

# $\varphi$ phi

*Produktionstechnik Hannover informiert*

## *Elektro(nik)industrie*

*Wirbelstromtechnik lässt tief blicken*

*Roboter spürbar einfach programmieren*

*Kontaktanzeige: Laserstrahllöten und -schweißen für die Elektronikindustrie*

*Leinen los – Passive Funksensoren im industriellen Umfeld*

*Auf die Verpackung kommt es an!*

*Produktion im Fluss*

*Mobile Produktion: Kleine Helfer in der Fertigung*

# Inhalt

3	<b>Vorwort</b>	12	<b>Auf die Verpackung kommt es an!</b>
4	<b>Wirbelstromtechnik lässt tief blicken</b>	14	<b>Produktion im Fluss</b>
6	<b>Roboter spürbar einfach programmieren</b>	16	<b>Mobile Produktion: Kleine Helfer in der Fertigung</b>
8	<b>Kontaktanzeige: Laserstrahllöten und -schweißen für die Elektronikindustrie</b>	18	<b>Magazin</b>
10	<b>Leinen los – Passive Funksensoren im industriellen Umfeld</b>	20	<b>Vorschau</b>

# Impressum

*phi* ist die gemeinsame Zeitschrift der produktionstechnischen Institute in Hannover.

*phi* erscheint vierteljährlich mit einer verbreiteten Auflage von 2.700 Exemplaren.

ISSN 1616-2757

Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Erlaubnis der Redaktion gestattet.

Kostenloses Abonnement der *phi*: Im Internet unter [www.phi-hannover.de/abo.htm](http://www.phi-hannover.de/abo.htm) oder telefonisch bestellen unter Telefon (05 11) 27 97 65 00.

## Redaktion

Karen Lehneke (v.i.S.d.P.)

## Redaktionsanschrift

Hollerithallee 6  
30419 Hannover  
Telefon: (05 11) 2 79 76-500  
Fax: (05 11) 2 79 76-888  
E-Mail: [redaktion@phi-hannover.de](mailto:redaktion@phi-hannover.de)  
Internet: [www.phi-hannover.de](http://www.phi-hannover.de)

## Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Peter Nyhuis  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2440  
Fax: (05 11) 762-3814  
E-Mail: [ifa@ifa.uni-hannover.de](mailto:ifa@ifa.uni-hannover.de)  
Internet: [www.ifa.uni-hannover.de](http://www.ifa.uni-hannover.de)

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2533  
Fax: (05 11) 762-5115  
E-Mail: [ifw@ifw.uni-hannover.de](mailto:ifw@ifw.uni-hannover.de)  
Internet: [www.ifw.uni-hannover.de](http://www.ifw.uni-hannover.de)

Institut für Mikrotechnologie der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. H. H. Gatzert  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-5104  
Fax: (05 11) 762-2867  
E-Mail: [imt@imt.uni-hannover.de](mailto:imt@imt.uni-hannover.de)  
Internet: [www.imt.uni-hannover.de](http://www.imt.uni-hannover.de)

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing L. Overmeyer  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-3524  
Fax: (05 11) 762-4007  
E-Mail: [ita@ita.uni-hannover.de](mailto:ita@ita.uni-hannover.de)  
Internet: [www.ita.uni-hannover.de](http://www.ita.uni-hannover.de)

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2264  
Fax: (05 11) 762-3007  
E-Mail: [ifum@ifum.uni-hannover.de](mailto:ifum@ifum.uni-hannover.de)  
Internet: [www.ifum.uni-hannover.de](http://www.ifum.uni-hannover.de)

Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-4312  
Fax: (05 11) 762-5245  
E-Mail: [info@iw.uni-hannover.de](mailto:info@iw.uni-hannover.de)  
Internet: [www.iw.uni-hannover.de](http://www.iw.uni-hannover.de)

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH  
Hollerithallee 6  
30419 Hannover  
Tel.: (05 11) 2 79 76-0  
Fax: (05 11) 2 79 76-888  
E-Mail: [info@iph-hannover.de](mailto:info@iph-hannover.de)  
Internet: [www.iph-hannover.de](http://www.iph-hannover.de)

Laser Zentrum Hannover e.V.  
Hollerithallee 8  
30419 Hannover  
Tel.: (05 11) 27 88-0  
Fax: (05 11) 27 88-100  
E-Mail: [info@lzh.de](mailto:info@lzh.de)  
Internet: [www.lzh.de](http://www.lzh.de)

## Druck

digital print  
laser-druck-zentrum garbsen GmbH  
Baumarktstraße 10  
30823 Garbsen  
Internet: [www.digital-print.net](http://www.digital-print.net)

## Layout

demandcom dialogmarketing GmbH  
Stefan Krieger  
Baumarktstraße 10  
30823 Garbsen  
Internet: [www.demandcom.de](http://www.demandcom.de)

# Vorwort

*Liebe Leserinnen und Leser,*

Produktionstechnik und Elektrotechnik: auf den ersten Blick zwei sehr unterschiedliche Disziplinen, bei genauerer Betrachtung jedoch zwei sich optimal ergänzende Bereiche, die zudem sowohl einzeln als auch gemeinsam eine entscheidende Rolle für die Entwicklung der Industrie und damit der Wirtschaft in Deutschland und weltweit spielen. Man denke nur an die Bedeutung der Antriebs- und Steuerungstechnik in mechanischen Fertigungsverfahren oder an die speziellen Produktionsverfahren für elektrische und elektronische Komponenten der Elektrotechnik. Im heutigen Zeitalter der Informationstechnik sind die beiden Disziplinen noch weiter zusammengerückt und werden diesen Trend fortsetzen.

Der Einsatz elektrotechnischer Verfahren und Anlagen in der Produktionstechnik begann bereits sehr früh insbesondere mit der Einführung der elektrischen Antriebe in Produktionsanlagen. Die Technik erlaubte, kompakte leistungsstarke Antriebe in Produktionsverfahren einzusetzen. In der weiteren Entwicklung begann die Steuerungs- und Automatisierungstechnik eine weitere wichtige Rolle zu spielen, denn sie ermöglichte es, die Produktivität in der Fertigung zu steigern, die Menge und Vielzahl der erzeugten Produkte zu erhöhen und insbesondere die Qualität der Produktionsverfahren zu sichern.

Die aktuelle Entwicklung des Zusammenspiels von Elektrotechnik und Produktionstechnik zeigt, dass auch der Einsatz der Kommunikationstechnik in der Produktion weitere Vorteile bietet, beispielsweise bei der Vernetzung von abhängigen Produktionsverfahren, in der Materiallogistik oder der Verfolgung von Bauteilen in Fertigungsketten. Die jüngsten Entwicklungen der Robotik oder allgemein der Mechatronik zeigen, dass die elektrische Antriebstechnik, die Automatisierungstechnik und moderne Produktionsverfahren Hand in Hand die Zukunft gestalten.

Aber auch umgekehrt spielt die Produktionstechnik für die Elektrotechnik eine äußerst wichtige Rolle bei der Herstellung elektrischer und elektronischer Bauteile oder Geräte. In den frühen Jahren der elektrotechnischen Entwicklung mussten elektromechanische Bauteile gefertigt werden; im weiteren Verlauf stand die Massenproduktion von Halbleitern und integrierten Schaltkreisen sowie kompletter elektrischer Geräte im Mittelpunkt der Entwicklung produktionstechnischer Bemühungen für die Elektronikindustrie. Heute werden neue Verfahren zur Herstellung mikroelektronischer Bauelemente wie Rechnerprozessoren oder Speicherelemente entwickelt, um die Leistungsfähigkeit mikroelektronischer Systeme zu steigern und Herstellkosten zu senken. In Zukunft werden derartige produktionstechnische Verfahren auch für die Nanotechnologie verfügbar sein. Bei diesen Entwicklungen für die Nanotechnologie oder auch von Mikroantrieben für die Medizintechnik greifen Produktionstechnik und Elektrotechnik heute so stark ineinander, dass die Kompetenzbereiche nahezu vollkommen ineinander übergehen.



**Prof. Dr.-Ing. Bernard Nacke**

Ein traditioneller Bereich, der immer schon interdisziplinär von Elektrotechnik und Verfahrenstechnik geprägt war, ist die elektrothermische Prozesstechnik. Die Nutzung elektrischer Verfahren zur gezielten Erwärmung oder elektromagnetischen Behandlung von Werkstoffen erlaubt zum Beispiel die Herstellung hochreiner Halbleiterkristalle für die Elektronikindustrie, hochreiner Metalle und Legierungen für Maschinenbauteile der Antriebstechnik oder hochreiner Gläser und Keramiken für die Optik und die Keramikindustrie.

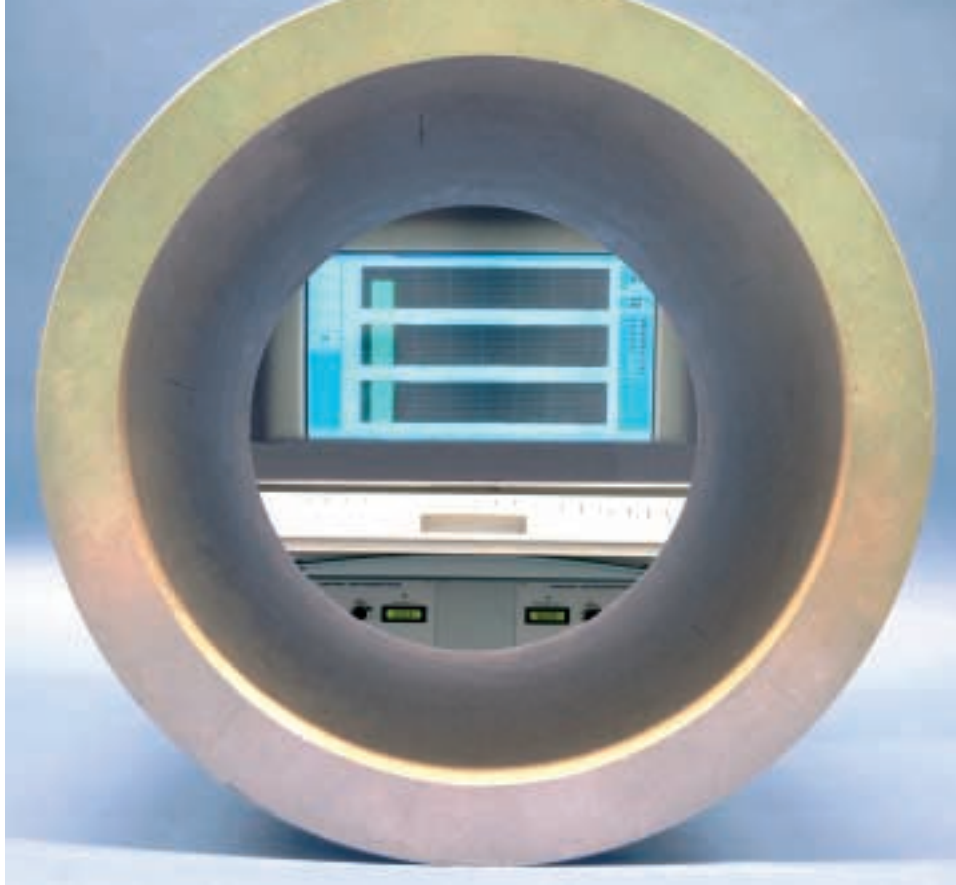
Doch auch innerhalb der „neuen“ Technologien wie der Lasertechnologie finden Elektronik und Produktionstechnik viele Einsatzgebiete. Ohne die Möglichkeiten dieser interdisziplinären Technologien wären viele moderne Materialien heute nicht denkbar.

Ich begrüße es ausdrücklich, dass diese Ausgabe der Zeitschrift „phi“ das Zusammenwirken aufgreift und damit die wechselweise Bedeutung von Elektrotechnik und Produktionstechnik für die jeweils andere Disziplin zum Ausdruck bringt. Die angesprochenen Themen zeigen auch das interdisziplinäre Zusammenwirken der beiden Forschungsbereiche mit ihren jeweiligen fachlichen Kompetenzen, die in Zukunft noch stärker gemeinsam genutzt werden müssen, um die Herausforderungen und Entwicklungen unseres Jahrhunderts auf diesen Gebieten erfolgreich meistern zu können.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr.-Ing. Bernard Nacke

Dekan des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Hannover



# Wirbelstromtechnik lässt tief blicken

Die Integrität und Betriebssicherheit druckführender Systeme ist heute mehr denn je Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb von Anlagen in der chemischen Industrie und im Kraftwerksbereich. Elektronik ermöglicht den Einsatz moderner Prüftechniken zur schnellen und sicheren Integritätsüberwachung.

Wesentliche Komponenten einer chemischen Anlage oder eines Kraftwerks sind meist sehr hoch belastete Rohrleitungen. Um die Zuverlässigkeit solcher Komponenten zu gewährleisten, kommen oftmals hochfeste, korrosionsbeständige Werkstoffe zum Einsatz. Regelmäßig notwendige Sicherheitskontrollen sollen möglichst wenig Zeit in Anspruch nehmen, ohne die Sicherheit des Betriebs und der Umwelt zu gefährden.

## *Lückenlose Überwachung während des Betriebs*

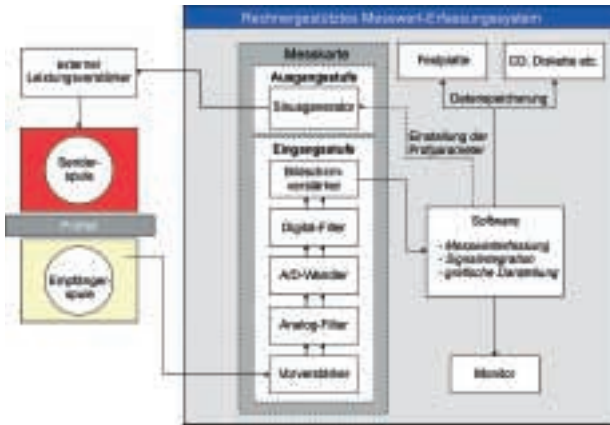
Zur Überprüfung sicherheitstechnisch relevanter Komponenten in festgelegten

Zeit- oder Belastungsintervallen während des Betriebs werden bevorzugt hoch entwickelte zerstörungsfreie Prüftechniken eingesetzt. Sie ermöglichen eine sehr schnelle Zustandsbewertung der untersuchten Komponente und erreichen dabei durch entsprechende problemorientierte Systemoptimierung höhere Messempfindlichkeiten und Prüfgenauigkeiten als herkömmliche Verfahren. Dies hält die erforderlichen Ausfallzeiten kurz und die Prüfkosten gering. Hier liegt einer der Entwicklungsschwerpunkte des Instituts für Werkstoffkunde der Universität Hannover (IW). Im Institutsbereich *Zerstörungsfreie Prüfverfahren* werden auf der Basis elektromagnetischer Prüf-

techniken rechnergestützte Messsysteme entwickelt und realisiert.

## *Mikroelektronik macht HighTech-Prüfsysteme preiswert*

Der heutige Einsatz digitaler Messtechnik in schnellen Rechnern erlaubt eine große Variationsbreite an Messparametern in Prüfsystemen für einen flexiblen Einsatz in handlichen, mobilen Systemen. Zudem können solche Systeme über eine digitale Parameterauswahl vor Ort in nahezu beliebiger Flexibilität an die Prüfaufgabe angepasst werden, was zu einer wesentlichen Reduzierung des Zeit- und Kostenaufwands führt.



Rechnergestützte Mess-Elektronik ermöglicht schnelle, hochgenaue Prüfergebnisse.

Digitale Mess- und Analysensysteme, wie sie im IW entwickelt werden, sind durchweg modular aufgebaut. Sie enthalten eine allgemeine Rechnerstruktur als Rahmentechнологie und spezielle Einschubsysteme, z. B. für Messkarten in einem PCI-Steckplatz des Rechners. Messkarten übernehmen im Messsystem sowohl die Aussendung eines elektrischen Signals als auch die Messwertfassung und Analyse der oftmals hohen Datenmenge. Dazu besitzen diese Karten eine Erreger- und eine Messstufe, die voneinander entkoppelt sind.

Zur Prüfung dickwandiger Bauteile aus austenitischen Stählen wird eine Variante der Wirbelstromprüfung, die Fernfeld-Wirbelstromprüfung, eingesetzt. Diese analysiert mit geschirmten, räumlich getrennten Erreger- und Messspulensystemen das Volumen der untersuchten



Der Computer steuert auch die automatisierte Rohrbogenprüfung im Kernkraftwerk.

Bauteilwandung vollständig. Auch auf diesem Gebiet kann das IW auf eine langjährige Erfahrung erfolgreicher Entwicklungsarbeit zurückgreifen.

### Verfahrensoptimierung durch Simulationsrechnungen

Zum Erfassen der Wirkungsweise der Sensorik wurden am IW vielfältige rech-

nergestützte Simulationsrechnungen durchgeführt, die das Verständnis für das Wirkprinzip des Fernfeldverfahrens erhöht haben. Auch dieser Entwicklungsschritt wäre ohne die moderne Rechnerelektronik und Simulationstechnik nicht denkbar gewesen. Auf der Basis der Simulationsun-

tersuchungen wurde ein Sensorsystem entwickelt und optimiert, mit dem sich die computergestützte, zerstörungsfreie Prüfung dickwandiger Druckbehälter und Rohrleitungen mit Wandstärken von bis zu 30 mm realisieren lässt.

### Ein System für schnelle und genaue Prüfungen unter extremen Einsatzbedingungen

In der Praxis eröffnen sich für diese sehr schnelle und dabei hochgenaue Technologie Anwendungsmöglichkeiten überall dort, wo man es mit elektrisch leitfähigen Werkstoffen zu tun hat. Ein wichtiges Beispiel ist die Echtzeitprüfung von Druckleitungen aus hochfesten, korrosionssicheren austenitischen Stählen in Kernkraftwerken. „Gerade auf diesem Gebiet ist eine regelmäßige Bauteilüberwachung unverzichtbar“, betont Dr.-Ing. Wilfried Reimche, Leiter des Bereichs Zerstörungsfreie Prüfverfahren am IW, „herkömmliche Techniken sind hier ungeeignet und liefern nicht die erforderlichen Prüfaussagen“.

Typische Druckleitungen in Kernkraftwerken weisen Wandstärken bis zu 25 mm auf und müssen im eingebauten Zustand auf Schädigungen sowohl auf der Rohraußen- und -innenseite als auch innerhalb der Rohrwandung vollständig geprüft werden. Dafür steht nur ein begrenztes Zeitfenster während der Revision des Kraftwerkes zur Verfügung. Zudem ist das Handling eines Prüfsystems in industriellen Anlagen oftmals mit engen Platzverhältnissen und extremen Einsatzbedingungen verbunden.

In dieser Umgebung stellt die computergestützte Wirbelstromprüfung ein ideales Verfahren dar, das unter schwierigen Randbedingungen sehr flexibel und über einen am Prüfteil montierten Manipulator auch ferngesteuert einsetzbar ist.

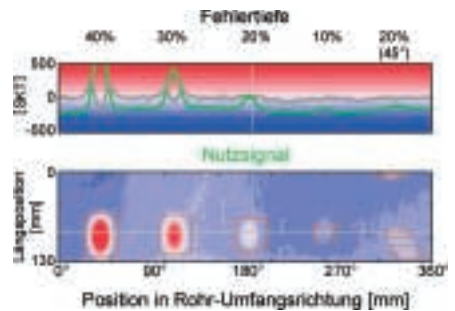
### Prüfergebnisse noch am Prüfort abrufbar

Zum vollständigen Abscannen einer Rohrmantelfläche wird der aus Erreger- und Messeinheit bestehende Sensorkopf an einem vom Computer ferngesteuerten Manipulator in parallelen Spuren über die äußere Rohrmantelfläche geführt und zeichnet dabei in Echtzeit das Messsignal auf. In einem am IW entwickelten Programmsystem mit grafischer Bedienoberfläche kann dieses analysiert und anschaulich dargestellt werden.

Dank der Fernfeld-Wirbelstromtechnik und der elektronischen Signalverarbeitung werden im Bauteil vorhandene Fehler bis hinab zur Millimetergröße sofort erkannt, auch wenn sie sich unsichtbar im Inneren der Rohrwandung befinden.

### Komfortable Messungen, in Zukunft noch besser

Durch den Einsatz moderner Mikroelektronik ist die Messtechnik in Verbindung mit dem Computer zum komfortablen



Auf dem Analyserechner werden Fehler im Prüfteil sofort sichtbar.

Messinstrument für den Prüflingenieur geworden. Zeitgemäße Prüfverfahren führen insbesondere bei der Prüfung sicherheitsrelevanter Bauteile auch unter extremen Einsatzbedingungen, z. B. bei hohen Vibrationen, Strahlungsbelastungen, Temperaturen, schmutzbehafteter Umgebung und Platzmangel, zu schnellen, hochgenauen Analyseergebnissen.

Am Beispiel der Rohrbogenprüfung in Kernkraftwerken, die im Fokus des öffentlichen Sicherheitsinteresses stehen, konnte am IW die Serientauglichkeit der rechnergestützten Echtzeit-Wirbelstromprüfung eindrucksvoll nachgewiesen werden. Zahlreiche weitere Praxisbeispiele unterstreichen dies.

Rainer Duhm, IW



# *Roboter spürbar einfach programmieren*

**Roboter sind längst Teil vieler industrieller Produktionsprozesse. In wenigen Jahren werden heute noch visionäre Methoden zur effizienten und intuitiven Programmierung von Robotern vielleicht ebenso selbstverständlich sein.**

Am Anfang der Robotik stand eine Vision: Automatisierte, intelligente Maschinen sollten dem Menschen Arbeit abnehmen. Diese Vorstellung wurde erst 1921 mit dem Begriff „Roboter“ (abgeleitet aus dem tschechischen „robota“ für arbeiten) in Verbindung gebracht – interessanterweise in einem Theaterstück. R.U.R (Rossum's Universal Robots) von Karel Capek zeichnete dabei ein Bild, das sowohl Chancen wie Risiken dieser Entwicklung umriss. Es dauerte noch bis zum Ende der 50er Jahre, bis die ersten Industrieroboter in

ein Werk eines amerikanischen Automobilkonzerns Einzug hielten. Heute wissen wir, dass nicht alle Träume der Automatisierungs- und Handhabungstechnik wahr geworden sind, aber auch nicht die zahlreich befürchteten Gefahren.

Heutige Roboter sind diesen Urahren bei weitem überlegen. Ihre Geschwindigkeit, Tragfähigkeit, Präzision und Zuverlässigkeit haben in den vergangenen Jahren immer neue Bestwerte markiert. Sie montieren, schweißen, nieten, kleben oder bewegen Bauteile – und das mit hoher

Wiederholgenauigkeit. Auch ihre Programmierung hat sich im Hinblick auf die Visualisierung und Simulation der Abläufe weiterentwickelt. Gerade hier besteht aber noch großes Potential.

## *Online oder offline*

Roboter können sowohl online programmiert werden, d. h. unter Zuhilfenahme des realen Roboters in seiner Zelle, als auch offline, z. B. in einer Simulationsumgebung an einem separaten Arbeitsplatz. Dieser zweite Ansatz nimmt keine

produktiven Fertigungsressourcen in Anspruch, erschwert aber die anschauliche Eingabe der Verfahrenswege. Damit ist die Offline-Programmierung trotz ihrer Vorteile ein zeitaufwändiges und fehleranfälliges Verfahren. Eine weitere Schwierigkeit besteht in einer unzureichenden Übereinstimmung zwischen Modell und realer Zelle, die ein „Nachteachen“ des realen Roboters erforderlich macht.

### **Mit Maus und Tastatur in drei Dimensionen unterwegs**

Üblicherweise wird die Bewegung eines Roboters bei der Offline-Programmierung als eine Abfolge von Punkten im Arbeitsraum abgebildet. Hierfür benutzt der Programmierer eine Simulationsumgebung, in der er die Bewegungen verfolgen und analysieren kann, bevor die realen Roboter in einer Fertigungsstätte installiert werden. Je natürlicher und intuitiver die Interaktion mit dieser virtuellen Umgebung ist, und je besser sie den relevanten Aspekten ihres realen Vorbilds entspricht, umso effizienter lässt sich in ihr arbeiten. Herkömmliche Peripheriegeräte wie Maus, Tastatur und Bildschirm ermöglichen jedoch nur die Ein- und Ausgabe in zwei Dimensionen. Deshalb lassen sich Objekte in einer 3D-Umgebung nur auf Umwegen steuern. Da bei Industrierobotern nicht nur die Position, sondern auch die Orientierung ihres „Tool Center Points“ wichtig ist, sind es letztlich sechs Freiheitsgrade, mit denen der Programmierer arbeitet. Zudem werden in heutigen Systemen Zusammenstöße mit Objekten der Umgebung erst erkannt, nachdem die Bewegung festgelegt wurde.

### **Eintauchen in virtuelle Welten**

Es ist eben diese Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Programmier- oder Simulationsumgebung, die einen Schwachpunkt des gesamten Prozesses darstellt. Das Potenzial, das heutige Systeme bieten, wird durch beschränkte Interaktionsmöglichkeiten mit der virtuellen Umgebung und durch eine umständlichen Dateneingabe nicht voll ausgenutzt. In der Forschung ist diese Frage der weitest-möglichen Präsenz und Selbstgegenwärtigkeit in einer virtuellen Umgebung als „Immersion“ bekannt. Am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover (IFW) wird vor diesem Hintergrund im Verbund mit namhaften anderen Instituten und Unter-

nehmen wie Ford, Tecnomatix und Kuka eine neuartige Herangehensweise an die Offline-Programmierung skizziert.

### **Die Vision**

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt IROProg („Innovative Roboter-Programmierung“) kombiniert dabei Ansätze zur automatischen Bahnplanung mit dem Einsatz eines haptischen Eingabegeräts: Der Benutzer verfährt mit einem frei im Raum beweglichen realen Eingabestift einen virtuellen Roboterarm auf dem Bildschirm und gibt so die späteren realen Bahnen vor. Er sieht dabei eine wirklichkeitstreuere dreidimensionale Arbeitsumgebung auf dem Bildschirm. So wird der menschliche Tastsinn zur Unterstützung der visuellen Darstellung eingebunden und ein weitreichendes Eintauchen in die virtuelle Umgebung ermöglicht.

### **Hard- und Software**

Als haptisches Eingabegerät wird ein Phantom der Firma SensAble eingesetzt. Durch kontinuierliches Auslesen der Stellung der Gelenke kann hier mit hoher Auflösung auf die Position und Ausrichtung des Eingabestiftes geschlossen werden. Das IFW verfügt neben einem Phantom Desktop zusätzlich über einen Phantom 1.5/6DOF. Die beiden Modelle unterscheiden sich neben der Größe ihres Arbeitsraums in der Anzahl der Richtungen, in denen eine Gegenkraft ausgegeben wird. Während das Desktopmodell Kräfte nur in drei Achsen erzeugen kann, verfügt die größere Variante über eine Krafterückkopplung in sechs Achsen. So kann der Anwender nicht nur lineare Bewegungen virtueller Objekte, sondern auch ihre Rotation spüren. Über die GHOST-Bibliothek kann das Gerät mit der Programmiersprache C++ angesprochen und in andere Softwaresysteme integriert werden. Als leistungsstarke Simulationsumgebung dient im Rahmen von IROProg das Softwarepaket eM-Engineer von Tecnomatix.

### **Mit Gefühl zum Schweißpunkt**

Entwickelt werden Anwendungsfälle für das Punktschweißen im Karosseriebau und das Auftragen von Klebstoff beim Einsetzen von Windschutzscheiben. Auch andere Szenarien kommen in Frage, wie das Entgraten von Bauteilen in der Flugzeugfertigung. Im einfachsten Fall

blockiert das Eingabegerät, sobald der virtuelle Roboter an ein anderes Objekt stößt. Es ist aber viel mehr möglich: Über Kraftfelder können Toleranzbereiche definiert und so Kollisionen verhindert werden. Gleichzeitig kann der Programmierer zum nächsten Bahnpunkt geführt werden. Die erzeugten Bahnen werden geglättet, um die Zitterbewegungen der menschlichen Hand herauszufiltern. Der Anwender behält jedoch die Kontrolle über die Bahnplanung und kann jederzeit die Systemvorgaben verwerfen und eine eigene Strategie verfolgen.

### **Schneller und einfacher**

Ziel des vorgestellten Konzepts ist es, den Aufwand bei der Offline-Programmierung von komplexen Bahnabschnitten deutlich zu reduzieren. Dr. Heinrich Schuler, Projektleiter der Ford AG aus Köln, dazu: „Wir erhoffen uns von der industriellen Umsetzung der Ergebnisse eine deutliche Verkürzung der für die Programmierung unserer Roboter erforderlichen Zeiten und eine entsprechende Kostenersparnis.“ Dabei ist der Einsatz haptischer Eingabegeräte neben der Verbesserung von Algorithmen zur Bahnplanung und der Vereinfachung von Kalibrierungsmöglichkeiten ein wichtiger Baustein.

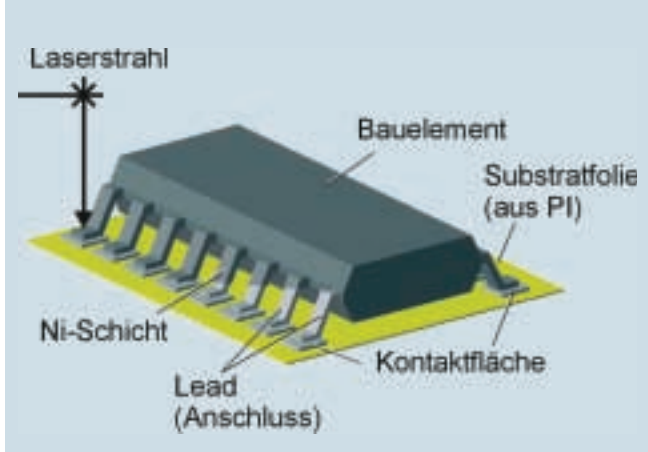
René Apitz, IFW

## **Virtuelle Realität und Haptik**

Auch wenn man den Begriff „Virtuelle Realität“ meist mit stereoskopischen Grafikanwendungen verbindet, so umfasst er jegliche Sinneseinwirkungen, die helfen, den gewünschten realitätsnahen Eindruck zu vermitteln. Dazu gehört auch die direkte Beeinflussung des Tastsinns, die hier als Haptik bezeichnet wird. Dabei wird unterschieden zwischen

- taktiler Wahrnehmung, d. h. der Empfindung von Sinneszellen in der Haut,
- Propriozeption, d. h. Krafterückkopplung auf die Muskulatur und
- kinästhetische Wahrnehmung, d. h. dem Einwirken von Bewegungskräften auf den Körper.

Im Zusammenhang mit dem hier beschriebenen Ansatz ist insbesondere die Propriozeption von Bedeutung.



# Kontaktanzeige: Laserstrahl-löten und -schweißen für die Elektronikindustrie

Ob es sich um die Stereoanlage, die Automobilelektronik oder die Steuerung von komplizierten Maschinen handelt: Diese „Anlagen“ bestehen aus zahlreichen kleinen elektronischen Bauteilen, die mit Hilfe der Füge-techniken an Trägernsubstraten befestigt werden. Dabei gewinnen das Laserstrahl-löten und das Laserstrahlschweißen zunehmend an Bedeutung.

Das moderne Leben ist ohne Elektronik kaum noch vorstellbar. Bei einem Blick ins Innere eines Radios, Rechners oder Mobiltelefons findet man zahlreiche Mikro-Elektronikkomponenten, die – vorzugsweise durch Lötverbindungen – an Substraten verbunden sind. Dadurch entsteht sowohl die elektrische als auch die mechanische Kontaktierung der elektronischen Komponenten mit dem Substrat. Noch vor 40 Jahren wurde diese Aufgabe weitgehend von Menschenhand durchgeführt. Heutzutage wird die Montage oft durch automatisierte Verfahren wie z.B. das Reflow-Löten übernommen, die täglich zehntausende von Leiterplatten bestücken.

## *Das Laserstrahl-löten – Technologie mit Zukunft*

In den letzten Jahren hat sich das Laserstrahl-löten als ergänzende Technologie entwickelt, die viele Vorzüge gegenüber den konventionellen Technologien anbietet.

Das Laserstrahl-löten ist ein Verfahren, bei dem die Bauteile selektiv bearbeitet werden. Nachdem eine Löt-paste mit einem Flussmittel auf die Kontaktstellen aufgebracht wird, erfolgt die Bestrahlung der Fügestellen. Durch Erhitzung der Löt-paste infolge der Laserstrahlung wird das Flussmittel aktiviert und bei steigender Temperatur schmelzen die Metallanteile der Löt-paste. Erst nach einer weiteren Erhöhung der Temperatur (durch thermische Wärmeleitung) benetzt die Löt-paste sowohl die Komponenten als auch das Löt-pad.

Durch Einsatz des selektiven Laserstrahl-lötens wird eine Schädigung des thermisch empfindlichen Substrates weitgehend vermieden, da die lokale Temperatur am Löt-punkt wesentlich niedriger ist als der Schmelzpunkt der einzelnen Komponenten. Außerdem können durch dieses Verfahren produktionsbedingte Füge-spalte kompensiert werden, die sich zwischen den Anschlussflächen und dem Substrat bilden.

Ein wesentlicher Vorteil des Laserstrahl-lötens ist die geringe Wärmeeinflusszone in der Löt-verbinding. Aufgrund der berührungslosen Bearbeitung entfällt außerdem die Notwendigkeit für eine aufwändige Spannvorrichtung. Dadurch erhöhen sich die Flexibilität und das Automatisierungspotenzial des Verfahrens. Darüber hinaus sind keine hohen Investitionskosten notwendig, da die Bestrahlung der Fügezone in der Umgebungsluft ohne Schutzgaszufuhr stattfindet.

## *Selektives Laserstrahl-löten – präzise und reproduzierbar*

Das Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) hat in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Laser Zentrum gGmbH (blz) in einem von der AIF geförderten Projekt die Reproduzierbarkeit beim Laserstrahl-löten und -schweißen an Elektronikkomponenten optimiert.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Experimente mit kommerziell erhältlichen



Elektronikbauteilen unter industriellen Bedingungen durchgeführt, um den Transfer der Daten zu den begleitenden Unternehmen zu erleichtern. Ziel der Untersuchungen war hauptsächlich die Optimierung der Prozessparameter für unterschiedliche Komponenten und die Online-Überwachung des Fügeprozesses.

### Online-Prozessüberwachung sichert Qualität

Um fehlerhafte Teile zu detektieren und sie entweder in eine Reparatur- oder Ausschussschleife umzuleiten, wurde im Projekt ein Online-Prozessüberwachungssystem eingesetzt. Dadurch werden teure Funktionsprüfungen nach der Fertigung reduziert. Die Online-Prozessüberwachung setzt Photodioden ein, die seitlich vom Laserkopf angebracht sind. Diese Sensoren detektieren den zurückreflektierten Anteil der Laserstrahlung und nehmen einen Durchschnittswert auf.

Ist die Laserstrahlleistung zu schwach um eine gute Lötverbindung herzustellen, geht der Wert der reflektierten Strahlung kurz nach Beginn des Fügeprozesses stark zurück. Bei zu hoher Leistung mit nachfolgender Zerstörung der Metalisierung ist der Wert der reflektierten Strahlung ebenfalls sehr schwach. Durch die Prozessüberwachung wird eine Gut-schlecht-Aussage über die Lötverbindungen getroffen.

### Bestrahlungsdauer und Laserleistung bestimmen die Qualität

Die Bestrahlungsdauer eines Lötpunktes und die Laserleistung sind die wichtigsten Parameter für das Laserstrahl-löten. Die Untersuchungen zeigen, dass die optimale Bestrahlungszeit in einem Bereich von 200 ms bis 1000 ms und die Laserleistung von 5 W bis 22 W liegen (siehe Bild 2). Innerhalb dieses Prozessfensters weisen die Lötverbindungen eine hohe Scher- und Zugfestigkeit auf. Liegt die Bestrahlungsdauer unterhalb von 200 ms, wird das Pad nicht ausreichend erhitzt. Das Benetzen auf der Anschlussfläche ist begrenzt und eine feste Verbindung zwischen Löt-pad und Anschlussfläche wird nicht hergestellt. Wird die Laserleistung bei gleicher, niedriger Bestrahlungsdauer erhöht, verdampft das Flussmittel, was zur Zerstörung des Lotes führt. Außerdem bleiben unerwünschte Poren in den Kontaktstellen zurück. Sind die Bestrahlungszeiten – selbst bei niedriger Leistung – zu lang,

wird der Kontakt zum Substrat nicht ausreichend gebildet.

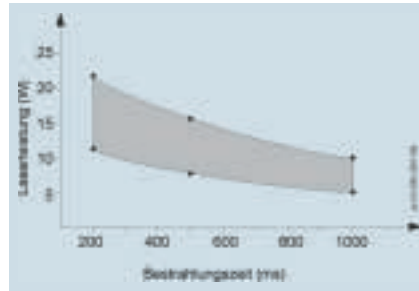


Bild 2: Prozessfenster beim Laserstrahl-löten von Kupfer auf Polyamid (Kupfer: 70 µm).

Für den Anwender sind kürzere Bestrahlungszeiten vorteilhafter, da bei einer schnellen Prozessgeschwindigkeit die Zeittakte kürzer sind. Die Experimente haben gezeigt, dass auch hier die Prozessfenster groß genug sind, um Unterschiede im Laserabsorptionsverhalten der Löt-paste auszugleichen, womit sogar ein unregulierter Prozess ermöglicht wird.

### Laserstrahlschweißen

Ähnliche Ergebnisse wie beim Laserstrahl-fügen wurden ebenfalls im Bereich des Laserstrahlschweißens erzielt (siehe Bild 3). Hierzu wurde ein Festkörperlaser mit einem Schweißpunktdurchmesser von 200 µm eingesetzt. Im Gegensatz zum Laserlöten, wird beim Laserstrahl-punktschweißen kein Füllmaterial verwendet. Das schont die Ressourcen und bietet einen wesentlichen Vorteil durch den Verzicht auf die bleihaltigen und umweltbelastenden Lote, die in Europa ab Juni 2006 verboten sind.

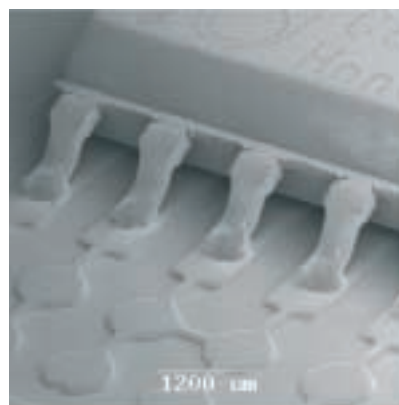


Bild 3: Mikrofügen elektronischer Bauteile mittels Laserstrahlschweißen.

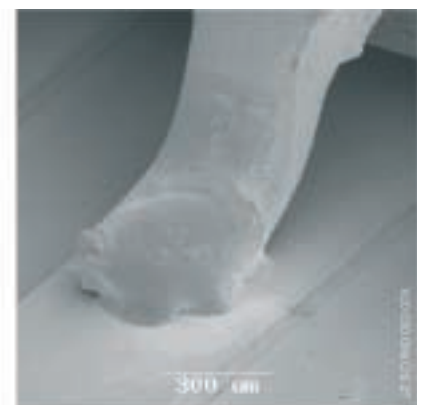
Für das Laserstrahl-Mikroschweißen ist eine höhere Pulsleistung (50-150 W) mit kurzen Pulsen (1-5 ms) notwendig. Die Verbindungen weisen innerhalb dieser

Parameter eine hohe Scher- und Zugfestigkeit auf, doch das Prozessfenster ist nicht ausreichend groß, um produktionsbedingte Abweichungen der Schweißbedingungen zu erfassen. Die größte Herausforderung für das Mikroschweißen mit dem Laser stammt von den Eigenschaften der verwendeten Materialien (meist Kupfer) und deren Fertigungsverfahren (Stanzen). Kupferwerkstoffe haben eine hohe Reflektion von >95 % bei der verwendeten Laserwellenlänge (Nd:YAG=1064 nm). Durch Verschmutzung oder Oxidation der Bauteile ändert sich das Absorptionsverhalten und führt zu Ungenauigkeiten.

Außerdem ergeben sich häufig Geometrieabweichungen bei der Fertigung der Elektronikbauteile. Durch diese Abweichungen entstehen Fügespalte zwischen den Komponenten und den Substraten. Um die Spalte beim Mikroschweißen zu überbrücken, ist eine genaue Dosierung der Laserleistung notwendig. Da sich die Verhältnisse von Bauteil zu Bauteil wesentlich ändern, bleibt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse für die Elektronikfertigung nicht zufriedenstellend. Eine sinnvolle Lösung für diese Problematik kann voraussichtlich durch eine Prozessregelung gefunden werden, die jedoch noch weitere Forschungsarbeit erfordert.

### Ausblick

Es hat sich gezeigt, dass vor allem das Laserstrahl-löten eine zuverlässige, ergänzende Technologie für die automatisierten Fertigungsverfahren in der Verbindungstechnik ist, insbesondere beim Mikrofügen von dreidimensionalen



Bauteilen. Auch der Einsatz des Laserstrahlschweißens für die Mikroverbindungstechnik zeigt schon jetzt ein hohes Potenzial für zukünftige industrielle Anwendungen.

Dr.-Ing. Jehhad Zeidan, LZH



# Leinen los – Passive Funk-sensoren im industriellen Umfeld

Wie oft wünscht man sich, Sensoren an beliebiger Stelle in einer Maschine platzieren zu können - ohne Kabel zu verlegen. Mit Funksensoren kann dieser Wunsch in Erfüllung gehen.

Mittlerweile haben kabellose Sensoren, die Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Strom oder Spannung messen oder auch Gase erkennen können, im Bereich der Produktionstechnik den Laborstatus überwunden. Der Messung an schwer zugänglichen Stellen und an bewegten Teilen in der Maschine steht somit nichts mehr im Wege.

## **Aktive Telemetrie – ohne Akku oder Batterie läuft nichts**

Telemetrie ist die drahtlose Übertragung von Messwerten, wobei zwischen aktiver und passiver Telemetrie unterschieden wird.

Bei der aktiven Telemetrie sorgt eine Batterie oder ein Akku im Telemetrie-Sender für die nötige Betriebsenergie. Die Firmen „Datatel Telemetrie“ in Hannover und „KMT- Kraus Messtechnik“ in Otterfing bieten hierzu unterschiedliche Lösungen an, die gegen Schmutz, Vibrationen, harte Stöße und hohe Temperaturen resistent sind.

Die Messwerterfassung versorgt den Sensor mit der nötigen Speisespannung und bereitet zugleich das Sensorsignal

zur störsticheren Funkübertragung für den Sender auf. Für eine störstichere Übertragung der Sensorsignale übertragen einige Telemetrie-Sender die Daten bis etwa 1kHz digital.

## **Schnelle Inbetriebnahme – Auf los geht's los**

Ein besonderer Vorteil der aktiven Telemetrie ist es, dass die erforderliche Energieversorgung an die Bedürfnisse des Telemetrie-Senders und des Sensors angepasst werden kann. Viele Sender stellen für den Sensor eine Gleich- und Wechselspannung bis zu 10V zur Verfügung. Dadurch können gängige Sensoren wie z. B. Dehnungsmessstreifen, Thermoelemente oder induktive Wegaufnehmer aus dem Industriebereich eingesetzt werden.

Martin Kraus, Geschäftsführer der Firma „KMT- Kraus Messtechnik“, stellt den Vorteil der aktiven Telemetrie klar in den Vordergrund: „Die Sendeleistung kann den funkspezifischen Gegebenheiten angepasst werden, wodurch sehr leicht und schnell eine sichere Signalübertragung über eine Distanz von bis zu 100 m in einer Industriehalle möglich ist. Nachteil der aktiven Telemetrie ist jedoch die

erforderliche Wartung der Akkus bzw. der Austausch der Batterien.“

## **Passive Telemetrie – Es geht doch**

Ein passiver Telemetrie-Sender kommt hingegen ohne Batterien und Akkus aus. Der Sender holt sich, statt aus einem Akku die Energie sozusagen aus der „Luft“. Dabei wird der Sender induktiv über einen Luftspalttransformator mit der nötigen Energie versorgt.

Die Datenübertragung nutzt die Anordnung der zwei Spulen des Luftspalttransformators. Über einen FET-Schalter (engl. Field Effect Transistor) kann der Strombedarf des Senders kurzzeitig erhöht werden, wodurch der Generator des Empfängers ebenfalls kurzzeitig mit einem höheren Strom belastet wird. Auf diese Art, „modulated backscatter“ genannt, kann der Sender seine Messwerte mit einem Abstand von 10 mm bis 20 mm zum Empfänger übertragen.

## **Große Entfernungen – Diätkur für Elektronik und Sensor**

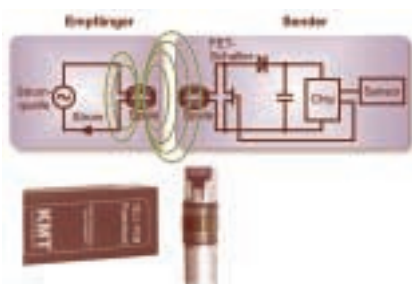
Der neuen Generation der kabellosen Sensoren wurde das Stromsparen ge-

lehrt. Der Sensor ist gleichzeitig auch der Sender, der als passiver Transponder arbeitet und über Funk abgefragt wird. Die Übertragungsstrecken reichen dabei mit etwa 5 m noch nicht an die der aktiven Telemetrie-Sender heran, werden aber dafür mit Umgebungstemperaturen bis zu 300°C ohne Probleme fertig.

### OFW Sensoren – Mikrometer hohe Wellen machen's möglich

Grundlage der neuen kabellosen Sensoren bilden einkristalline piezoelektrische Bauelemente, die seit den siebziger Jahren als Frequenzfilter und Resonatoren in elektronischen Schaltungen eingesetzt werden. Auf diesen Bauelementen sind ineinandergreifende Fingerstrukturen (Interdigitalwandler) aus Metall angebracht, die akustische Oberflächenwellen (OFW) in eine piezoelektrische Spannung und umgekehrt wandeln können.

Eine Antenne fängt das abgestrahlte Hochfrequenz-Feld (HF-Feld) von der Abfrageeinheit auf und leitet eine HF-Wech-



Eine Stromquelle erzeugt ein Wechselfeld in der Spule des Empfängers. In der Spule des Senders induziert das Wechselfeld eine Spannung, die Chip und Sensor mit dem nötigen Strom versorgt.

spannung an den in der Mitte des Quarzes befindlichen Interdigitalwandler. Daraufhin läuft eine mechanische Transversalwelle über die Oberseite des Quarzes. Von den am Ende des Kristalls befindlichen Interdigitalwandlern werden die Oberflächenwellen reflektiert und kehren zum Anfang zurück. Dort strahlen sie über die Antenne wiederum ein HF-Feld ab, das von der Antenne der Abfrage-Einheit empfangen wird. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwelle ist temperaturabhängig, so dass aus der Zeitdifferenz zwischen Sende- und Antwortsignal auf die Temperatur des Quarzes geschlossen werden kann. Die Wellenlänge ist abhängig von den Stegabständen der Fingerstrukturen.

### Andere Sensoren machen Druck

Für Drucksensoren dient ein temperatur-unabhängiges, piezoelektrisches Material. Der eigentliche Drucksensor wird an zwei Elektroden des Interdigitalwandlers angeschlossen. Der Drucksensor ist ein kapazitives, mikromechanisches Bauelement, das je nach Druck die Reflektions-eigenschaft eines Interdigitalwandlers ändert.

### Wenn's schwierig mit der Übertragung wird – neue Technologie

In Gebäuden sind Frequenzumrichter, Elektromotoren, schaltende Lastrelais und Mehrfachreflexionen oftmals Ursache schlechter Funkverbindungen. Dabei wird der Funkkanal in einem bestimmten Frequenzbereich gestört, so dass der Einsatz der oben beschriebenen OFW-Sensoren mit einer ihrer Bauart nach festgelegten Funkfrequenz problematisch werden kann.

Eine Lösung bietet das, aus der Mobilfunktechnik bekannte „frequency-hopping“-Verfahren. Dabei wechseln die Funkteilnehmer ständig ihre Funkfrequenz, so dass sie nicht dauerhaft in einem gestörten Frequenzbereich senden.

Das in der Firma IQ-Mobil entwickelte Sensorsystem für die Reifendruckkontrolle (RDKS) wechselt wie beim „frequency-hopping“ die Funkfrequenz während des Betriebs und umgeht so die Problematik der OFW-Sensoren. „Darüber hinaus lässt sich mit diesem System ebenso eine Temperatur messen“, so Herr Ostertag, Leiter der Entwicklungsabteilung der Firma IQ-Mobil.

Das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover (IFUM) entwickelt zurzeit ein Konzept, wie die Temperatur von Schmiedewerkzeugen kabellos und online überwacht und auch ein Werkzeugwechsel ohne Beschädigung des Messsystems durchgeführt werden kann.

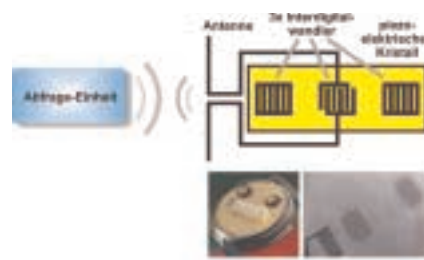
Kernelement eines kabellosen Temperatur- bzw. Drucksensors ist ein nachschwingender Quarz-Volumenschwinger. Das Abfragemodul sendet ein amplitudenmoduliertes HF-Feld aus. Die Modulation wird zur Anregung eines Quarzes genutzt. Wird die Modulation des HF-Feldes abgeschaltet, schwingt der Quarz auf seiner temperaturspezifischen Eigenfrequenz weiter. Diese Nachschwingung wird mit dem nicht modulierten HF-Feld

gemischt und wieder zurückgestrahlt. Das Steuergerät misst die Eigenfrequenz und ermittelt aus der Abweichung von der Anreffefrequenz das Temperatursignal.

Vorteil dieses Systems ist es, dass die Funkfrequenz des HF-Feldes unabhängig von der Modulationsfrequenz ist und damit in einem weiten Frequenzbereich geändert werden kann.

### All in One – geht nicht? Gibt's nicht!

Aufgrund der verstärkten Wartungsnotwendigkeit durch das Wechseln von Akkus oder Batterien, weichen aktive Telemetrie-Sender mehr und mehr den passiven Alternativen.



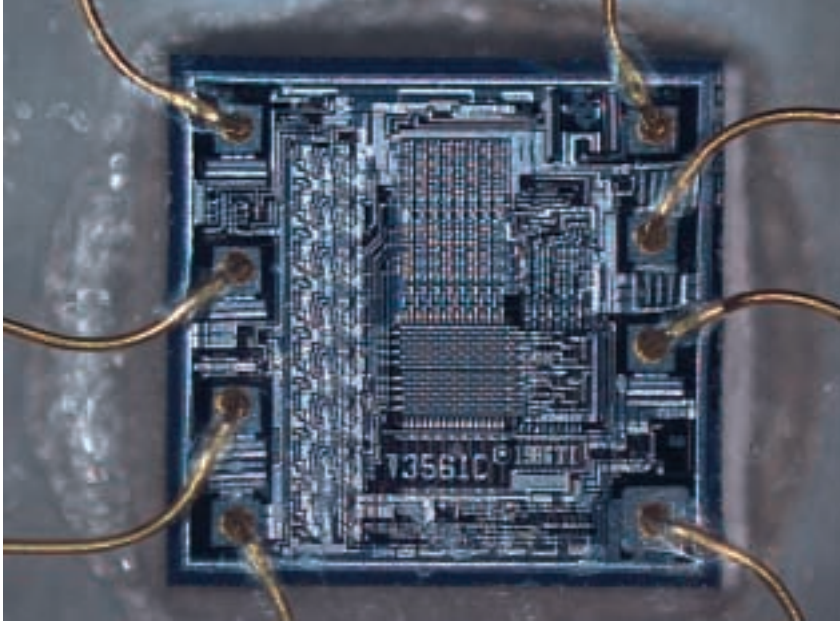
Die Messtoleranz des Temperatursensor mit 1,1 g und einer Quarzgröße von 30 x 13 x 4 mm liegt bei unter  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Das von einer Antenne aufgefangene 433 MHz HF-Feld leitet eine HF-Wechselspannung an den auf dem Quarz befindlichen Interdigitalwandler. Daraufhin läuft eine mechanische Transversalwelle mit einer Wellenlänge von 7,2  $\mu\text{m}$  über die Oberseite des Quarzes.

Die bereits eingesetzten, passiven Sender, die über Spulen induktiv versorgt werden sind allerdings durch ihre geringe Reichweite noch nicht optimal an die Bedingungen der Produktion angepasst.

Durch die Neuentwicklung der passiv versorgten OFW-Sensoren und durch die Weiterentwicklung der Funksensoren mit Quarz-Volumenschwinger wird die Datenübertragungsqualität auch bei großen Funkstrecken immer weiter verbessert. Ziel der Forschungsbemühungen am IFUM ist die Entwicklung einer kabellosen, wartungsarmen Maschinenüberwachung.

Die Entwicklung dieser innovativen Technologien steckt noch in den Kinderschuhen, aber sie birgt einen erheblichen Zeitvorteil in der Applikation und eine enorme Erweiterung in den messtechnischen Möglichkeiten (z.B. an rotierenden und bewegten Maschinenteilen).

Olaf Marthiens, IFUM



# Auf die Verpackung kommt es an!

Chiphersteller sind in der Lage, immer kleinere Bauteile mit immer mehr Funktionalität herzustellen. Eine wesentliche Aufgabe zur Erzeugung eines benutzerfreundlichen Endgerätes ist die Verpackung des Chips und die Verbindung mit seiner Peripherie.

In der Elektronik-Entwicklung besteht die Herausforderung darin, den immer größer werdenden Funktionsumfang bei immer kleiner werdenden geometrischen Abmessungen zu bewältigen. Diesem Trend begegnen die Chiphersteller durch „Shrinking“ – dem Schrumpfen der Schaltungsstrukturen und somit einer Reduktion der pro Funktionseinheit benötigten Oberfläche. Entsprechend groß ist der Entwicklungsbedarf im Bereich der Auflösung der zur Halbleiterherstellung benötigten Lithografiertechnik. Strukturgrößen kleiner als 100 nm lassen sich in ersten Anwendungen bereits realisieren.

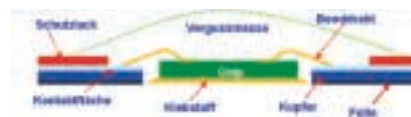
## Elektronisches Packaging: Was ist das?

Mit kleiner werdenden Chipstrukturen steigt automatisch der Aufwand bei der Kontaktierung von Chip und Platine bzw. Substrat: Mit dieser Fragestellung befasst sich das Elektronische Packaging. Lösungen von höchstem technologischen Anspruch finden sich bereits in vielen Alltagsgegenständen. So benutzt jeder die Smart Card (eine Chipkarte wie beispielsweise die Telefonkarte) ohne sich Gedan-

ken über die Komplexität des Aufbaus zu machen.

## Die Wire-Bond-Technologie auf dem Rückzug

Die zur Zeit am meisten verwendete Kontaktierungstechnik ist die sogenannte Wire-Bond-Technologie. Dabei werden der Chip und die entsprechenden Kontaktflächen auf dem Substrat über feinste Metalldrähte (aus Gold, Aluminium, Kupfer etc.) mittels Ultraschall- bzw. Thermokompressionsverfahren verbunden. In einem ersten Prozessschritt wird der Chip aus einem großen Wafer isoliert und mit



Das Wire-Bond Verfahren benötigt viel Bauraum.

seiner kontaktlosen Seite auf das Substrat geklebt. Nach dem Aushärten der Klebeverbindung werden die Kontaktflächen zwischen Chip und Substrat unter Anwendung der oben genannten Verfah-

ren mit dünnen Drähten verbunden.

Als entscheidender Nachteil des Wire-Bond-Verfahrens ergibt sich eine relativ hohe Bauform. Diese ist einerseits durch den Bogen des Bonddrahtes bedingt, andererseits durch die notwendige Vergussmasse zum Schutz der Verbindung. Neben technologischen Gründen sind wirtschaftliche Aspekte in einem hochdynamischen Markt wie der Halbleiterindustrie Hauptursachen für die Suche nach einfacheren und kostengünstigeren Verfahren. Stückkostenreduzierungen in der dritten Nachkommastelle entscheiden bei den in der Halbleiterbranche üblichen Losgrößen über Gewinn oder Verlust. Am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover (ITA) wird daher an neuen Verfahren für die industriell einsetzbare Verbindungstechnik geforscht.

## Das Flip-Chip-Verfahren auf dem Vormarsch

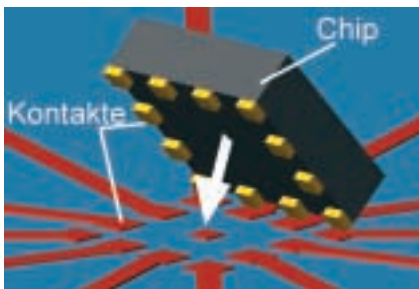
Im Gegensatz zum Wire-Bonden wird der Chip beim Flip-Chip-Verfahren gedreht

und direkt mit der kontaktbehafteten Seite auf das Substrat platziert.

Auf dem Substrat befindet sich ein spiegelsymmetrisches Layout der Chipkontakte (Bumps), so dass bei genauer Platzierung die Kontaktflächen von Chip und Substrat exakt aufeinanderliegen. Der physikalische Zusammenhalt von Chip und Substrat sowie der Schutz der elektrischen Verbindung erfolgt über einen geeigneten Klebstoff.

Forschungsgegenstand des ITA sind insbesondere Flip-Chip-Verbindungen mit nichtleitfähigen Klebern. Bei diesen Verfahren wird der Chip in ein Klebstoffdepot auf dem Substrat gepresst. Unter Druck und einer definierten Temperatur wird die Verbindung ausgehärtet. Die elektrische Verbindung erfolgt über den direkten Oberflächenkontakt der Bumps mit dem Substrat.

Mehrere Parameter – Planparallelität des Andruckprozesses, Andruckzeit und Temperatur sowie das Aushärteverhalten des Klebers – bestimmen die Prozessqualität maßgeblich. Zur Erhöhung des Prozess-

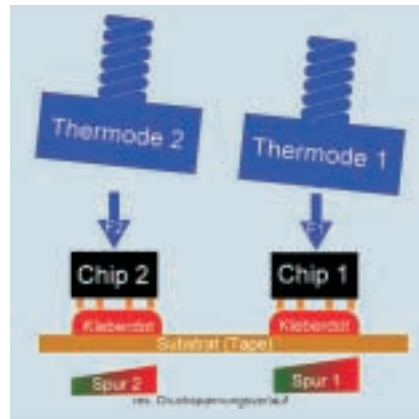


Das Flip-Chip Verfahren bietet eine Menge Vorteile stellt jedoch eine erhöhte Anforderung an den Prozess.

verständnisses mit dem Ziel einer prozessoptimalen Aushärtezeit wird der Aushärteprozess am ITA mit einem FE-Modell simuliert. Hierbei spielt insbesondere das Verhalten des Klebers eine entscheidende Rolle. Um eine zuverlässige Verbindung zu erreichen, ist es unumgänglich, die Blasenbildung unter dem Chip auf ein absolutes Minimum zu reduzieren. Dabei gilt es, eine unproblematische Materialkombination zu ermitteln. In einigen Fällen kommt es z. B. zu einer Reaktion zwischen den verwendeten Epoxydharzklebern und der Laminationsschicht des Basissubstrates, die zu einer starken Blasenbildung unter dem Chip führt. Eine Verbindung des Chips ist damit zunächst zwar möglich, die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von

Epoxydharz und Luft führen jedoch im Alterungstest zu einer Unterbrechung der bestehenden elektrischen Verbindung.

Die Simulation dient der Vorhersage der Zuverlässigkeit der Klebeverbindung.



**Einfluss der Planparallelität beim Einsatz von Thermoden.**

Das Aushärten des Klebstoffes erfolgt bei definierter Temperatur, Anpressdruck und Anpresszeit durch den Einsatz von Thermoden. Mit der Simulation sollen die Einflussfaktoren für eine minimale Anpresszeit ermittelt werden.

### Viele Vorteile durch Flip-Chip

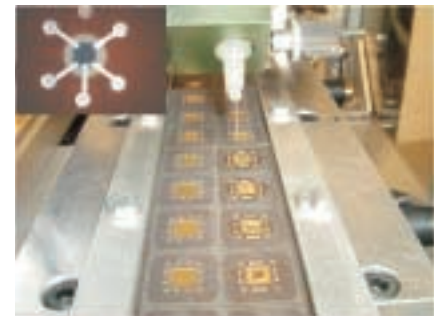
Durch das direkte Aufsetzen des Chips auf das Substrat ergeben sich mehrere Vorteile für das Flip-Chip-Verfahren. Da die Kontaktflächen direkt aufeinanderliegen, ist zum einen die Bauhöhe erheblich geringer als beim Wire-Bonden. Zum anderen wird die Verbindung durch das inaktive Silizium auf der Chiprückseite geschützt. Der Einsatz von Vergussmasse zum Schutz gegenüber Außeneinflüssen kann daher entfallen. Beim Wire-Bonden liegen die Kontaktflächen des Substrats um den Chip verteilt, wodurch ein Chip inklusive der Verbindungstechnik relativ viel Grundfläche auf dem Substrat einnimmt. Mit Flip-Chip-Technologie aufgebraute Chips belegen theoretisch nur ihre eigene Grundfläche und erlauben so eine deutlich höhere Dichte an Chippads auf der Substratoberfläche.

### Elektrisches Leitkontaktieren – eine bisher wenig beachtete Alternative

Im Gegensatz zum vorher diskutierten Verfahren stellt das elektrische Leitkontaktieren eine flexible Alternative dar, bei der eine Drehung des Chips nicht erforderlich ist. Mittels eines Mikrodosier-

verfahrens wird der Chip mit elektrisch leitfähigem Klebstoff kontaktiert. Die leitfähige Eigenschaft des Klebers beruht auf der Einbettung von Silberpartikeln in die Klebstoffmatrix. Ab einem bestimmten Füllstoffgehalt entsteht ein Stromleitpfad (Perkolationspfad) innerhalb des Klebstoffes.

Dieses Verfahren besticht durch seine Flexibilität und kombiniert die Vorteile des Wire-Bond-Prozesses mit denen des Flip-Chip-Prozesses. Der Chip kann flexibel kontaktiert werden, indem die Leitstruktur direkt mit einer Dosierkanüle geschrieben oder drucktechnisch erzeugt wird. Bei dieser Form der Kontaktierung ist keine Drahtschleife wie beim Wire-Bonden notwendig, wodurch das kontaktierte Bauelement wesentlich flacher ausfällt. Zur weiteren Erforschung dieses Verfahrens wurde am ITA ein hochgenauer Dosierautomat in Betrieb genommen.

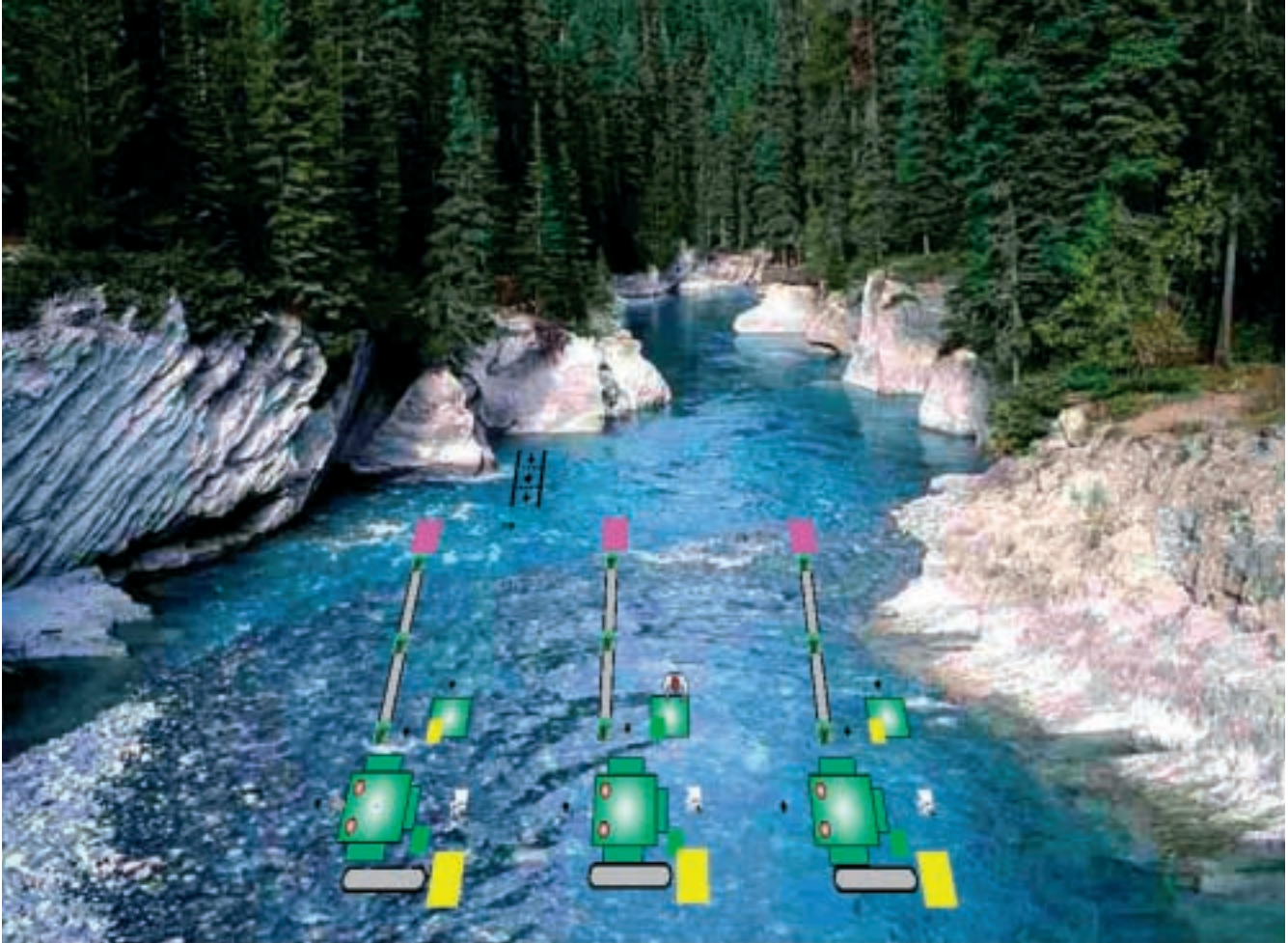


Leitkontaktieren als Alternative.

### Günstige Verbindung

Die steigenden Anforderungen an elektronische Geräte verlangen nach einer immer höheren Integrationsdichte. Ein wesentlicher Teil der Arbeiten zum elektronischen Packaging befasst sich mit der Entwicklung von neuen Kontaktierungsverfahren, die kostengünstigere und flexiblere Produkte ermöglichen und damit den Forderungen der Industrie nach möglichst hoher Wirtschaftlichkeit nachkommen. Der Chip auf einer Smart Card ist ein Beispiel für ein sehr komplexes Bauteil mit einem hohen Maß an Genauigkeit und Flexibilität. Doch auch hier wird die Forschung in den nächsten Jahren weiter vorangetrieben um die Einsetzbarkeit zu erhöhen und die Kosten für die Hersteller weiter zu senken.

Thomas Fahlbusch, ITA



Der Einsatz einer Materialflusssimulation ermöglicht es, die Produktion in Fluss zu bringen.

## *Produktion im Fluss*

Die Herstellung von Elektronikgeräten ist charakterisiert durch eine heterogene Produktionsstruktur und eine hohe Anzahl von Stationen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad. Die damit verbundene Planungskomplexität kann allerdings durch den Einsatz einer Materialflusssimulation beherrscht werden.

Die Planung eines Produktionsbereiches für Elektronikgeräte bedarf eines umfassenden Systemverständnisses für verkettete Produktionssysteme. Der Hauptgrund für die hohe Komplexität des Materialflusses innerhalb eines Systems sind die eingesetzten Verkettungsarten. Die einzelnen Stationen werden oft durch begrenzte Puffer wie beispielsweise Transportbänder „elastisch verkettet“. Die dadurch entstehenden Produktionsabschnitte werden durch Zwischenlager verknüpft, welche technisch nicht be-

grenzt sind. Man spricht von einer „losen Verkettung“. Dieser Wechsel von elastischer und loser Verkettung erschwert die Auslegung der Stationen hinsichtlich ihrer Leistung, die Dimensionierung der Zwischenpuffer und die Entwicklung und Parametrierung geeigneter Produktionssteuerungsverfahren.

### *Wo liegt der Engpass?*

Besondere Relevanz bei der Auslegung von verketteten Anlagen hat die

Identifikation des jeweiligen Engpasses. Die Engpassstation verfügt über die geringste Produktionsleistung und begrenzt somit die Ausbringungsleistung der gesamten Fertigungslinie. Eine Engpassbestimmung innerhalb elastisch verketteter Produktionsabschnitte kann auf Basis mathematischer Ansätze erfolgen. Die Identifikation des Engpasses über mehrere, lose verkettete Linien hinweg ist jedoch schwierig, da die Produktionsleistungen der Teilbereiche nur näherungsweise berechenbar sind. Der

Grund hierfür ist die hohe Dynamik von elastisch verketteten Produktionsanlagen. Die Ursachen dafür liegen in technischen Störungen, Taktzeitschwankungen oder einer unzureichenden Materialversorgung, die sich infolge der Verkettung entlang der gesamten Produktionslinie fortpflanzen können. Dies offenbart sich in Form von wartenden oder blockierten Stationen.

Eine weitere Komplexität bei der Planung einer Produktion für Elektronikgeräte ergibt sich aus den unterschiedlichen Stationen und Arbeitsplätzen. Die Leiterplatten werden häufig zuerst mit kleinen Bauteilen unter Anwendung eines hohen Automatisierungsgrades bestückt. Die anschließende Bestückung mit größeren Bauteilen, die Prüfvorgänge sowie die Gerätekomplettmontage werden entweder manuell oder teilautomatisiert an anderen Stationen durchgeführt. Die verschiedenen Automatisierungsgrade führen zu unterschiedlichen Anforderungen der Stationen. So sollte eine investitionsintensive, hoch automatisierte Station möglichst gut ausgelastet sein, welches sich beispielsweise durch eine dreischichtige Belegung und große Losgrößen erreichen lässt. An manuellen Arbeitsplätzen hingegen besteht die Bestrebung, die Lohnkosten niedrig zu halten, was aufgrund von Nachtschichtzulagen gegen eine dreischichtige Belegung spricht. Die Losgröße hat hier aufgrund des meist geringen Rüstaufwands wenig Einfluss auf die Leistung des Arbeitsplatzes. Daher kann sie zur Erreichung produktionslogistischer Ziele wie kurzer Durchlaufzeiten und niedriger Bestände verringert werden. Der heterogene Automatisierungsgrad der Produktion führt also entweder zu variierenden Schichtsystemen und Losgrößen innerhalb der Wertschöpfungskette und damit zu einer erhöhten Komplexität oder zu einer unvollständigen Ausnutzung der Potenziale der einzelnen Stationen.

### ***Simulation als wertvolle Planungshilfe***

Aufgrund der beschriebenen Komplexität ist es kaum möglich, ein Fertigungs- und Montagesystem im Elektronikbereich ohne Hilfsmittel zu planen. Heutzutage wird zunehmend die Materialflusssimulation als Werkzeug verwendet. Hierbei werden die geplanten Anlagen im Computer als Modelle abgebildet, an denen die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien überprüft werden können.

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover (IFA) unterstützt Unternehmen bei der Neu- und Umplanung von Produktionsbereichen mit Hilfe von Simulationsstudien. Anhand eines kürzlich durchgeführten Projektes zur Neuplanung einer Fertigungs- und Montagelinie von Elektronikgeräten soll im Folgenden die Vorgehensweise und der Nutzen derartiger Projekte dargestellt werden. Im Fokus des Projektes stand ein geplanter Produktionsbereich, der die Prozessschritte Bestückung, Test, Lackierung, Montage, Abschlussprüfung und Verpackung beinhalten sollte. Neben der Ermittlung der notwendigen Stationsanzahlen war es Ziel des Projektes, die erforderlichen Parameter für einen optimalen Fluss der Werkstücke in der Produktion zu bestimmen. So sollten kurze Durchlaufzeiten, geringe Durchlaufzeitschwankungen und niedrige Bestände ermöglicht werden.

### ***Aufbau eines virtuellen Produktionssystems***

Zur Modellierung des geplanten Produktionsbereiches wurden zunächst maschinenbezogene Daten wie Takt- und Transportzeiten, Stördauern und -abstände sowie Ausschussquoten ermittelt. Weiterhin wurden das Produktionsprogramm, die Losgrößen und die Meldebestände zur Abbildung der Steuerung verwendet. Abschließend wurden personalbezogene Daten wie Mitarbeiterqualifikation und -anzahl, Schichtsystem und Pausenzeiten integriert. Bei der Erstellung des Simulationsmodells wurde auf in der Software hinterlegte Standardbausteine zurückgegriffen, die im Anschluss entsprechend der erfassten Systemgrößen konfiguriert wurden. Aufgrund der Varianz der Mehrzahl dieser Größen in der Realität wurden diese im Simulationsmodell mit statistischen Verteilungen hinterlegt.

Das so geschaffene Modell wurde anschließend validiert. Diese Überprüfung der Genauigkeit der Simulation erfolgte unter anderem anhand der Kennwerte der Ausbringungslleistung, der Verfügbarkeit und des Rüstanteils der Stationen, die mit analytisch ermittelten Werten verglichen wurden.

### ***Weiterentwicklung des virtuellen Systems als iterativer Prozess***

Nachdem eine hinreichende Genauigkeit des entwickelten Simulationsmodells

feststand, konnte mit der Analyse des geplanten Produktionssystems begonnen werden. Die Simulation des Ausgangsmodells ergab, dass die geplanten Stückzahlen so nicht erreicht werden können. Die von der Simulation bereitgestellten Statistikdaten halfen jedoch, den Engpass sicher zu identifizieren. Anschließend wurden unterschiedliche Szenarien zur Behebung des Engpasses mittels der Simulation evaluiert, so dass nun die gewünschte Ausbringungsmenge bei minimalen Zusatzkosten realisiert werden konnte.

In einem zweiten Schritt wurde der Materialfluss durch eine Variation der Steuerungsparameter optimiert. In mehreren Szenarien wurden die Losgrößen und die Meldebestände iterativ gesenkt. Hierfür unterstützt die Simulation den Anwender mit problemspezifischen Diagrammen, welche den Umfang des Senkungspotenzials sichtbar machen. Auf diese Weise wurden die notwendigen Parameter für eine deutliche Reduzierung der Lagerbestände und Durchlaufzeiten ermittelt, ohne dass die Lieferfähigkeit oder die Ausbringungslleistung beeinträchtigt wurden.

Durch die Anwendung von Simulationstechniken können also die Genauigkeit und damit die Sicherheit des Planungsergebnisses stark verbessert werden. Die detaillierten Statistikfunktionen des Simulationsmodells haben das Planungsteam bei der Analyse und Verbesserung der Planungsszenarien wirkungsvoll unterstützt. So blieb die Produktion trotz der Testphase mehrerer Szenarien ohne Ausfälle weiterhin im Fluss.  
**Michael Heins, Helge Winkler, IFA**



Quelle: Höft und Wessel

## Mobile Endgeräte wie Smartphones, Personal Digital Assistants (PDA) oder auch Pocket PCs finden eine immer stärkere Verbreitung. Früher vornehmlich als elektronisches Adressbuch und Kalender verwendet, steigen die Möglichkeiten der kleinen Helfer mit der Bandbreite an verfügbarer Software; auch in der Produktion.

Für die kleinen mobilen Helfer ist mittlerweile eine Vielzahl an industriell einsetzbarer Software vorhanden, die auch in der Produktion hervorragend verwendet werden kann. Steuerungshersteller ermöglichen die Programmierung der Steuerung per PDA vor Ort, Visualisierungssoftware stellt den Zustand der Anlage dar und bei einer Reparatur kann die Servicedatenbank in der Westentasche mitgenommen werden. Viele Applikationen, die früher nur mobil auf einem Notebook betrieben werden konnten, stehen heute auch auf dem PDA zur Verfügung. Die Vorteile liegen auf der Hand: kleines Gewicht, geringe Abmessungen und Einsatzbereitschaft auf Knopfdruck versprechen eine größere Mobilität als beispielsweise Notebooks. Hinzu kommt, dass PDA geradezu universelle Kommunikationstalente sind.

### *Kommunikation ganz groß*

Ausgestattet mit einer Vielzahl an Schnittstellen für die drahtlose Informationsübermittlung kann die Datenverarbeitung sowohl in lokalen als auch in globalen Netzen stattfinden. Während die Netzverbindung lokal z. B. durch sogenannte WLANs (Wireless Local Area Networks nach IEEE 802.11) realisiert wird, kommen global die Mobilfunknetze auf Basis von GSM (Global System for Mobile Communication), wie GPRS (General Packet Radio Service) und neuerdings auch UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) zum Einsatz. Je nach Verbindungsart können kleinere oder größere Datenvolumen pro Zeiteinheit übertragen werden. Insgesamt nehmen sowohl die Anzahl öffentlicher Zugänge als auch die verfügbaren Übertragungsraten ständig zu.

Beim Einsatz in der Produktion hängt es von den jeweiligen Randbedingungen ab, welche Technologie die notwendige Mobilität erreicht. In einer Fabrikhalle sind lokale Funknetze aufgrund der hohen Übertragungsrate und der geringen Kosten erste Wahl, auf einer größeren Freilagerfläche kommen auch die Mobilfunknetze durch ihre große Reichweite in Betracht.

### *Informationen lokal serviert...*

Mit dieser mobilen Technologie ist der Zugriff auf Informationen an jedem Ort und zu jeder Zeit möglich. Gleichzeitig sind Ort und Zeit selbst entscheidende Merkmale für die Filterung der Fülle an Informationen auf ein für den Benutzer überschaubares Maß. Mobile Helfer sind so nicht nur im privaten Bereich (z.B. in einem Auto-Navigationssystem), sondern



auch im Bereich der Produktion überaus hilfreich und zukunftsweisend. In der Produktion müssen aufgrund ständiger Änderung eine Vielzahl von Informationen für einen optimalen Produktionsablauf ausgewertet und berücksichtigt werden. Diese Informationen sind üblicherweise nicht in der Produktionshalle selbst, sondern im Büro des Planers bzw. Fertigungssteuerers verfügbar. Über ein mobiles Endgerät können diese Informationen dann an den Ort des Geschehens in der Produktion gelangen. Es wäre dann möglich diese Informationen situationsabhängig zu filtern. Befindet sich der Mitarbeiter an einem bestimmten Arbeitssystem, kann der örtliche und zeitliche Kontext eine wichtige Eingangsgröße für die Filterung der Aufträge sein. So können beispielsweise nur die Aufträge dargestellt werden, die zurzeit an diesem speziellen Arbeitssystem bearbeitet werden. Vor Ort lassen sich dann logistische Zielgrößen wie Durchlaufzeit, Bestand, Termintreue und Kapazitäten des jeweiligen Arbeitssystems anzeigen und beurteilen und außerdem personenbezogen für den individuellen Benutzer aufbereiten. Für den Werker sind im Wesentlichen die Informationen über die Arbeitssysteme, für die er verantwortlich ist, von Interesse, der Fertigungsleiter bedarf Informationen über sämtliche Aufträge und Maschinen und für den Geschäftsführer sind eher übergreifende Kennzahlen, wie die Streuung der Termintreue wichtig.

### **Kommunikation in der Produktion fördern**

Durch die Analyse am Arbeitssystem könnte eine direkte Kommunikation zwischen planerischer und ausführender Ebene erfolgen. Traditionell ausgedruckte Auftragslisten sind als Informationsmedium mittlerweile ungeeignet, da sie schnell veralten und damit die Forderung nach einer hohen Flexibilität der Produktion nicht erfüllen. Dies stellt einen wesentlichen Schwachpunkt der existierenden Systeme zur kurzfristigen Analyse und Umplanung der Produktion dar. Nur mit einem mobilen System ist es möglich, die personelle Kommunikation mit dem Mitarbeiter auf Basis aktueller Informationen auf allen Arbeitsebenen durchzuführen. Das mobile Endgerät dient hiermit nicht nur als Informationsquelle sondern unterstützt die Kommunikation mit den Mitarbeitern im besonderen Maße. Bei notwendigen Produktionsplanänderungen, z. B. durch Lieferengpässe, Kundenänderungen oder Störfälle kann dann direkt mit dem Gerät reaktionsschnell eine Umplanung durchgeführt und die Konsequenzen diskutiert werden.

Neben der mobilen Kommunikation zur Auftragssteuerung ist für mobile Endgeräte eine Vielzahl an weiteren Einsatzszenarien denkbar. Sei es während der Einarbeitung von Montagepersonal, zur Unterstützung des Servicetechnikers

oder bei der Bereitstellung von Vormaterial für die Produktion aus dem Lager. Überall müssen die richtigen Informationen zur richtigen Zeit der entsprechenden Person zur Verfügung stehen. Mobile Endgeräte sind hier die Zukunft.

### **Entwicklungsbedarf für mobile Geräte**

Die Potenziale von mobilen Endgeräten in der Produktion sind sehr groß. Insbesondere in der Produktionsplanung und -steuerung kann eine Unterstützung durch die Überwindung der örtlichen Trennung von Planung und Ausführung erhebliche Nutzeffekte erschließen. Allerdings sind bisher in diesem Umfeld keine Systeme etabliert, die über die einfache Darstellung der Masken z. B. von MES-Systemen hinausgehen. Zum besseren Einsatz in der Produktion müssen die Benutzerschnittstellen an das kleinere Display der mobilen Geräte angepasst werden. Das Datenübertragungsvolumen muss verringert, die Geräte robuster gemacht und mit mehr Schnittstellen ausgestattet werden. Des Weiteren muss eine Infrastruktur geschaffen werden, die die Lokalisierung innerhalb der Produktionshalle ermöglicht und die Datenübertragung sicherstellt. Insbesondere im Bereich der Aufbereitung und Darstellung der Produktionsdaten ist ein großer Entwicklungsbedarf vorhanden. Letztendlich müssen die Informationen dem jeweiligen Kontext entsprechend zusammengestellt und unter Berücksichtigung der Displaygröße und des Nutzers aufbereitet werden. Auch die Sicherheit spielt hierbei eine große Rolle.

Um dem Entwicklungsbedarf gerecht zu werden plant das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH, in Zusammenarbeit mit mehreren mittelständischen Unternehmen, eine innovative Lösung, die diese Potenziale erschließen soll. Die Konzeption und Umsetzung soll im Rahmen eines Verbundprojektes, in dem das IPH als Entwicklungsdienstleister auftritt, durchgeführt werden.

Die Vorteile der neuen Mobilität mit den kleinen Helfern liegen auf der Hand. Man darf gespannt sein, wie sich dieser Bereich der Elektrotechnik weiterentwickelt.  
**Sven Voges, IPH**

### **Kleine Geräte – Große Sicherheit**

Auch wenn man es den kleinen Geräten nicht ansieht, grundsätzlich sind sie durch ihre offenen Kommunikationsmöglichkeiten auch vor einem Missbrauch durch Unbefugte nicht immer geschützt. Im Gegensatz zu der kabelgebundenen Datenübertragung kann bei der Funkübertragung jeder, der sich in Reichweite befindet, auf die Daten zugreifen. Bei den meisten Übertragungsverfahren wurden technische Möglichkeiten entwickelt, die den Zugriff auf die Daten erschweren. Aber häufig sind entsprechende Einstellungen zur Aktivierung der standardmäßigen Verschlüsselung notwendig. Insbesondere bei dem häufig in Sicherheitskritik stehendem WLAN sind

Maßnahmen durchzuführen, um eine sichere Nutzung mobiler Technologien zu gewährleisten. Hier sollte die Verschlüsselung nach dem WEP-Standard (Wired Equivalent Privacy) in der höchsten Stufe (128 Bit Schlüssellänge) verwendet werden. Ebenso sollte eine Authentifizierung z. B. über die Hardware-Adresse des mobilen Endgerätes zur Benutzung zwingend vorgeschrieben und eine Erkennbarkeit des Access-Points abgeschaltet sein. Eine weitere Sicherheitsstufe lässt sich durch die Verwendung von speziellen VPN-Clients (Virtual Private Network) und entsprechenden Gateways realisieren.



## VDMA-Innovationspreis für erfolgreiches EU-Projekt

Das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover (IFW) hat gemeinsam mit den Unternehmen Cedima und Koller & Sohn aus Celle den renommierten Innovationspreis des VDMA gewonnen. Die Auszeichnung wird ihnen für die Entwicklung eines neuartigen Seilsägesystems zuerkannt.



In einem von der EU geförderten Projekt ist es den Ingenieuren gelungen, das Maschinengewicht im Vergleich zu Standardseilsägesystemen auf weniger als die Hälfte zu reduzieren und durch den mo-

dularen Aufbau das Handling so zu verbessern, dass ein einzelner Bediener die Schnitтарbeiten, z. B. das Einbringen von Mauerdurchbrüchen, ausführen kann.

Als Werkzeug dient dabei ein mit Diamantschneidperlen besetztes Endlosseil, das von einem Motor angetrieben wird und sich kontinuierlich durch das Material arbeitet.

Auch die EU-Kommissare zeigten sich sichtlich beeindruckt von der neu entwickelten, bereits in Serie gegangenen Maschine. Sie lobten auf der Abschlusspräsentation in Buggenhout (Belgien) ausdrücklich die besonders gute Kooperation zwischen Herstellern, Anwendern und Hochschule sowie das dabei entstandene innovative und marktfähige Produkt.

### Weitere Informationen:

Jens Bockhorst,  
Telefon (05 11) 7 62-4299 oder  
gestein@ifw.uni-hannover.de

## Seminar „Neue Fertigungstechnologien in der Luft- und Raumfahrt“ am 17 und 18. November 2004 in Hannover

Am 17. und 18.11.2004 findet das 4. Seminar „Neue Fertigungstechnologien in der Luft- und Raumfahrt“ statt.

Das Seminar bietet die Gelegenheit über Trends und innovative Fertigungstechnologien für die Luftfahrt - sowohl bei den Antrieben als auch bei der Struktur - umfassend informiert zu werden.

Es werden interessante Vorträge von Experten aus führenden Firmen der Fachbereiche Planung und Instandhaltung, neue Maschinenkonzepte und innovative Fertigungstechnologien zu hören sein.

Die Vorträge werden sich u. a. mit den großen Herausforderungen an die Fertigung zum Einsatz neuer Materialien bei den Neuentwicklungen befassen. Ziel des



Seminars ist es neue Ideen und Fachwissen zu vermitteln, eine Plattform für den Austausch mit den Experten zu bieten und eine Diskussion unter Fachleuten anzuregen.

### Kontakt, weitere Information:

Vusal Jivishov, Telefon (05 11) 762-1 90 91  
oder jivishov@ifw.uni-hannover.de.

## Erfolgreiche Tagung zur Wandlungsfähigkeit von Fabriken

Am 7. Juli 2004, zwei Tage vor der offiziellen Einweihung des neuen Gebäudes, fand im Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) die gantztägige Tagung „Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen“ (WdmF) statt. Veranstalter waren neben dem IPH und dem IFW die Industrieunternehmen Airbus, Deere&Company, EDAG, Flender, Gildemeister und Volkswagen.



Mehr als 80 Teilnehmer aus Industrie und Forschung nutzten die Gelegenheit sich über die aktuellen Arbeiten des gleichnamigen Forschungsprojektes zu informieren.

Nach einer kurzen Vorstellung der methodischen Projektergebnisse wurden von den beteiligten Industriepartnern zahlreiche Umsetzungsbeispiele zum Thema wandlungsfähige Fabrik vorgestellt. Zum Abschluss der Veranstaltung gab Professor Hans-Peter Wiendahl einen Ausblick auf die Zukunft wandlungsfähiger Fabriken.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes WdmF sind in Kürze auch in einem Fachbuch nachzulesen (Hanser-Verlag) welches von Professor Wiendahl zum Ende des Jahres herausgegeben wird. Darüber hinaus werden die Arbeiten zum Thema wandlungsfähige Fabrik in einem Industriearbeitskreis weiter vorangetrieben, der allen interessierten Unternehmen offen steht.

### Weitere Informationen:

Jan Hinrich Klußmann, IPH,  
Telefon (05 11) 2 79 76-442 oder  
klussmann@iph-hannover.de

## Gründer- und Unternehmeroffensive in der Produktionstechnik Preise im Wert von 100.000 Euro für innovative Konzepte

Die Wirtschaftsfördergesellschaft hannoverimpuls und das PZH suchen innovative Unternehmer und Gründer aus dem Bereich der Produktionstechnik und bietet ihnen eine einmalige Chance. Im Rahmen der Unternehmer- und Gründeroffensive „Zukunftsfabrik Produkti-



onstechnik“ gibt es für Erfolg versprechende Geschäftskonzepte finanzielle Unterstützung und darüber hinaus die Möglichkeit, in dem innovativen Umfeld des PZH das eigene Unternehmen auf- und auszubauen.

Ob Neugründung, Ausgründung oder Niederlassungen, am Standort Garbsen profitieren alle von der engen Verzahnung zwischen Wirtschaft und Wissenschaft.

**Bewerbungsschluss ist der  
01. November 2004.**

Preise im Wert von 100.000 Euro, Nutzung der Infrastruktur des PZH, mietfreie Büros, Einbindung in ein Unternehmensnetzwerk und Beratungsleistungen winken den Teilnehmern.

**Anmeldung und Informationen unter:  
www.hannoverimpuls.de**

## Prominenz aus Wirtschaft und Politik beim Hannover Kolloquium 2004

Wie schon in der letzten Ausgabe der Zeitschrift PHI angekündigt, findet am 4. und 5. November 2004 das erste *Hannover Kolloquium* im Maritim Airport Hotel in Hannover statt.

Hochkarätige Redner aus Wirtschaft und Wissenschaft sowie Politik sind der Einladung nach Hannover gefolgt und gestalten das Programm mit ihren Beiträgen. So werden neben der Bundesministerin für Bildung und Forschung, Edelgard Bulmahn, Audi-Chef Martin Winterkorn und Michael Illbruck – Gewinner des Volvo Ocean Race - das Thema „Produktionsstandorte sichern durch innovative Prozessketten“ mit interessanten Einblicken bereichern.

Ein weiteres Highlight ist die offene Podiumsdiskussion zum Abschluss der Veranstaltung in der die Frage „Global agieren, in Deutschland produzieren?“ mit prominenten Vertretern aus Industrie und Presselandschaft diskutiert werden wird.

Die Plenarveranstaltung wird um den *Marktplatz der Innovationen* ergänzt, auf dem sich die sechs produktionstechnischen Institute des PZH mit ihrem Wirkungsspektrum präsentieren und interessierten Teilnehmern gern Fragen zu ihren Forschungstätigkeiten beantworten.

**Weitere Informationen bei:**

Johanna Jann, PZH GmbH  
Telefon (05 11) 7 62-19434 oder unter  
[www.pzh-hannover.de/hk2004](http://www.pzh-hannover.de/hk2004)

## Arbeitsgemeinschaft des IPH zum Thema „effizient produzieren“

Die Verkürzung und Vermeidung von Rüstzeiten ist ein wichtiges Thema auf dem Weg zu einer effizienten, fließenden Produktion. Minimale Rüstzeiten helfen, Bestände zu senken, kleine Lose zu fertigen, Flexibilität zu erreichen und Kosten zu reduzieren. Diese Ziele können aber nur dann erreicht werden, wenn das Thema ganzheitlich und unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit gestaltet wird.

Gemeinsam mit der AWF - Arbeitsgemeinschaft für den praxisorientierten Erfahrungsaustausch organisiert das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH eine Arbeitsgemeinschaft, die sich mit genau diesen Themen befasst.

In der Arbeitsgemeinschaft „Effizient produzieren: Rüstzeiten reduzieren oder vermeiden – Schritte zur fließenden Produktion“ sollen weniger theoretische Grundlagen vermittelt, sondern vor allem anhand diverser betrieblicher Beispiele der Teilnehmer die systematische Vorgehensweise zur Vermeidung, Reduzierung und Standardisierung von Rüstprozessen erarbeitet und deren Umsetzung begleitet werden. Gemeinsam mit den Teilnehmern wollen wir Erfahrungen diskutieren und Ideen generieren, um so den Weg zur erfolgreichen Umsetzung einer fließenden Produktion einzuschlagen.

Die Arbeitsgemeinschaft richtet sich an Führungs- und Fachkräfte aus den Bereichen Logistik, Produktionsmanagement und Prozessmanagement, sowie an Linienverantwortliche der Fertigung, Montage, Fertigungsplanung, AV und Fertigungssteuerung. Die Teilnahme ist auf maximal 20 Unternehmen begrenzt.

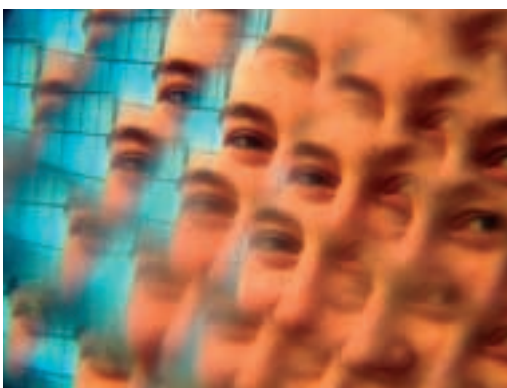
Als Auftaktveranstaltung findet am **27. Oktober 2004 im Novotel Airport in Kelsterbach bei Frankfurt (a./M.)** eine konstituierende Sitzung statt, die für alle Teilnehmer kostenlos und unverbindlich ist. Diese Sitzung dient der Orientierung und gibt weitere Informationen über die Arbeitsgemeinschaft.

**Weitere Informationen bei:**

Arno Kruse, IPH, Telefon: (05 11) 2 79 76-444, oder unter [kruse@iph-hannover.de](mailto:kruse@iph-hannover.de)

# Vorschau

Die nächste Ausgabe der *phi* erscheint im Januar 2005



## Visionen der Produktionstechnik

Endlos schäumen in einem Strang

Produktion – QUO VADIS?

Werkzeugherstellung mit dem  
Werkzeug „Laser“

Produktion auf Knopfdruck – vom  
Designmodell zum Endprodukt

Dem Ingenieur ist nichts zu schwere

Digitale Welten

Zukunft möglich machen

## Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und  
Logistik der Universität Hannover

**IFA**

Institut für Fertigungstechnik  
und Werkzeugmaschinen  
der Universität Hannover

**IFW**

Institut für Mikrotechnologie  
der Universität Hannover

**imt**

Institut für Transport- und  
Automatisierungstechnik  
der Universität Hannover

**ITA**

Institut für Umformtechnik  
und Umformmaschinen  
der Universität Hannover

**IFUM**

Institut für Werkstoffkunde  
der Universität Hannover

**IW**

IPH – Institut für Integrierte Produktion  
Hannover gemeinnützige GmbH

**IPH**

Laser Zentrum Hannover e.V.

**LZH**