkt an Kunden vertrieben werden. ■

## Kontakt

Dr. Oliver Tiedje  
Telefon +49 711 970-1773  
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de

## Konkrete Erleichterungen für die Rezeptentwicklung sind:

- Es lassen sich Unterschiede im Laufverhalten zwischen verschiedenen Rezeptvarianten ohne Lackversuche automatisiert vorhersagen.
- In Lackversuchen erhaltene Verlaufsergebnisse können mit den in neuartiger Weise gemessenen Fließeigenschaften begründet werden.
- Es lässt sich ableiten, wie die Fließeigenschaften verändert werden müssen, um die Oberflächenstruktur einer gewünschten Struktur anzunähern – kurz- und langwellige Oberflächenstrukturen verlaufen bei viskoelastischen Lacken mit einer unterschiedlichen effektiven Viskosität!
- Die Reproduzierbarkeit des neuen Verfahrens ist größer als die von Lackversuchen.
- Es wird erkennbar, welchen Anteil die thixotrope Strukturholung (steuerbar z. B. über Rheologieadditive) und die Verdunstung (steuerbar z. B. über die Luftfeuchtigkeit beim Ablüften und die Lösemittelauswahl) jeweils an der Veränderung der Fließeigenschaften während des Verlaufs haben.



# Online-Plattform zeigt nachhaltigen Produktlebenszyklus



**Die meisten Unternehmen betrachten die Säulen der Entwicklung und Gestaltung eines Produkts über dessen Lebenszyklus getrennt voneinander. Dabei lassen sich mit einer ganzheitlichen Vorgehensweise ökonomische und ökologische Mehrwerte erzielen.**

Der Großteil der Unternehmen arbeitet mit einem linearen Produktionssystem. Der Produktlebenszyklus endet, sobald das Produkt defekt oder obsolet ist. Dabei ist es oft wirtschaftlicher und ökologisch nachhaltiger, die Produkte wiederzuverwerten oder aufzuarbeiten. Im Projekt »ResCoM« hat die Bayreuther Projektgruppe Regenerative Produktion des Fraunhofer IPA mit elf Partnern eine Online-Plattform entwickelt, die die Säulen Supply Chain, Geschäftsmodell, Produktdesign und IT-Systeme verknüpft. Ziel war es, Unternehmen zu einem in sich geschlossenen Produktlebenszyklus zu verhelfen.

## Produktlebenszyklus integriert betrachten

»Beispielsweise sind Kinderwagen oft so robust, dass sie mindestens fünf Jahre halten. Allerdings benötigen die meisten Eltern ihr Modell nur ein bis zwei Jahre. Hier wäre es wirtschaftlicher, die Kinderwagen mit der Zeit umzurüsten oder Leasing-Verträge anzubieten. Voraussetzung ist aber, dass das Produktdesign und das Geschäftsmodell entsprechend ausgelegt sind«, informiert IPA-Projektleiter Christoph Velte. Das ResCoM-Konsortium aus Industrie und Forschung hat eine IT-Plattform mit mehreren Tools entwickelt, die dem Anwender Methoden für einen nachhaltigen Produktlebenszyklus aufzeigen. Damit kann er ermitteln, welche Strategien sich für ihn eignen. Auf Basis seiner Daten erhält er zahlreiche Vorschläge, wie er seine Produkte umgestalten, anders anbieten oder wiederverwerten kann. Diese können in daran anschließenden Tools weiterentwickelt werden. Möglich ist beispielsweise eine tiefere Analyse des individuellen Produkts hinsichtlich der Aufarbeitbarkeit einzelner Komponenten oder eine Multi-Methoden-Simulation, welche ökonomische und ökologische Effekte ver-

schiedener Szenarien vergleicht. Die Datensätze sind so konzipiert, dass die Informationen in einer Datenbank gespeichert werden, auf die nahtlos zugegriffen werden kann. So lässt sich mit einer Funktion zur Ideenfindung beispielsweise eine Herangehensweise ermitteln, die man im nächsten Schritt mit Assessment-Tools kalkulieren kann. Ein erneutes Eingeben der Daten ist nicht nötig.

## Ergebnisse in Fallstudien validiert

Das Fraunhofer IPA hat die Ergebnisse der Online-Plattform im Rahmen von vier Fallstudien validiert. Getestet und umgesetzt wurden die Lösungen bei Herstellern von Kinderwagen, Automobilkomponenten, Unterhaltungselektronik und weißer Ware. Beim Kinderwagenhersteller Bugaboo wurde beispielsweise ein Pilotprojekt durchgeführt, bei dem Kunden ihr Modell leasen, anstatt es zu kaufen. Bezahlt wurde über eine monatliche Rate. Dieses Modell ermöglicht den Kunden, den Kinderwagen während der Laufzeit zu tauschen oder ihn mit zusätzlichen Komponenten auszustatten. »Mit dem Pilotprojekt konnten wir einige Herausforderungen von geschlossenen Produktkreisläufen identifizieren, ganz konkret beispielsweise die Transportkosten oder den Zustand der Kinderwagen nach der Nutzung«, erklärt Velte. ■

Interessierte Unternehmen können die Online-Plattform von ResCoM kostenlos nutzen unter: <http://www.rescoms.eu/>

## Kontakt

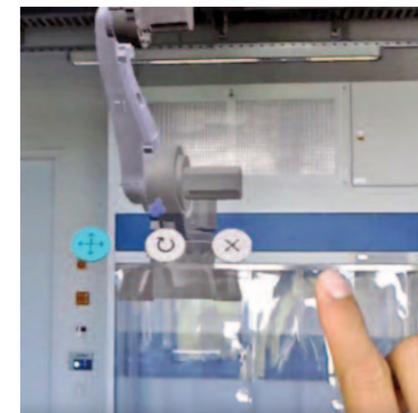
Christoph Velte  
Telefon +49 921 78516-422  
[christoph.velte@ipa.fraunhofer.de](mailto:christoph.velte@ipa.fraunhofer.de)

# Laborplanung leicht gemacht

Labors zu konzipieren gilt als besonders anspruchsvoll. Oft muss der Laborleiter in ein »Ist-System« hineinplanen und viele Einschränkungen und Vorgaben berücksichtigen. Die Umgebung ist außerdem äußerst komplex und kleinteilig, die zu integrierende Anlage wiederum signifikant groß. Hinzu kommt, dass Automatisierung in der Branche wenig verbreitet ist. Herkömmliche Methoden, den Entwurf zu visualisieren, stoßen dabei schnell an ihre Grenzen. »Mit Flipcharts, Power Point oder 3D-Modellen kann sich der Kunde das fertige Labor schlecht vorstellen«, kritisiert IPA-Forscher Marc Andre Daxer, der den »LabPlanner« entwickelt hat. Wenn sich später herausstellt, dass ein Prozess nicht wie geplant funktioniert, ist das in der Regel mit viel Aufwand verbunden.

## Auch bei Dokumentation hilfreich

Der LabPlanner eignet sich aber nicht nur zur Visualisierung von Infrastruktur. Labormitarbeiter können sich damit kontextbezogene Daten anzeigen lassen, die bei Labororganisation, Intralogistik sowie Personensicherheit von Interesse sind. Insbesondere im beengten Laborumfeld verbergen sich häufig versteckte Herausforderungen. »Die HoloLens gestattet zudem eine lückenlose Dokumentation der Planungsprozesse. Bei den strengen Regulierungen der Branche ist das ein großer Mehrwert«, weiß nCLAS-Leiter Mario Bott. Außerdem könne man sich gezielt Infos zum Prozess anzeigen lassen und dadurch Zeit sparen und Fehler vermeiden.



Der LabPlanner wurde im Rahmen des Innovation Center für Laborautomatisierung Stuttgart, kurz nCLAS, entwickelt. Aktuell befindet er sich im Testbetrieb der Projektpartner. Interessierte Labornutzer können ihn aber jetzt schon beziehen und vom nCLAS-Team bedarfsgerecht weiterentwickeln lassen. ■

## HoloLens erstmals für Labore eingesetzt

Der LabPlanner hilft, die Risiken bei der Laborplanung im Vorfeld zu reduzieren. Basis bildet eine HoloLens-Brille, die neue Objekte in bestehende Räume einblendet. Die IPA-Wissenschaftler haben die Anwendung erstmals im Laborkontext eingesetzt und die CAD-Daten von Laborgeräten und -anlagen dort verfügbar gemacht. Außerdem haben sie mehrere Testreihen durchgeführt und dabei die Sprach- und Gestensteuerung optimiert. »Mit der Brille erkennt der Anwender ganz genau, wie das neue Equipment mit den bestehenden Anlagen interagiert. Prozesse lassen sich damit im Vorfeld hinsichtlich kritischer Faktoren evaluieren«, erklärt Daxer. Auch für die Planung neuer Labore ist die Lösung hilfreich. Im Vergleich zu anderen Visualisierungsmethoden wie etwa 3D-Modellen ist die Anwendung zudem kostengünstig und unmittelbar verfügbar.

## Weitere Informationen

Innovation Center für Laborautomatisierung Stuttgart (nCLAS): <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/zusammenarbeit/industry-on-campus/niclas.html>

## Kontakt

Für LabPlanner:  
Marc Andre Daxer  
Telefon +49 711 970-1264  
[marc.andre.daxer@ipa.fraunhofer.de](mailto:marc.andre.daxer@ipa.fraunhofer.de)

Für nCLAS:  
Mario Bott  
Telefon +49 711 970-1029  
[mario.bott@ipa.fraunhofer.de](mailto:mario.bott@ipa.fraunhofer.de)

# Smarte Rollstühle, vorausschauende Prothesen

Treppen, steinige Wege und Stufen – für Rollstuhlfahrer sind solche Hindernisse oft unüberwindbar. Und auch für die Träger von Beinprothesen können sie gefährlich sein, weil das künstliche Körperteil – anders als das natürliche Knie- oder Sprunggelenk – keine Ausgleichsbewegungen macht. »Das Ziel der Forschung ist es daher, Rollstühlen und Prothesen Intelligenz zu verleihen«, sagt Bernhard Kleiner von der Abteilung Biomechanische Systeme am Fraunhofer IPA. Zusammen mit seinem Team hat er ein Sensorsystem entwickelt, das hilft, Hindernisse rechtzeitig zu erkennen und zu überwinden.

## Klein, leicht, energiesparend: Radar on Chip

Herzstück der neuen Technik sind Radar-on-Chip-Sensoren zum Scannen der Umgebung. Verglichen mit Ultraschall- oder Lasersensoren, die traditionell zur Steuerung von Robotern eingesetzt werden, haben die Radar-Chips mehrere Vorteile: Sie sind deutlich leichter und kleiner, eignen sich daher besonders gut für mobile Anwendungen und funktionieren auch außerhalb geschlossener Räume. Für den Einsatz in der Orthopädietechnik ist das ein großer Vorteil, denn die Patienten sollen die neuen Funktionen in möglichst vielen Situationen verwenden können. Günstige Radarchips haben jedoch auch einen Nachteil: Sie verfügen nur über eine Antenne, welche sowohl Signale ausstrahlt als auch die reflektierte Strahlung empfängt. Mit dieser Anordnung lassen sich nur Gegenstände sichtbar machen, die vom Radarstrahl direkt getroffen werden. Die Messung ist damit eindimensional. Für die Ortung von Hindernissen ist das zu wenig.

## Signalverarbeitung eröffnet neue Dimensionen

Durch einen Trick ist es Kleiners Team gelungen, aus den eindimensionalen Messungen ein zweidimensionales Bild zu erstellen: »Ähnlich wie ein Laserscanner verschiedene Punkte einer Oberfläche abtastet, kombinieren wir mehrere Reflexionen aus unterschiedlichen Blickrichtungen«, erläutert der Projektleiter. Die unterschiedlichen Blickrichtungen entstehen quasi von selbst, wenn der Radar-Chip bewegt wird – beispielsweise, weil sich der Träger einer mit der Sensorik ausgerüsteten Beinprothese bewegt. Komplizierter ist es mit einem Sensor, der in einen Rollstuhl integriert ist, unterschiedliche

Blickwinkel zu erzeugen. Hier hilft ein Spiegel, der den Radarstrahl hin- und herlenkt. Aus den unterschiedlichen Messungen erzeugt dann ein eigens entwickelter Algorithmus das 2D-Bild der Umgebung, auf dem sich Hindernisse bis auf wenige Zentimeter genau lokalisieren lassen.

## Internationale Kooperationen

Das Verfahren haben die Experten am IPA bereits patentiert. Zusammen mit dem isländischen Unternehmen Össur, einem führenden Prothesen-Hersteller, untersuchen sie jetzt, wie die elektronische Steuerung von Beinprothesen mit Hilfe der Radar-Bilder verbessert werden kann. Und in einem Forschungsprojekt mit den Human Engineering Research Laboratories HERL der amerikanischen University of Pittsburgh entwickeln die Fraunhofer-Ingenieure einen intelligenten Rollstuhl mit beweglichen Radgelenken, der sogar Treppen überwinden kann. ■

## Kontakt

Bernhard Kleiner  
Telefon +49 711 970-3718  
bernhard.kleiner@ipa.fraunhofer.de



Roboter-Rollstuhl MeBot mit der Fähigkeit zum Treppensteigen.

# Vollautomatisierter Virus- nachweis in der Blutspende

Blut spenden kann Leben retten – allerdings nur, wenn das Blut keine gefährlichen Krankheitserreger enthält. In den Blutspendezentren werden daher alle Spenden auf eine Vielzahl von Viren untersucht, darunter HIV und Hepatitis. Ein ziemlicher Aufwand: »Die Mitarbeiter im Labor müssen täglich tausende von Proben testen. Hier kann Automatisierungstechnik Zeit und Kosten sparen«, erklärt Matthias Freundel von der Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik am Fraunhofer IPA.

Zusammen mit der Gesellschaft zur Forschung, Entwicklung und Distribution von Diagnostika im Blutspendewesen mbH (GFE Blut), einer Gesellschaft des Deutschen Roten Kreuzes, hat sein Team die nächste Generation eines Analysevollautomaten für das Blutscreening entwickelt.

Herzstück der Anlage ist das von den IPA-Forschern neu entwickelte Extraktionsmodul. Dieses isoliert virale DNA oder RNA mit Hilfe von Silika-Partikeln aus dem Blutplasma. Die aus den Viren freigesetzten Nukleinsäuren werden an der Oberfläche der Partikel gebunden und von sonstigen Plasmabestandteilen getrennt. Nach dem Auswaschen von Verunreinigungen und Ablösen von den Partikeln, stehen die gereinigten und angereicherten Nukleinsäuren für die hochsensitive Analytik zur Verfügung.

## Der Pool spart Zeit und Blut

Um täglich tausende von Blutspenden auf bis zu 6 Viren effizient testen zu können und den Bedarf an teuren Reagenzien zu reduzieren, wird in Deutschland traditionell mit gepoolten Proben gearbeitet. Dabei werden Proben von bis zu 96 Spendern zusammengefasst und wie eine Einzelprobe getestet. Der komplette Prozess konnte jetzt in ein Analysesystem integriert werden. Sollte ein Pool – was selten vorkommt – ein positives Analyseergebnis aufweisen, müssen die Einzelproben im Detail untersucht werden. Auch diese Suche nach infektiösen Blutproben erfolgt automatisiert.



## Intuitive Software macht flexibel

Obwohl das Gerät sehr komplex ist, lässt es sich, dank eines intuitiven Softwarekonzepts, leicht bedienen: Der Anwender stellt die Proben und Reagenzien auf die Anlage, wo sie über ihren Barcode einzeln erfasst und mit den Daten des Informationssystems abgeglichen werden. Es erfolgt eine Überwachung über alle Prozessschritte.

»Das System, das wir entwickelt haben, ist äußerst benutzerfreundlich und flexibel. In wenigen Schritten führt die intuitive Touchscreen-Software durch die Auswahl der erforderlichen Pool- und Testparameter. Man kann die Analytik auch schnell an die Vorschriften anderer Länder anpassen«, so Freundel. »Außerdem lassen sich neue Hardwarekomponenten problemlos integrieren – das ermöglicht einen nachhaltigen Betrieb der Anlagen.«

Derzeit wird das Gerät bei GFE Blut getestet. Die weltweite Markteinführung ist geplant. ■

## Kontakt

Matthias Freundel  
Telefon +49 711 970-1168  
matthias.freundel@ipa.fraunhofer.de

## Vorschau Interaktiv Ausgabe 2|2018

### Schöne neue digitale Welt

Die deutsche Wirtschaft ist mittendrin statt nur dabei. Mitten in der digitalen Transformation. Aber was genau bedeutet das? In der kommenden Ausgabe des Interaktiv begeben wir uns auf Spurensuche. Wir werden Hidden Champions und Smart Player besuchen und darüber berichten, was ihnen die Lernreise Industrie 4.0 live, die nach zwei Jahren im Juni 2018 endet, gebracht hat. Und wir werden unseren Blick auf eine der wichtigsten Automatisierungsmessen – die AUTOMATICA in München – richten und schauen, welchen Beitrag Fraunhofer aktuell zur Vernetzung von Produktionskomponenten leisten kann.

### Impressum

interaktiv Ausgabe 1|2018 | Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA

#### Herausgeber:

Fraunhofer-Gesellschaft  
Hansastraße 27c | 80686 München

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Deutschland

Marketing und Kommunikation | Leitung: Fred Nemitz | [fred.nemitz@ipa.fraunhofer.de](mailto:fred.nemitz@ipa.fraunhofer.de)

#### Redaktion:

Jaana Ernst, Ramona Hönl, Fred Nemitz, Christine Sikora (Bild und Produktion),  
Dr. Birgit Spaeth, Dr. Karin Röhrich, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion), Hannes Weik

Telefon +49 711 970-1667 | [presse@ipa.fraunhofer.de](mailto:presse@ipa.fraunhofer.de)

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

Seite 6 unten: Quelle BGR/raum 11; Seite 7 oben: Fraunhofer IAP; Seite 8 oben: Quelle: Saturn; Seite 4, 10 und 12: Universität Stuttgart, ARENA2036; Seite 11: ©fotohansel – stock.adobe.com; Seite 16: AUDI AG; Seite 20: Pauline Bonnke, Fraunhofer IPA; Seite 22–23: FKFS-Symposium: Quelle: © FKFS/Fotografie: Uli Regenscheit und Frank Eppler; Seite 24: Fotolia – animaflorea2016; Seite 26: Foto: Peter Dietrich; Seite 4, 32–35: Quelle: Voith Media Archiv; Seite 37: Foto: TU Delft; Seite 4 und 44: ©Marek R. Swadzba – stock.adobe.com; Seite 45: ©Lichtmalder – stock.adobe.com; Seite 48: Quelle: Human Engineering Research Laboratories HERL, University of Pittsburgh; Seite 49: Quelle: GFE Blut

**Titelbild:** Fotolia – Chuiko Sergei, Russia und ©Style-Photography – stock.adobe.com

**Druck:** Wahl-Druck GmbH

#### Bestellservice:

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



# Die virtuelle Welt erobert die Produktion



**Fraunhofer**  
IPA

Für einen Besuch gerne anmelden unter:

<http://www.wir-produzieren-zukunft.de/automatica2018>

