

# DIGITALISIERTE PRODUKTION: TRENDS UND PERSPEKTIVEN



- 3 Editorial
- 4 »Viele Firmen, die Industrie 4.0 bereits umsetzen, bestätigen bis zu 50 Prozent Produktivitätszuwachs.«  
Interview mit Prof. Thomas Bauernhansl
- 8 Möglichkeiten der Industrie 4.0 voll ausschöpfen
- 11 Kognitive Sensorik in der Produktion
- 14 Blockchain und die Auswirkungen auf Industrie 4.0  
Interview mit Prof. Wolfgang Prinz
- 18 Digitalisierte Produktion: Umformpresse goes Industrie 4.0
- 20 Datenaustausch: Sicher und smart
- 22 Digitalisierung meistern
- 23 Grüner Strom in der Produktion
- 24 Autonomer 3D-Scanner unterstützt individuelle Fertigungsprozesse
- 26 Die Zukunft der Zerstörungsfreien Prüfung im Kontext von Industrie 4.0  
Interview mit Prof. Randolph Hanke
- 31 Impressum



## DIE PRODUKTION DER ZUKUNFT SCHON HEUTE ERLEBEN

Digitalisierte Produktionstechnologien beeinflussen Geschäftsmodelle und verändern Marktstrukturen. Begriffe wie Industrie 4.0 und das Internet der Dinge stehen für einen Paradigmenwechsel in Wirtschaft und Gesellschaft. Der Hintergrund: die steigende Zahl zunehmend vernetzter und automatisierter Geräte, Maschinen und Produkte. Für 2020 werden 32 Milliarden mit dem Internet verbundene Objekte prognostiziert. Der wirtschaftliche Impact der Digitalisierung ist erheblich: Durch Industrie 4.0 sind Studien zufolge allein in sechs volkswirtschaftlich relevanten Branchen bis 2025 Produktivitätssteigerungen in Höhe von rund 78 Milliarden Euro möglich.

Aus den damit einhergehenden neuen Möglichkeiten erwachsen auch Erwartungen: Die vernetzten Produktions- und Arbeitsprozesse der Zukunft müssen sicher, flexibel und intuitiv sein, kostengünstig und nachhaltig zugleich. Die individualisierte Produktion bis zur Losgröße 1 ist davon ebenso betroffen wie die vernetzte Großproduktion, Logistik und Kommunikation. All dies lässt sich wiederum nur

mit modernster Sensorik meistern: Kognitive Systeme und das maschinelle Lernen ermöglichen erst das industrielle Internet of Things.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist im Bereich der »highly customized mass production« als etablierter Partner der Wirtschaft bestens aufgestellt – und orientiert sich bei der individuellen Lösungsfindung stets eng am praktischen Bedarf der Kunden. Im neu eröffneten Fraunhofer-Leistungszentrum »Vernetzte, adaptive Produktion« arbeiten Experten aus mehreren Fraunhofer-Instituten an der vollständigen Vernetzung von Maschinen und Sensoren. Mit diesem und vielen weiteren Projekten leistet Fraunhofer einen aktiven Beitrag zur Stärkung der Zukunftsfestigkeit von Unternehmen am Wirtschaftsstandort Deutschland und Europa.

Prof. Dr. Reimund Neugebauer,  
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft



## »VIELE FIRMEN, DIE INDUSTRIE 4.0 BEREITS UMSETZEN, BESTÄTIGEN BIS ZU 50 PROZENT PRODUKTIVITÄTSZUWACHS.«

Ein Interview mit Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, über die fortschreitende Digitalisierung und den Paradigmenwechsel in der Produktion im Zuge von Industrie 4.0.

### Industrie 4.0 wird sehr unterschiedlich interpretiert. Prof. Bauernhansl, was verstehen Sie darunter?

Industrie 4.0 steht für eine vollständige digitale Vernetzung aller Produktionsmittel, deren virtueller Repräsentanz, dem sogenannten digitalen Schatten oder auch digitalen Zwilling, und der beteiligten Mitarbeiter. Dies ermöglicht revolutionäre Veränderungen in der Produktion, indem hochqualifizierte und flexible Mitarbeiter mit intelligenten cyberphysischen Systemen kooperieren und so smarte Prozesse ermöglichen. Industrie 4.0 ist noch nicht in jedem Unternehmen angekommen, aber ganz Deutschland beschäftigt sich

damit und wir gehen davon aus, dass dadurch eine revolutionäre Veränderung der Wertschöpfung stattfinden wird – die 4. industrielle Revolution.

### Bislang ist Industrie 4.0 vorrangig ein Thema der großen Konzerne. Wie gelingt es dem Mittelstand mitzuhalten?

Das sehe ich nicht so: Die großen Konzerne beschäftigen sich vor allem aus der Risikosicht mit dem Thema, weil ihre tradierten Geschäftsmodelle bedroht sind und klassische Wettbewerbsvorteile schwinden. Zum Beispiel verändert sich der Marktzugang aufgrund des Internets

vollkommen. Auch beim Thema Investition in Know-how muss es aufgrund von Open Source ein Umdenken geben. Gerade für innovative und schnelle Mittelständler bietet Industrie 4.0 sehr viele Chancen. Leider haben das bisher noch nicht alle erkannt, aber die Gruppe derjenigen, die Industrie 4.0 ernsthaft betreiben, wächst stetig und jeden Tag.

### Inwiefern profitieren der Mittelstand und seine Kunden von Industrie 4.0?

Industrie 4.0 stellt den Kunden in den Mittelpunkt und integriert ihn als Prosumer in die eigene Wertschöpfung. Das schafft Möglichkeiten, komplexe Aufgaben neu zu orchestrieren bzw. zu verlagern. Sprich: der Kunde übernimmt Aufgaben. Auch Mittelständler können Communities und entsprechende Dienstleistungen in ihr Wertschöpfungs-system integrieren. Das schafft eine hohe Produktivität, da die Transaktionskosten der Komplexität massiv sinken. Gleichzeitig kann die Qualität des Service massiv erhöht werden. Folgt der Mittelstand dieser Logik, verbessert



Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

er seine globale Wettbewerbsfähigkeit deutlich.

### Mit dem Applikationszentrum Industrie 4.0 ermöglicht das Fraunhofer IPA innovative Industrie 4.0-Lösungen in unmittelbarer Zusammenarbeit mit der Industrie. Welchen Benefit haben Unternehmen durch die Kooperation?

Das Motto unseres Applikationszentrums lautet: In Geschäftsmodellen denken – in Kooperationen handeln. Analysiert man die erfolgreichen Projekte im Mittelstand, sieht man rasch, dass sie nur aufgrund von Netzwerken möglich waren. Einzelne Unternehmen sind in einer vernetzten Welt nicht in der Lage, Lösungen so zuzuschneiden, dass sie den Kundenbedarf zu hundert Prozent treffen – das geht nur in Kooperationen. Um eine Plattform für Kooperationen zwischen Wissenschaft, Forschung und Industrie, aber auch unter den Industrieunternehmen zu ermöglichen, haben wir am Fraunhofer IPA das Applikationszentrum Industrie 4.0 aufgebaut. Damit schaffen wir die Voraussetzungen für die sogenannten



Economies of Communication, das heißt für die Synergien, die notwendig sind, um Profitabilität einerseits und einen hohen Kundennutzen andererseits zu erzielen.

### **Wird die Additive Fertigung in Bezug auf Losgröße 1 künftig eine Schlüsselrolle spielen?**

Die Prozesse der Additiven Fertigung sind vielfältig und spielen ganz sicher zukünftig eine Schlüsselrolle. Allerdings wird sie die klassischen Verfahren nicht verdrängen, sondern ergänzen und ein ganz neues Segment von Produktionstechnologien eröffnen. Zusätzlich gibt es das Feld der hybriden Verfahren: Additive Fertigung wird dann mit klassischen Verfahren kombiniert. Ein Bauteil wird dann zum Beispiel per Fräsen bearbeitet und dann zusätzlich per Selective Laser Melting individualisiert, indem man zusätzliche Strukturen anbringt. Überall da, wo sehr kundennah in kleinen Stückzahlen mit hoher Flexibilität produziert wird, macht Additive Fertigung zurzeit Sinn. Aber sie breitet sich auch immer mehr aus. In der Automobilindustrie

werden bereits erste additiv hergestellte Bauteile in Serienfahrzeugen eingesetzt. Zwar noch in kleinen Stückzahlen, aber sobald die Materialpreise sinken und die Prozessqualität und die Robustheit der Systeme weiter ansteigen, werden wir einen Siegeszug der additiven Verfahren in vielen Bereichen der klassischen Fertigung sehen.

Das Fraunhofer IPA wird in den nächsten Jahren acht Zentren im Bereich der Mass Personalization aufbauen. Die Themen reichen von der Additiven Fertigung, der digitalen Batteriezellproduktion und smarten Materialien über frugale sowie cyberphysische Produktionssysteme bis hin zur Cybercognitive Intelligence und dem Leichtbau.

### **Industrie 4.0 verspricht Vorteile bei den Kosten. Welche konkreten Einsparpotenziale ergeben sich durch Digitalisierungstechnologien?**

In fast allen Bereichen gibt es sehr große Potenziale zur Kosteneinsparung. Bestandskosten können beispielsweise um 30 bis 40 Prozent gesenkt werden,

weil man auf Basis von Echtzeitinformationen in der Lage ist, Sicherheitsbestände zu minimieren und vor allem Bestellmengen in der Lieferkette besser steuern kann. Die Lagerhaltungskosten gehen entsprechend nach unten. Insbesondere in der Planung und im Management erhöht sich die Produktivität. Die Fehlerrate sinkt. Weil man in Echtzeit auf Qualitätsdaten zugreifen oder sie unternehmensübergreifend austauschen kann und über augmentierte Realität entsprechend schneller zum Problem vordringt. So erfolgen dann auch Reparaturen von Systemen einfacher und schneller. Es gibt ein enormes Nutzenpotenzial. Viele Firmen, die Industrie 4.0 bereits umsetzen, bestätigen, je nach Komplexität des Produktionsfalls, bis zu 50 Prozent Produktivitätszuwachs.

### **Industrie 4.0 und die menschenlose Fabrik werden häufig in einem Atemzug genannt. Welchen Einfluss hat die vernetzte Produktion auf die Zukunft der Arbeit?**

Das wird nicht kommen, der Mensch bleibt im Mittelpunkt der Wertschöpfung. Er wird zum »Dirigenten« in der Produktion. Er

trifft die strategischen Entscheidungen und wacht über den Fabrikbetrieb. Die menschliche Intelligenz wird – bei aller Autonomie der cyberphysischen Systeme – immer unerlässlich bleiben. Der Mensch entwirft und gestaltet das Produkt – das werden die Roboter so schnell nicht können. Wer aber eine Werkzeugmaschine bedient, der kann heutzutage ebenso die Maschinen programmieren, und wenn Not am Mann ist, kann er sie auch reparieren. Die Welten der Produktion verschmelzen mit den Welten der Planung, Steuerung und Optimierung. Die Fertigkeitsebenen, also Facharbeiter, die über viel Erfahrung verfügen und ihr Handwerk verstehen, sind ja immer knapper auf dem Arbeitsmarkt. Deswegen sollten die Industrieunternehmen ihre Ausbildungskompetenz stärken, beispielsweise mit Lernfabriken und der Bereitstellung von mehr Ausbildern, so dass die Übernahmequote steigt.

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





## MÖGLICHKEITEN DER INDUSTRIE 4.0 VOLL AUSSCHÖPFEN

Im Fraunhofer-Leistungszentrum »Vernetzte, adaptive Produktion« arbeiten drei Aachener Fraunhofer-Institute an der vollständigen Vernetzung von Maschinen und Sensoren, um alle erfassten Produktionsdaten mit intelligenten Algorithmen in Echtzeit auszuwerten und Prozesse flexibel anpassen zu können. Damit ergeben sich vielfältige Diagnose- und Prognosemöglichkeiten, um die Fertigung anspruchsvoller Produkte für unterschiedliche Branchen zu realisieren.

Eine individuelle Bearbeitung von Bauteilen oder eine Optimierung der Fertigung während des Produktionsprozesses ist heute oft gar nicht oder nur sehr eingeschränkt machbar. Genau das aber wollen Forschende aus drei Aachener Fraunhofer-Instituten ermöglichen. Dafür entwickeln sie eine komplett vernetzte Produktionsumgebung, die sich für unterschiedliche Branchen eignet – für die Biomedizin genauso wie den Maschinenbau. Im Leistungszentrum »Vernetzte, adaptive Produktion« wollen sie die Möglichkeiten der Industrie 4.0 für besonders anspruchsvolle Fertigungsaufgaben voll ausschöpfen.

»Mit unserem Ansatz bringen wir die Digitalisierung und Vernetzung in die reale Fertigungsumgebung«, sagt Dr.-Ing. Thomas Bergs, Geschäftsführer des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen. »Wir statten die Anlagen mit Sensoren aus, die permanent Messdaten aus den Maschinen an eine zentrale Datenbank senden – und zwar kabellos, über den kommenden Mobilfunkstandard 5G.« Die gesammelten Daten werden in einer speziell entwickelten Cloud, dem »Virtual Fort Knox«, gespeichert und dort mit eigens dafür konzipierten Algorithmen und Technologie-Apps

verarbeitet und analysiert. So lassen sich neue, überraschende Korrelationen erkennen – etwa Schwingungsmuster, die darauf hindeuten, dass das Werkzeug einer Fräsmaschine verschlissen ist.

### Sechs Anlagen für Pilotanwendungen

Um die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung von Produktionseinrichtungen zu verdeutlichen, haben die Experten vom IPT gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME sechs verschiedene Anlagen für Pilotanwendungen aufgebaut – darunter Prozessketten für die Fertigung von Turbinenschaufeln, zur Gewinnung von Medikamenten aus Pflanzen und für die Produktion von Batteriemodulen für Elektroautos. Bei der Herstellung der Turbinenbauteile für Flugzeugantriebe kommt es besonders auf Präzision und Sicherheit an. Die Schaufeln werden heute vielfach mit

Werkzeugmaschinen aus einem massiven Titanblock gefräst. Dabei können Schwingungen entstehen, die bei der Bearbeitung zu Ungenauigkeiten führen. In der Pilotanlage wurden deshalb Sensoren installiert, die Schwingungen von Hundertstel Millimetern und wenigen Millisekunden präzise aufnehmen. Die enormen Datenmengen, die dabei entstehen, sollen künftig über das 5G-Netz in die gesicherte Cloud einfließen.

Eine Besonderheit des neuen Leistungszentrums ist, dass alle Produktions- und Sensordaten individuell für jedes Produkt gespeichert werden – in einem »Digitalen Zwilling«, der die vollständige Produktionshistorie enthält. Treten später Schäden auf, kann man im Prozess zurückblättern und den Daten entnehmen, wo der Fehler entstanden ist, um den Prozess zu optimieren. Ebenso wie bei der Fräsbearbeitung kommt auch bei der Gewinnung von Wirkstoffen aus Pflanzen der Datenanalyse und der Rückverfolgung der Produkthistorie eine besondere Bedeutung zu. Am Fraunhofer IME werden Pflanzen



unter kontrollierten Bedingungen gesät, aufgezogen, dann biochemisch verändert, sodass sie Medikamente produzieren, und anschließend geerntet. Im letzten Schritt werden die Wirkstoffe extrahiert und isoliert.

### Umfangreiche Big Data-Analysen

Da verschiedene Pflanzen unterschiedlich wachsen und verschiedene Mengen an Wirkstoff liefern, ist es hier interessant, die Historie der Pflanzen nachzuvollziehen, um die Wachstumsbedingungen und die Wirkstoffproduktion genau analysieren zu können. »So können wir am Ende erkennen, unter welchen Bedingungen die Pflanzen besonders produktiv sind und damit den Prozess laufend anpassen«, sagt Dr. Johannes Buyel vom Fraunhofer IME. »Wir führen umfangreiche Big Data-Analysen durch, um die richtigen Parameter zu finden und zu überwachen, die die Wirkstoffproduktion beeinflussen.«

Am Fraunhofer ILT wurde das Konzept der Digitalisierung und Vernetzung auf die

Fertigung von Batteriemodulen zugeschnitten. Solche Module bestehen aus Tausenden einzelner Zellen, die per Laser miteinander verschweißt und kontaktiert werden müssen. Ein aufwändiger Prozess, bei dem hohe Zuverlässigkeit gefordert ist, denn bricht im Betrieb auch nur eine einzige Schweißstelle, kann das ganze Modul versagen. Die Aachener Expertinnen und Experten überwachen das Schweißen deshalb mit Sensoren. »Wir können damit die Qualität des Laserschweißens in Echtzeit kontrollieren oder in der Produkthistorie verfolgen«, sagt Dr.-Ing. Alexander Olowinsky, Ingenieur am ILT. Dank der kompletten Vernetzung der Anlage und eines durchgehenden Datenflusses lässt sich die Batteriefertigung künftig sehr viel flexibler gestalten. »Heute geben die Hersteller meist den Bauraum und den Zelltyp vor. Wir können hingegen für jede Anwendung den idealen Batterietyp mit den idealen Leistungsdaten und der richtigen Größe wählen, um ihn optimal in ein Fahrzeug einzupassen.«

[www.vernetzte-adaptive-produktion.de](http://www.vernetzte-adaptive-produktion.de)

## KOGNITIVE SENSORIK IN DER PRODUKTION

In Unternehmen steht Digitalisierung häufig noch für punktuelle Einzellösungen, die nur unvollständig oder gar nicht miteinander vernetzt sind. Damit sich Prozesse verzahnen, anwendungsspezifische Daten austauschen und Abläufe optimieren lassen, entwickeln Fraunhofer-Forscher Technologien zur Identifikation, Lokalisierung und Kommunikation für kognitive Sensorik und Systeme. Zudem erforschen sie die Verwertung von Daten im Rahmen datengetriebener Dienstleistungen und entsprechender Geschäftsmodelle.

Momentan füllt vor allem Ware von der Stange die Kaufhausregale. Künftig jedoch sollen Produkte individueller werden, langfristig wird es in einigen Branchen hin zu Losgröße 1 gehen – also zum Einzelstück. In der Automobilproduktion ist dieses Ziel nicht mehr weit entfernt. Schon heute werden Fahrzeuge den Kundenwünschen entsprechend zusammengestellt. Für die Produktion bringt das viele Herausforderungen mit sich, die sich mit Technologien für kognitive Sensorik meistern lassen. Sprich: Bauteile müssen identifiziert und lokalisiert werden, Maschinen und Systeme miteinander und

mit ihren menschlichen Kollegen kommunizieren. Darüber hinaus ist eine passende Anwendungslogistik erforderlich, die Entscheidungen und Vorgänge steuert.

### Industrie 4.0-Lösungen am Beispiel einer Motor-Montage

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Nürnberg bietet Technologien für diese Herausforderungen – etwa für Motor-Montagen. Die Lösungen reichen von der Lokalisierung der Flurförderzeuge für eine Verbesserung der Lagerabläufe und der Anlieferung des



Motors an die korrekte Station über die Unterstützung der Montage mit intelligentem Werkzeugtracking, intelligenten Behältern und Kommissioniersystemen bis zur Zustandsüberwachung von Maschinen. Die datenbasierte Optimierung von Arbeitsprozessen ist dabei Grundlage für die Effizienzsteigerung im gesamten Betrieb. So lassen sich Daten, die mittels kognitiver Sensorsysteme gesammelt werden, auch dazu nutzen, die Supply Chain automatisiert zu steuern und zu überwachen, etwa per Predictive Analytics – einem Prognoseverfahren, mit dem künftige Ereignisse ermittelt werden. Alle vorgestellten Technologien haben bereits einen so hohen Reifegrad erlangt, dass sie in industriellen Pilotprojekten getestet und optimiert werden. Derzeit laufen Pilotprojekte mit BMW und Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit der Siemens AG und anderen Partnern, die Teile ihrer Fertigung und ihrer Logistik mit digitalen Technologien ausstatten, um ihre Mitarbeiter gezielt durch Assistenzsysteme in der Interaktion mit der Maschine zu unterstützen.

### Nervenzellen des industriellen Internet of Things

»Mit kognitiver Sensorik wird der digitale Wandel konkret umsetzbar«, erläutert Prof. Dr.- Ing. Albert Heuberger, geschäftsführender Leiter des Fraunhofer IIS. »Kognitive Systeme sind die Nervenzellen des industriellen Internet of Things, kurz IIoT. Sie erfassen die Messwerte nicht nur, sondern werten sie direkt aus, treffen Entscheidungen durch intelligente Schlussfolgerungen und leiten sie bedarfsgerecht weiter. Das Fraunhofer IIS liefert hierzu konkrete Lösungen für die drahtlose Kommunikation und Lokalisierung im gesamten IIoT- und IoT-Umfeld. Kognitive Sensorik setzt auch auf den Einsatz und die Integration von Maschinellem Lernen, um die richtigen Daten an der richtigen Stelle zur richtigen Zeit für die richtige Anwendung bereitzustellen.«

### Intelligente Behälter

In der Montage ist es einerseits wichtig, dass die Werker jederzeit alle zu verbau-

enden Teile griffbereit haben und das Band nicht wegen fehlenden Materialnachschs stillsteht. Zum anderen sollen nicht mehr Teile als nötig vorgehalten werden, da dies die Lagerkosten in die Höhe treibt. Hierfür haben die Forscher eine maßgeschneiderte Lösung entwickelt: Intelligente Behälter, die wissen, wo sie sich befinden, wie es um ihren und den Zustand der Teile steht, und die abhängig vom Füllstand bei Bedarf automatisch Nachschub ordern. Die Kommunikation der Behälter läuft über die s-net®-Technologie aus dem Fraunhofer IIS. Die Behälter kommunizieren dabei über Funk sowohl miteinander als auch mit der Infrastruktur und bilden so ein Netzwerk. Über ein dynamisches Display geben sie ihre Informationen an den Mitarbeiter weiter – so informieren sie ihn beispielsweise, wann der nachbestellte volle Behälter eintrifft. Die Daten, die die Behälter erfassen, werden in einer Cloud gesammelt und stehen dort für Big Data-Analysen zur Verfügung. Mittels induktiver Nahfeldortung lässt sich überprüfen, ob der Werker tatsächlich in die richtige Kiste

gegriffen hat und wo er das nächste zu verbauende Teil findet.

Der Monteur braucht nicht nur Kleinteile wie Schrauben und Muttern, die sich in solchen Behältern verstauen lassen, sondern auch größere Bauteile, die in Regalsystemen gelagert werden. Um den Lagerraum möglichst klein halten zu können, wird der Platz flexibel eingesetzt. Das heißt: Die Bauteile liegen immer wieder an einer anderen Stelle. Daher führt ein Lichtsignal den Monteur und zeigt ihm an, an welcher Stelle im Bereitstellungsregal er das benötigte Produkt findet. Allerdings sind solche gängigen Pick-by-Light-Systeme entweder kabelgebunden und somit schwer zu installieren oder sie haben eine geringe Batterielaufzeit. Im Projekt Pick-by-Local-Light (PbLL) entwickeln die Forscher daher ein neuartiges Kommissioniersystem, das auf drahtlosen Sensornetzen basiert.



Prof. Wolfgang Prinz, PhD

## BLOCKCHAIN UND DIE AUSWIRKUNGEN AUF INDUSTRIE 4.0

Blockchain kann eine Schlüsseltechnologie der Zukunft sein – im Hinblick auf Industrie 4.0 birgt sie großes Potenzial. Prof. Wolfgang Prinz, PhD, stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT, über die Chancen und Risiken der Technologie.

**Prof. Prinz, über die Blockchain wird viel geredet, aber die wenigsten wissen, was das eigentlich ist. Das Thema bleibt abstrakt. Was verbirgt sich hinter dem Buzzword?**

Dahinter verbirgt sich ein neuer Ansatz zur dezentralen, nachvollziehbaren und irreversiblen Verwaltung von Transaktionsdaten, wie z.B. Finanztransaktionen, Werte- und Rechteübertragungen, aber auch zur auditsicheren Speicherung qualitätsrelevanter Produktionsdaten. Die Blockchain-Technologie ist damit in der Lage, eine neue Generation des Internets einzuleiten: nach dem Internet der Dienste und Dinge ein Internet of Trust and Value.

**Die Blockchain soll das Potenzial haben, unser Leben umzuwälzen – von den Lieferketten in Produktion und Handel über die Vernetzung von Maschinen, die Stromversorgung oder die Elektromobilität. Welche Branchen und Bereiche sind vor allem betroffen?**

Da wir uns aktuell immer noch in einer Explorationsphase befinden, kann die Frage noch nicht konkret beantwortet werden. Es werden aber alle Bereiche betroffen sein, deren Geschäftsmodell auf Netzwerktransaktionen beruht. Bei immer stärker vernetzten Produktionsprozessen gilt dies somit für fast alle Branchen.

**Welche Auswirkungen hat Blockchain auf Industrie 4.0?**

Hier spielt vor allem die vernetzte Produktion eine große Rolle – der damit verbundene Austausch von Aufträgen, deren Abwicklung und schließlich auch deren Bezahlung. Smart Contracts haben das Potenzial, vor allem kleinere Transaktionen im Bereich der CPS (Cost-per-Sale) kostengünstig und automatisiert abzuwickeln.

Aber auch die einfache, sichere und nachvollziehbare Protokollierung von qualitäts- und auditrelevanten Produktionsdaten in der Blockchain wird eine große Rolle spielen. Die Blockchain-Technologie kann als Vertrauens- und Netzwerkinfrastruktur zu einem Wegbereiter für die Industrie 4.0 werden.

**Welche konkreten Anwendungsfälle ergeben sich durch Blockchain für Industrie 4.0?**

Industrie 4.0 steht für eine fortschreitende Vernetzung und Automatisierung von Produktionsprozessen. Voraussetzung für eine Vernetzung ist aber das Ver-

trauen in die manipulationssichere und nachvollziehbare Abwicklung von Liefer-, Produktions- und Finanztransaktionen. Konkrete Anwendungsfälle ergeben sich unter anderem im flexiblen Supply Chain Management, der automatisierten Auftragsabwicklung zwischen Maschinen oder der Protokollierung von Daten und Urheberrechten. Während diese Anwendungsfälle existierende Prozesse optimieren, sind auch ganz neue Organisationsformen denkbar.

Smart Contracts können dazu genutzt werden, eine Dezentralised Autonomous Organisation (DAO) aufzubauen, die dazu dient, Produktionsnetzwerke zu organisieren und zu steuern. Produktionsmaschinen treten darin mit einer eigenen Identität auf und verkaufen ihre Dienstleistung über Smart Contracts, wickeln die notwendigen Bestellprozesse für Materialien ebenfalls über Smart Contracts ab und bezahlen mit den erworbenen Erlösen Lieferanten und Kredite.



### Inwiefern beeinflusst die Blockchain-Technologie das Internet der Dinge?

Über Smart Contracts können IoT-Komponenten selbstständig und automatisiert Geschäftsprozesse übernehmen, beginnend mit Vereinbarung von Konditionen bis zur Abrechnung. Ein einfaches Beispiel ist ein Sensor, der Daten unterschiedlicher Frequenz zu unterschiedlichen Konditionen anbietet. Die Lieferung der Daten durch den Sensor kann über einen Smart Contract unmittelbar mit einer Finanztransaktion verbunden werden. Das Beispiel lässt sich erweitern und übertragen auf Maschinen, die sich gegenseitig Aufträge erteilen und über Smart Contracts die Bezahlung abwickeln und zusätzlich die ordnungsgemäße Sicherungen der Urheberrechte garantieren.

### Welchen Benefit bringen Bitcoin und andere Kryptowährungen in Zeiten von Paypal und Co.?

Sie bieten alternative Zahlungsmittel und – was noch wichtiger ist – eine

alternative Zahlungsabwicklung. Diese ist nicht mehr von einem Unternehmen und der von ihm betriebenen Plattform abhängig, sondern wird kooperativ von einem Netzwerk betrieben. Die zentrale Plattform, das heißt der Intermediär, wird durch ein Netzwerk ersetzt.

### Welches sind die Schwächen der Blockchain-Technologie?

Die noch sehr junge Technologie kann im Hinblick auf Performanz, Energieeffizienz, Transaktionsfrequenz und Komplexitätsreduktion bei der Anwendungsentwicklung verbessert werden. Dennoch stehen auch heute schon leistungsfähige Infrastrukturen zur Verfügung, mit deren Hilfe Anwendungen umsetzbar sind. Wir können den aktuellen Stand der Entwicklung sicher mit der ersten HTML-Version des Web vergleichen. Zieht man Parallelen zu der Entwicklung der Webtechnologien, lässt sich erahnen, welche Vielzahl von Möglichkeiten und Entwicklungslinien sich in den nächsten Jahren ergeben werden.

### Welche Risiken birgt die Blockchain-Technologie? Welche Szenarien der Manipulation halten Sie für realistisch?

Obwohl die in der Blockchain verwalteten Transaktionen manipulationssicher sind, muss der Zugang dazu gesichert werden. So beruhen fast alle Manipulationen bislang darauf, dass Zugangsdaten missbräuchlich genutzt wurden. Ein Risiko der Blockchain ist jedoch inhärent mit der Eigenschaft der Manipulationssicherheit verbunden. Einmal in der Blockchain registrierte Smart Contracts sind zwar fälschungssicher und gewährleisten damit, dass sie immer im vereinbarten Rahmen ausgeführt werden. Sollten Sie jedoch fehlerhaft sein, dann kann dieser Fehler nicht einfach durch ein Update korrigiert werden. Die Entwicklung von Smart Contracts muss also mit großer Sorgfalt erfolgen. Zusätzlich sollte man über Prüf- oder Zertifizierungsstellen nachdenken, die vor allem KMU die Prüfung und Nutzung der Technologie ermöglichen.

### Am Fraunhofer FIT wurde ein Blockchain-Labor zur Konzeption von entsprechenden Lösungen etabliert. Welche Anwendungen konnten sie bereits umsetzen?

Wir haben bereits Lösungen aus dem Bereich Supply Chain, Finanztransaktionen und Dokumentenmanagement umgesetzt. Aktuell arbeiten wir gemeinsam mit der Fraunhofer Academy an einer Lösung zur Registrierung von Ausbildungszertifikaten und Zeugnissen in der Blockchain. Projekte aus dem industriellen Umfeld beschäftigen sich mit Pay-per-use-Lösungen für neue Geschäftsmodelle im Anlagenbau, einer Energie-Handelsplattform für Smart Grids, der nachvollziehbaren Speicherung von Produktionsdaten und einer darauf basierenden Verfolgung von Produktionsketten. Dazu kommen Projekte im Kontext der E-Mobilität und des autonomen Fahrens sowie der kooperativen Medienproduktion und entsprechenden Sicherung von Urheberrechten.

[www.fit.fraunhofer.de](http://www.fit.fraunhofer.de)



## DIGITALISIERTE PRODUKTION: UMFORMPRESSE GOES INDUSTRIE 4.0

Wie könnte Industrie 4.0 im Produktionsalltag konkret aussehen? Welche Vorteile bietet die zunehmende Vernetzung? Welchen Nutzen leistet diese konkret? Viele Hersteller tappen hier noch im Dunkeln. Fraunhofer-Forschende zeigen am Beispiel einer Umformpresse und ihrem digitalen Zwilling, welche Möglichkeiten die Digitalisierung im Bereich der Produktion bietet.

Ein Leben ohne Smartphone? Für die meisten Menschen ist das kaum noch vorstellbar. Wie sollte man sich verabreden, wenn man gerade unterwegs ist? Wie mal eben prüfen, wann der Bus kommt? Oder wie voll es auf der Autobahn momentan ist? Auch in der Industrie stehen gravierende Änderungen durch die Digitalisierung an. Doch während die Digitalisierung in der Gesellschaft und manchen Branchen bereits weit fortgeschritten ist, sind zahlreiche Unternehmen noch überfragt, wie sie in ihrem Produktionsalltag genau aussehen könnte.

### Verfügbarkeit der Pressen steigern, Lebensdauer erhöhen

Wie die Digitalisierung in der Produktion ganzheitlich gelingen kann, zeigen Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU mit ihrem Konzept »Maschine 4.0« – und zwar in Form einer funktionsfähigen Umformpresse und ihrem digitalen Zwilling. Die zwei Meter hohe und 1,5 Tonnen schwere Presse mit einer Presskraft von 15 Tonnen kann Bauteile lochen, tiefziehen und beschneiden. Die Vorteile, die sich bei der Umformung von Bauteilen durch die Digitalisierung

bieten, sind beachtlich. »Die lückenlose Überwachung von Prozess, Maschine und Werkzeug eröffnet die Möglichkeit, die Verfügbarkeit von Maschinen deutlich zu steigern, ihre Lebensdauer zu erhöhen und auch die Einarbeitungszeiten von Werkzeugen signifikant zu verkürzen«, sagt Dr.-Ing. Tino Langer, Hauptabteilungsleiter am Fraunhofer IWU.

### Reale und virtuelle Sensoren

Mittels Sensoren überwacht die Maschine sich selbst: An verschiedenen Stellen der Presse angebracht, messen diese beispielsweise Kräfte, Wege und Dehnungsraten. Diese Daten werden jedoch nicht einzeln ausgewertet, sondern in das softwarebasierte Analyse-Modul »Smart Stamp« gespeist, das einen virtuellen Zwilling der Presse darstellt – also ein digitales Abbild. Arbeitet die Presse reibungslos? Oder ist der Stößel, an dem das obere Werkzeug angebracht ist, ungünstig gekippt – was dazu führen würde, dass das Werkstück nicht optimal gefertigt wird oder das Werkzeug schneller verschleißt. »Wäh-

rend einzelne Sensordaten allein nicht aussagekräftig sind, können wir solche Fragen durch die Fusionierung der Daten präzise beantworten«, erläutert Langer. Nicht an jeder Stelle lassen sich jedoch Sensoren anbringen – es fehlen daher mitunter relevante Daten von Prozessen und Maschinen in der Produktion. Auch hier haben die Fraunhofer-Forschenden eine Lösung: Virtuelle Sensoren. Als Basis dienen reale Sensoren, die an unterschiedlichen Stellen der Maschine befestigt sind. Aus ihren Messwerten errechnet ein Algorithmus im Sinne eines virtuellen Sensors die Werte, die ein realer Sensor an einer relevanten, aber nicht zugänglichen Stelle aufnehmen würde. Ein Beispiel ist die Aufbiegung des Pressengestells: Über einen solchen virtuellen Sensor kann diese sehr gut dargestellt werden. »Im EU-Projekt iMain konnten wir zeigen, dass die errechneten Werte unseres virtuellen Sensors gut mit denen eines realen Sensors übereinstimmen«, erklärt Langer.

[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)



## DATENAUSTAUSCH: SICHER UND SMART

Keine Frage: Daten müssen vor unberechtigten Zugriffen geschützt werden. Was die Sicherheit beim digitalen Datenaustausch angeht – etwa zwischen Arzt und Krankenhaus – gibt es bislang jedoch nur Insellösungen. Intelligente Algorithmen verbinden diese nun miteinander, reduzieren den Datenverkehr und erlauben einen sicheren Datenaustausch.

Noch dürfte es den meisten Menschen nicht bekannt sein: Ab 2019 bekommen Patienten neue Rechte – so steht es im Sozialgesetzbuch. Dann können sie gezielt auf ihre Patientenakte Einfluss nehmen und selbst festlegen, wer auf welche persönlichen Informationen zugreifen darf. Möchte man beispielsweise dem Hausarzt alle Informationen freischalten – etwa zu Klinikaufenthalten oder den Diagnosen von Fachärzten wie einem Orthopäden –, setzt man das entsprechende Häkchen in der Akte. Ebenso lässt sich aber beispielsweise verhindern, dass die Gynäkologin diese Informationen einsehen darf. Bislang gibt es für solche und ähnliche Fragen des Datentransfers

nur Insellösungen. Mit ihnen ist jedoch kaum zu kontrollieren, ob die Vorgaben eingehalten werden. Auch die Sicherheit beim Datentransfer kann nicht immer gewährleistet werden.

### Automatisierte Zugriffsrechte und sicheres Vernetzen

Forscher am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT beseitigen diese Mankos nun. »Wir haben intelligente Algorithmen entwickelt, die die vielen Insellösungen miteinander verbinden können – wir sprechen dabei von Konnektoren«, sagt Prof. Dr. Harald Mathis vom FIT. Diese Konnektoren

erfüllen gleich mehrere Aufgaben. Zum einen verteilen sie die Zugriffsrechte und kontrollieren, dass diese eingehalten werden. Sprich: Sie automatisieren die Rechte-Einhaltung und informieren den Patienten, wer auf seine Daten zugegriffen hat. Zudem ermöglichen die Konnektoren ein sicheres Vernetzen und Verschicken der Daten – sowohl im Sinne von Safety als auch von Security. Safety steht dafür, dass die Daten auf ihrem Weg nicht verändert werden, Security besagt, dass kein Unberechtigter von außen darauf zugreifen kann. Eine der Methoden, um diese Sicherheit zu gewährleisten, liegt im intelligenten Aussortieren der Daten. Welche sind relevant und müssen verschickt werden? Und welche sind unnötig? »Das ist wie beim Fußball: Wenn ich sehr oft aufs Tor schieße, geht der Ball irgendwann rein. Und wenn ich sehr viele Daten verschicke, ist die Gefahr größer, dass irgendwann mal etwas schiefgeht«, erläutert Mathis. Je weniger Daten also verschickt werden, desto sicherer. Die smarten Konnektoren übernehmen auch diese Aufgabe und

sieben diejenigen Daten aus, die für die jeweilige Fragestellung unwichtig sind. Die Konnektoren-Software lässt sich dabei auf bestehende Netzwerk- und Software-Architekturen aufsetzen.

### Intelligente Konnektoren für die industrielle Produktion

Der Einsatz der Konnektoren ist keineswegs auf den Gesundheitsbereich beschränkt – sie leisten überall dort gute Dienste, wo viele Daten anfallen und sicher ausgetauscht werden müssen. Etwa in der industriellen Produktion: Denn im Zuge von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge werden Maschinen, Roboter und Co. zunehmend miteinander vernetzt. Mitunter müssen die Daten zudem von einem Produktionsstandort zum anderen transferiert werden. Die Konnektoren sorgen auch hier für die nötige Sicherheit. Erste Anfragen von interessierten Unternehmen liegen bereits vor.

[www.fit.fraunhofer.de](http://www.fit.fraunhofer.de)



## DIGITALISIERUNG MEISTERN

Die Digitalisierung braucht hochdynamische Infrastrukturen und Serviceplattformen: Nur so lassen sich Daten auf sichere Weise in Echtzeit transportieren, verarbeiten und analysieren. Die Firmen stellt dies jedoch oft vor Schwierigkeiten. Das Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« hilft, die Herausforderungen zu meistern.

Die digitale Transformation birgt zahlreiche Chancen für produzierende Unternehmen, geht jedoch mit Herausforderungen einher. Wie lassen sich cyberphysische Systeme in den Produktionsablauf einfügen? Auf welche Weise können Zukunftstechnologien wie gestenbasierte Roboterprogrammierung, digitale Assistenzsysteme, Augmented Reality oder das Internet der Dinge die Produktion unterstützen? Das Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« hilft Unternehmen – vom Start-Up bis zum Großkonzern –, solchen Herausforderungen zu begegnen.

Im Leistungszentrum, das am 1. Juli 2016 in Berlin gegründet wurde, kooperieren die Fraunhofer-Institute für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI. Die Kernaufgabe: Es sollen praxisnahe Lösungen für die digitale Transformation entwickelt und bereitgestellt werden. Die Forschenden beschäftigen sich dabei einerseits mit Basis- und Querschnittstechnologien und entwickeln andererseits Lösungen für vier konkrete Anwendungsbereiche: Telemedizin, Mobilität und Zukunftsstadt, Industrie und Produktion sowie kritische Infrastrukturen.

[www.digitale-vernetzung.org](http://www.digitale-vernetzung.org)

## GRÜNER STROM IN DER PRODUKTION

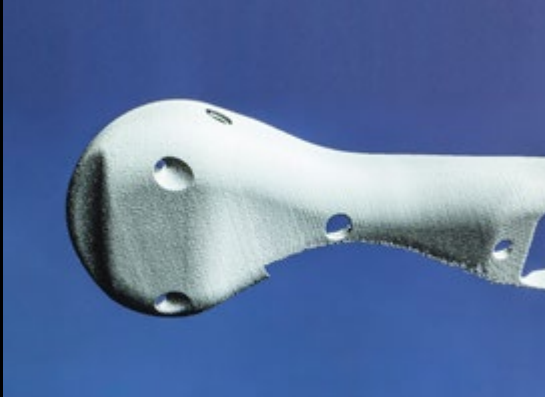
Energieversorgung und Produktion stehen im Wandel: Künftig soll vermehrt »grüner« Strom zum Einsatz kommen. Im Leistungszentrum DYNAFLEX® – vom Fraunhofer UMSICHT initiiert und koordiniert – entwickeln Forschende die Grundlagen, bauen ein Netzwerk aus Wissenschaft und Unternehmen auf und transferieren die Erkenntnisse in die Lehre.

Strom aus Wind und Sonne steht hoch im Kurs. Auch die Energie- und Chemieindustrie möchte künftig vermehrt auf »grüne« Energie in der Produktion setzen. Die Schwierigkeit: Sonneneinstrahlung und Wind schwanken – und damit auch die Strommenge, die erzeugt wird. Waren früher Großanlagen für die Produktion besonders geeignet, müssen die Produktionssysteme der Zukunft daher flexibel und modular sein. Zudem werden dynamische Modelle und digitale Plattfor-

men benötigt, um das Gesamtsystem zu optimieren und vorherzusagen, wie sich Schwankungen auf die Energieversorgung und Produktion auswirken. Fraunhofer UMSICHT hat sich im Leistungszentrum DYNAFLEX® mit den drei Universitäten Bochum, Duisburg-Essen und Dortmund zusammengeschlossen, um für diese Herausforderungen die nötigen wissenschaftlichen Grundlagen zu schaffen. Mit dem Leistungszentrum bauen die Forscher in der Metropolregion Ruhr die führende Plattform für Prozessdynamik und Adaptivität in der Energie- und Rohstoffwende auf. International sichtbare Forschung, gemeinsame FuE-Roadmaps, digitale Geschäftsmodelle und neue Aspekte in der Lehre und Weiterbildung legen die Basis für eine langfristige strategische Partnerschaft zwischen Wissenschaft und Industrie.

[www.dynaflex.de](http://www.dynaflex.de)





## AUTONOMER 3D-SCANNER UNTERSTÜTZT INDIVIDUELLE FERTIGUNGSPROZESSE

Die Armlehne im Oldtimer ist gebrochen? Sind derzeit noch viel Glück und Durchhaltevermögen erforderlich, das passende Ersatzteil aufzutreiben, so lässt sich die Lehne im Zuge von Industrie 4.0 und der Produktion mit Losgröße 1 einfach scannen und ausdrucken. Möglich macht dies ein 3D-Scanner, der autonom und in Echtzeit arbeitet.

Der besondere Charme von Oldtimern liegt darin, dass sie schon lange nicht mehr gefertigt werden – auf den Straßen sind sie etwas Besonderes. Tritt jedoch am Fahrzeug ein Defekt auf, wird diese Sonderstellung schnell zum Problem. Denn Ersatzteile werden nicht mehr produziert. Im Zuge von Industrie 4.0 soll sich das ändern: Die Produktion wandelt sich hin zur Losgröße 1, sprich zur individuellen Fertigung. Bislang ist diese noch weitestgehend Zukunftsmusik. Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD holen die Vision von der Losgröße 1 einen großen Schritt weiter in Richtung Realität, mit einem neuartigen 3D-Scanner.

»Es scannt Bauteile erstmals autonom – und zwar in Echtzeit«, sagt Pedro Santos, Abteilungsleiter des Competence Center für Digitalisierung von Kulturerbe am Fraunhofer IGD. Für Oldtimer-Besitzer mit einem kaputten Bauteil heißt das: Das defekte Bauteil wird zusammengeklebt und auf einen Drehteller gelegt, der sich unter einem Roboterarm mit dem Scanner befindet. Alles Weitere geschieht automatisch: Der Roboterarm fährt den Scanner so um das Bauteil herum, dass er mit möglichst wenigen Scans die komplette Geometrie erfassen kann. Dafür braucht er nur einige Sekunden bis wenige Minuten. Bereits während des Scans erstellen intelligente Algorithmen im Hintergrund

ein dreidimensionales Abbild des Objekts. Eine anschließende Materialsimulation des 3D-Abbilds prüft, ob ein 3D-Druck den Anforderungen in puncto Stabilität genügt. In einem letzten Schritt wird das Bauteil über einen 3D-Drucker ausgedruckt.

### Langwieriger Anlernprozess entfällt

Die Entwicklungsleistung liegt nicht im Scanner an sich, sondern in der Kombination des Scanners mit einer Ansichtenplanung zu einem autonomen Gesamtsystem. Diese Ansichtenplanung stammt ebenfalls vom Fraunhofer IGD. Darin ermitteln Algorithmen anhand eines ersten Scans, welche weiteren im Anschluss sinnvoll sind, sodass das Objekt mit möglichst wenigen Scans erfasst werden kann. Diese Vorgehensweise ermöglicht es dem System, ihm vollkommen unbekannte Objekte selbstständig und schnell zu vermessen. Dies ist bislang einmalig, denn bei bisherigen Scannern hieß es, sie entweder anzulernen, oder das CAD-Modell des Bauteils zu besitzen und dadurch die Lage des Objekts relativ zum Scanner

zu erkennen. Für die Losgröße 1 sind herkömmliche Scanner wenig geeignet. »Unser Scansystem dagegen kann jedes beliebige Bauteil vermessen, unabhängig davon, wie es ausgerichtet ist – und man muss es nicht anlernen«, erläutert Santos. »Auch Informationen zu CAD-Modellen oder Templates sind nicht nötig.«

Durch diese Alleinstellungsmerkmale ermöglicht der autonome Scanner gänzlich neue Anwendungen. So kann er etwa als Fertigungsassistent dienen und die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine verbessern. Diese Interaktion steht im EU-Projekt »Autoware« im Fokus. Die Aufgabenstellung liegt im Zusammensetzen von Zylindern samt Kolben, Gehäuse und Dichtungen. Das 3D-Scansystem versetzt Roboter in die Lage, über einen Abgleich mit der Datenbank sowohl zu erkennen, welches Bauteil er gerade vor sich hat, als auch zu ermitteln, welche sein menschlicher Mitarbeiter zum Zusammensetzen des Zylinders als nächstes braucht.

[www.igd.fraunhofer.de](http://www.igd.fraunhofer.de)



Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke

## DIE ZUKUNFT DER ZERSTÖRUNGSFREIEN PRÜFUNG IM KONTEXT VON INDUSTRIE 4.0

Kognitive Sensorsysteme, Machine Learning-Konzepte und intelligentes Monitoring erschließen neue Märkte und erweitern die Bandbreite der Potenziale für die Zerstörungsfreie Prüfung. Ein Interview mit Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke, Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP und stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS/EZRT, über die Auswirkungen und Chancen der Digitalisierung auf die Zerstörungsfreie Prüfung.

### Herr Prof. Hanke, was verstehen Sie unter Zerstörungsfreier Prüfung?

Unter Zerstörungsfreier Prüfung, oder kurz ZfP, verstand man vor einigen Jahren die Untersuchung von Bauteilen und Produkten auf Qualitätsmängel, ohne diese zerlegen oder zerstören zu müssen. Das gilt zwar auch heute noch, aber ganz so einfach kann man sich die Erklärung nicht mehr machen.

### Was hat sich geändert?

Die heutige Sicht auf die ZfP ist sicher unvollständig und eingeschränkt, was

einerseits die Lösung von ZfP-Problemen, aber insbesondere auch die Bandbreite der Potenziale für ZfP-Methoden angeht. Stellen Sie sich etwa vor, Sie bekommen eine geschäftliche Einladung zum Oktoberfest. Im Anzug können Sie nicht hingehen – Sie brauchen eine Lederhose. Sie bestellen sich im Internet eine Hose, ziehen sie an und geben ein gutes Bild ab. Am Abend ziehen Sie die Hose wieder aus und hängen Sie für 364 Tage in den Schrank. Naja, da kommt der ein oder andere schon auf die Idee, die Hose an den Verkäufer zurückzuschicken. Und schon sind wir

beim zerstörungsfreien »Über«prüfen. Als Verkäufer müssen Sie ermitteln, in welchem Zustand sich die Ware befindet und ob Sie diese noch weiterverkaufen können. Diese Art von Prüfaufgabe lässt sich mit intelligenten, zerstörungsfreien Sensorsystemen lösen. Das ist ein riesiger Markt für Sensoren, aber kein Mensch käme auf die Idee, das als klassische Zerstörungsfreie Prüfung zu bezeichnen.

### Sie sehen also künftig neue Märkte für die Zerstörungsfreie Prüfung?

Absolut! Hierfür muss man sich nur den Lebenszyklus von Produkten ansehen: Ein Produkt hat eine Zeit vor und eine Zeit nach seiner Herstellung. Es beginnt alles mit dem Rohmaterial und endet irgendwann mit dem Recycling bzw. der Wiederverwertung des Produkts. Zwischendrin durchläuft es eine Reihe von Wertschöpfungsphasen, unter anderem eben auch Handel, Transport bzw. E-Commerce. Man muss sich also überlegen: Wo sind weitere Kunden und potenzielle Nutzer von ZfP-Technologien und insbesondere, welche Fragestellun-

gen haben diese Kunden und welche Lösungen können wir anbieten? Die sind definitiv nicht nur im Bereich der Produktion zu finden.

### Was denken Sie, was Kunden wollen?

In erster Linie muss man sich nur fragen: Was will der Kunde nicht? Ich traue mich mit ziemlich hoher Sicherheit zu behaupten, dass Kunden gar kein großes Interesse an Prüfsystemen (im klassischen Sinne) haben. Der Kunde benötigt eine Lösung, die ihm einen Mehrwert bietet, die intelligent ist und ihm hilft, seine Prozesse zu optimieren – also zum Beispiel denkende, kognitive Sensoren, die geschickt die richtigen Daten messen und so auswerten, dass mit den gewonnenen Informationen die richtigen Entscheidungen initiiert werden können. Dieses Prinzip gilt für jede Branche, jeden Prozess und jede erdenkliche Aufgabenstellung. Ein gutes Beispiel hierfür ist unsere Kooperation mit dem Start-up Mifitto: Die Aufgabenstellung war, möglichst effizient und wirtschaftlich für zigtausende unterschiedliche Paar



Schuhe die Innenform digital zu extrahieren, um Online-Käufer bei der Auswahl der richtigen Größe beraten zu können. Durch präzise Hochgeschwindigkeits-Computertomographiedaten konnten wir die benötigte Information liefern und darüber hinaus noch einen weiteren erheblichen Mehrwert schaffen: Durch hochgenaue Röntgendaten im Zusammenspiel mit intelligenter Software ist Mifitto jetzt zusätzlich in der Lage, Käufer neben der reinen Größe auch hinsichtlich der optimalen Passform zu beraten.

**Was verstehen Sie unter einer geschickten Auswertung?**

Das sogenannte intelligente Monitoring ist hierbei ein Schlüsselbegriff. Es geht in Zukunft nicht mehr ausschließlich darum, eine Gut-Schlecht-Entscheidung zu treffen. Vielmehr sollte man dem Kunden ein Monitoringsystem an die Hand geben, das ihm zeigt, wie er seine Prozesse optimieren kann. Unter Prozess verstehe ich nicht nur den klassischen Produktionsprozess. Werkstoffentwicklungs-, Konstruktions-, Wartungs- und Re-

cyclingprozesse fallen ebenfalls darunter. Damit verschiebt sich der Fokus unserer Forschungsbemühungen. Wir werden künftig nicht nur prüfen, sondern auch sortieren, charakterisieren, überwachen oder überprüfen und orientieren uns dabei am Menschen, der seine Sensordaten simultan im Gehirn verarbeitet und dabei entweder Informationen extrahiert und/oder sein Sensorsystem anpasst. Wir werden also kognitive und auto-adaptive Sensorsysteme entwickeln, die zukünftig selber entscheiden, was sie wann, wo und wie messen, prüfen, charakterisieren usw.

**Wie würden Sie das Zerstörungsfreie Monitoring im Kontext der Industrie 4.0 einordnen?**

Heute versucht man, aus riesigen Datenmengen mittels lernender Algorithmen diejenigen Informationen zu extrahieren, mit denen man etwas bewirken, also Prozesse besser verstehen, beobachten oder optimieren kann. Wenn man heute aber über Big Data redet, versteht man dabei fast ausschließlich Fabrikdaten, Logistikdaten, Kostendaten, Maschinendaten und

so weiter. Was im Zusammenhang mit Big Data bislang kaum berücksichtigt wird, sind die sogenannten Smart Materials Data. Wir werden künftig Materialien und Produkte in der kompletten Wertschöpfungskette, also im kompletten Kreislauf vom Rohmaterial über die Verwendung bis hin zum Recycling in seiner Veränderung monitoren – überall da, wo Mensch, Maschine oder Umwelt das Material, den Werkstoff oder das Produkt in irgendeiner Art verändern. Und wir werden nicht einfach wahl- oder lückenlos Materialdaten messen, sondern nur noch die relevanten Daten erfassen. Und was relevante oder smarte Daten sind, wird das intelligente Mess-System, das kognitive Sensorsysteme selber entscheiden.

In Zukunft kann ich mir folgendes Szenario gut vorstellen: Der Kunde bekommt ein intelligentes Monitoring-System ausgeliefert – nennen wir es Black Box. Er muss über keinerlei ZfP-Know-how verfügen. In dieser Black Box befinden sich korrespondierende Roboter, die Zugriff auf unterschiedliche Sensorsysteme

haben und dann selbst entscheiden, welchen Sensor sie nutzen, um eine definierte Aufgabe zu lösen.

**Das hört sich visionär an. Halten Sie es für realistisch, dass solche Systeme bald Realität werden?**

Auf jeden Fall! Der Mensch funktioniert im Wesentlichen sehr ähnlich: Wir haben einen Körper, in dem unterschiedliche Sensorsysteme angelegt sind, und ein Gehirn, das diese sowohl steuert als auch deren Daten zu Informationen weiterverarbeitet. Wenn ein Mensch eine Aufgabe bekommt, bearbeitet er diese mit einer gewissen Aufmerksamkeit. In dem Moment, in dem er bemerkt, dass etwas nicht stimmt, wird er aufmerksamer. Er schaltet dann weitere Sinne hinzu, versucht genauer hinzusehen oder hinzuhören. Man prüft also auch als Mensch immer unterschiedlich oder adaptiv. Man prüft intelligent. Das muss in Zukunft auch in der Zerstörungsfreien Prüfung der Anspruch sein.

[www.izfp.fraunhofer.de](http://www.izfp.fraunhofer.de)



---

## Impressum

---

### Kontakt

Fraunhofer-Gesellschaft e.V.  
Kommunikation  
Hansastraße 27c  
80686 München  
<http://s.fhg.de/pressekontakt>

### Konzept:

Britta Widmann

### Redaktion:

Janis Eitner (V.i.S.d.P.), Britta Widmann,  
Roman Möhlmann,  
Dr. Janine van Ackeren  
Gestaltung, Layout, Produktion:  
Markus Jürgens, Silke Schneider

### Bildquellen

Cover, Rückseite:  
Fraunhofer IPA | Rainer Bez  
Seite 3: Fraunhofer | Bernhard Huber  
Seite 4: getty Images  
Seite 5: Fraunhofer IPA  
Seite 7: getty Images  
Seite 9 und 10: Fraunhofer IPT  
Seite 13: Fraunhofer IIS | David Hartfiel  
Seite 14, 16 und 17:  
whiteMocca/Shutterstock  
Seite 15: Fraunhofer FIT  
Seite 19: Fraunhofer IWU | Ronald Bonss  
Seite 20: Fraunhofer-Gesellschaft e.V.  
Seite 22: Fraunhofer FOKUS  
Seite 23: Fraunhofer UMSICHT  
Seite 24 und 25: Fraunhofer IGD  
Seite 27: Fraunhofer IIS | Karoline Glasow  
Seite 28, 29 und 30:  
Fraunhofer IZFP | Uwe Bellhäuser

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V., 2018



