14. Jahrgang | Ausgabe 2 | Okt. 2013

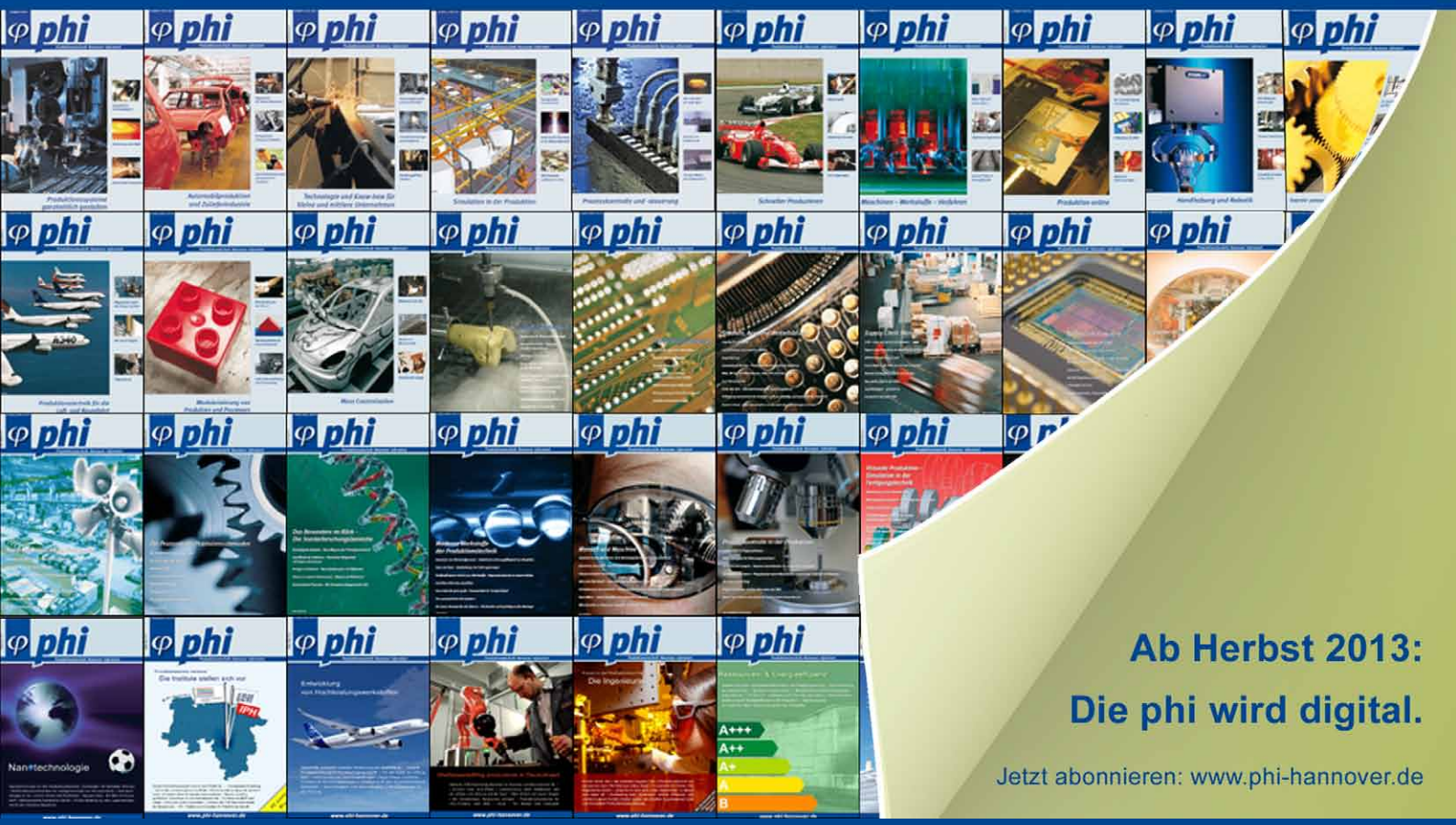
ISSN 1616-2757

phi

Produktionstechnik Hannover informiert

Forschung für kleine und mittlere Unternehmen

Gemeinsam mit KMU dem Werkstoffversagen auf der Spur | Die Qualität im Blick: Der Bainitsensor ermöglicht Einblicke in die Werkstoffumwandlung | Wissen, was gefragt ist: Wissensmanagement im Produktlebenszyklus | Gegen den Fachkräftemangel: Maßgeschneiderte Weiterbildung für regionale KMU | *RF In Der* Leiterplatte | Hand in Hand durch's Hochlohnland – Kooperationen von Hochschulen und Industrie | Vier Partner, zwei Verfahren, ein Ziel



www.phi-hannover.de

Inhalt

3 Vorwort

4 Gemeinsam mit dem KMU dem Werkstoffversagen auf der Spur

6 Die Qualität im Blick: Der Bainitsensor ermöglicht Einblicke in die Werkstoffumwandlung

8 Wissen, was gefragt ist: Wissensmanagement im Produktlebenszyklus

10 Gegen den Fachkräftemangel: Maßgeschneiderte Weiterbildung für regionale KMU

12 RF In Der Leiterplatte

14 Hand in Hand durchs Hochlohnland – Kooperation von Hochschule und Industrie

16 Vier Partner, zwei Verfahren, ein Ziel

18 Magazin

Impressum

phi ist die gemeinsame Zeitschrift der produktionstechnischen Institute in Hannover und erscheint halbjährlich mit einer verbreiteten Auflage von 2.600 Exemplaren.*
ISSN 1616-2757

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

*Ab 2014 erscheint die phi viermal jährlich als Newsletter. Den phi-Newsletter können Sie unter www.phi-hannover.de kostenlos abonnieren.

Redaktion
Meike Wiegand (v.i.S.d.P.)

Redaktionsanschrift
Hollerithallee 6
30419 Hannover
Telefon: (0511) 279 76-500
Fax: (0511) 279 76-888
E-Mail: redaktion@phi-hannover.de
Internet: www.phi-hannover.de

Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Peter Nyhuis
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-2440
Fax: (0511) 762-3814
E-Mail: ifa@ifa.uni-hannover.de
Internet: www.ifa.uni-hannover.de

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-2533
Fax: (0511) 762-5115
E-Mail: ifw@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.ifw.uni-hannover.de

Institut für Mikroproduktionstechnik der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Lutz Rissing
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-5104
Fax: (0511) 762-2867
E-Mail: impt@impt.uni-hannover.de
Internet: www.impt.uni-hannover.de

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-3524
Fax: (0511) 762-4007
E-Mail: ita@ita.uni-hannover.de
Internet: www.ita.uni-hannover.de

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-2264
Fax: (0511) 762-3007
E-Mail: info@ifum.uni-hannover.de
Internet: www.ifum.uni-hannover.de

Institut für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-4312
Fax: (0511) 762-5245
E-Mail: info@iw.uni-hannover.de
Internet: www.iw.uni-hannover.de

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH
Hollerithallee 6
30419 Hannover
Telefon: (0511) 279 76-0
Fax: (0511) 279 76-888
E-Mail: info@iph-hannover.de
Internet: www.iph-hannover.de

Laser Zentrum Hannover e. V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Telefon: (0511) 27 88-0
Fax: (0511) 27 88-100
E-Mail: info@lzh.de
Internet: www.lzh.de

In Zusammenarbeit mit dem
PZH Verlag GmbH
An der Universität 2
30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762 - 19434

Druck und Layout
Druck- und Werbehaus Garbsen
Baumarktstraße 11 a
30823 Garbsen
Telefon: (05137) 12 40 9-0
Fax: (05137) 12 40 9-99
E-Mail: info@dwh-garbsen.de
Internet: www.dwh-garbsen.de

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

etwa ein Drittel aller Deutschen ist heute mit einem Smartphone mobil im Internet, Tendenz steigend. Und 2013 werden voraussichtlich erstmals mehr Tablets verkauft als Notebooks.

Natürlich wollen auch wir nicht nur Ihrem Informationsbedarf, sondern auch Ihren Informationsgewohnheiten gerecht werden. Ab 2014 wird die **phi** Sie deshalb viermal jährlich digital erreichen: als übersichtlicher Newsletter mit angegliedertem Webportal, das sie mit ihrem Desktop-PC, mit dem Smartphone oder dem Tablet bequem besuchen können. Sie finden dort die bewährten Fach- und Übersichtsartikel aus unseren Instituten. Animierte Grafiken und Videosequenzen machen sie noch anschaulicher. Die digitale **phi** bietet Ihnen klar strukturierte Inhalte: durchsuchbar, schnell erfass- und weiterverwendbar – ob als pdf, als Link, als Textauszug oder Empfehlung.

„[Mit der phi] füllen [die Institute] eine Marktlücke in einer Zeit, in der es mehr denn je auf die rasche Umsetzung aktuellen Know-hows aus Technologie und Management ankommt.“

So stand es im Vorwort der allerersten **phi**-Ausgabe. Der Satz stammt aus der Feder des damaligen Niedersächsischen Ministers für Wirtschaft, Technologie und Verkehr, Dr. Peter Fischer.

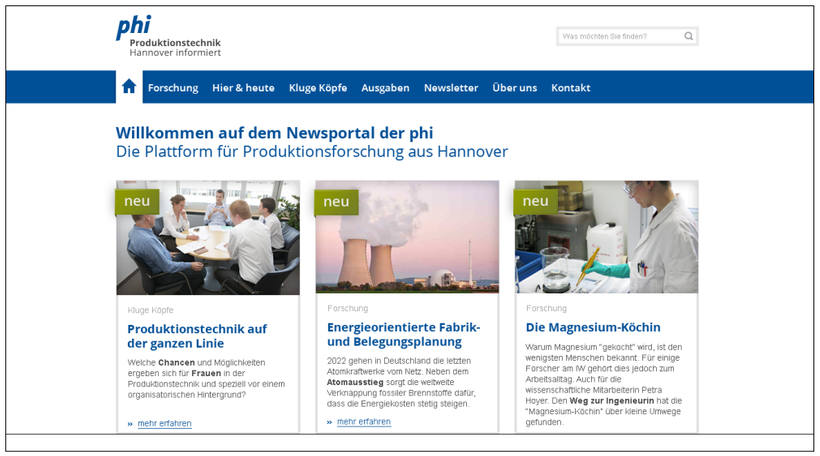
37 phi-Ausgaben später ist das Zitat so aktuell wie eh und je. In den vergangenen 13 Jahren hat sich aber nicht nur unser Informations- und Kommunikationsverhalten verändert – auch unser Berufsalltag und unser alltägliches Leben sind kaum wiederzuerkennen. Der Grund dafür ist das Internet. Im Jahr 2000, dem Geburtsjahr der **phi**, war es gerade mal dabei, sich flächendeckend auszubreiten.

Nun wagen auch wir den Sprung in die digitale, mobile Welt. Unseren ersten Newsletter verschicken wir parallel zu dieser 38. Ausgabe der **phi**, der letzten gedruckten Version. Ab 2014 erhalten Sie die **phi** quartalsweise per E-Mail. Egal ob Sie Desktop-PC, Smartphone oder Tablet bevorzugen: Zukünftig können Sie die **phi** bequem auf dem Display oder Bildschirm lesen – im Büro, zu Hause oder auch unterwegs. Denn gerade heute leben wir *„in einer Zeit, in der es mehr denn je auf die rasche Umsetzung aktuellen Know-hows aus Technologie und Management ankommt“* (auch dieses Zitat aus der ersten **phi**-Ausgabe ist aktueller denn je).

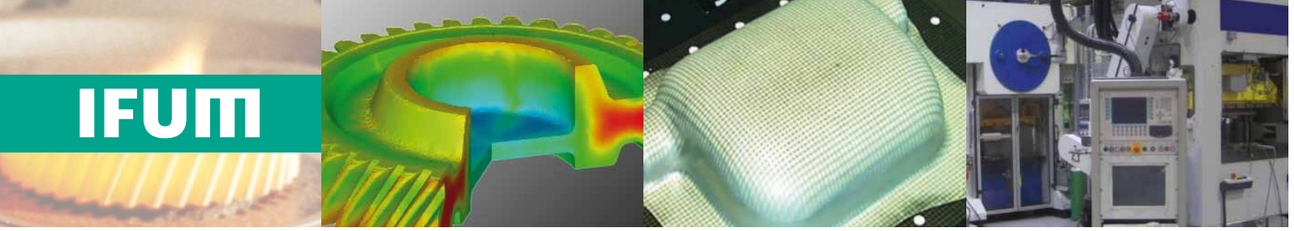
Um eine reibungslose Fortsetzung Ihres kostenlosen phi-Abonnements zu gewährleisten, bitten wir um Ihre Unterstützung. Wenn Sie die **phi** auch in Zukunft beziehen möchten, tragen Sie sich bitte auf der **phi**-Website in unseren Verteiler ein.

Viel Spaß mit der neuen phi wünscht

Ihre Redaktion



Ab Oktober 2013 wird die phi digital. Unter www.phi-hannover.de können Sie sich in unseren Verteiler eintragen.



Gemeinsam mit KMU dem Werkstoffversagen auf der Spur

In der Blechverarbeitung bieten kleine und mittlere Unternehmen seit Langem Lösungen zur Charakterisierung von Rohmaterialien und zur numerischen Simulation von Fertigungsprozessen an. Das IFUM hat nun ein Verfahren entwickelt, das etablierte Charakterisierungsmethoden und gängige Simulationsansätze ergänzen kann.

Getrieben von hohen Energiepreisen und den zunehmend strengeren gesetzlichen Vorgaben zur Reduktion von CO_2-Emissionen bei der Herstellung und dem Einsatz neuer Produkte, setzen inzwischen viele Industriezweige auf leichte Konstruktionswerkstoffe, wie hochfeste Stähle, Aluminium, Magnesium und faserverstärkte Kunststoffe. Auch im Automobilbau, auf den mit Abstand der größte Anteil am weltweiten Verbrauch von Konstruktionswerkstoffen entfällt, rücken diese Materialien allmählich in den Fokus der Entwickler. Laut einer aktuellen Studie liegt deren Anteil am Materialmix der globalen Autoindustrie derzeit bei 29 %. Bis zum Jahr 2030 soll er den Prognosen zufolge auf ca. 67 % ansteigen [1], wobei metallische Werkstoffe ihre führende Rolle auch in der Zukunft beibehalten werden.

Für die Automobilhersteller und deren Zulieferer stellt diese revolutionäre Änderung des Materialmixes in solch einem kurzen Zeitraum eine echte Herausforderung dar. Einerseits müssen die Hersteller die gesetzlich geforderte Sicherheit der Fahrzeuge gewährleisten; andererseits stellt sich die Frage, wie die Fahrzeugfertigung mit neuen Werkstoffen ressourcenschonend gestaltet werden kann.

Genaue Umformsimulation erfordert umfangreiche Werkstoffcharakterisierung

Abhilfe bei der Bewältigung dieser Herausforderung kann die numerische Simulation von Fertigungsprozessen schaffen. Diese setzt allerdings eine genaue und vollständige mathematische Beschreibung des Werkstoffverhaltens unter Prozessbedingungen voraus. So muss für metallische Werkstoffe, neben dem Widerstand gegen eine plastische Formänderung auch das Formänderungsvermögen bis zur Rissinitiierung präzise abgebildet werden. Diese beiden Eigenschaften hängen stark von der während der Umformung vorherrschenden Werkstoffbeanspruchung ab. Damit allgemeingültige Modelle aufgestellt werden können, bedarf es daher zunächst einer umfangreichen Werkstoffcharakterisierung. Sie muss eine Erfassung relevanter Werkstoffkennwerte bei möglichst vielen unterschiedlichen Werkstoffbeanspruchungen ermöglichen. Angesichts der breiten Palette von Leichtbauwerkstoffen, die im Automobilbau in absehbarer Zukunft erstmalig zum Einsatz kommen werden, soll die Werkstoffcharakterisierung zusätzlich auch möglichst kostengünstig und zeiteffizient durchzuführen sein.

Bild 1: Hohe Energiepreise und strenge Vorgaben zur Reduktion von CO2-Emissionen: Auch die Automobilindustrie setzt zunehmend auf Leichtbauwerkstoffe (Quelle: mirpic - Fotolia.com).

Umfangreich heißt nicht immer teuer

Die effiziente Charakterisierung von modernen Blechleichtbauwerkstoffen auf Basis von Stahl war Gegenstand des durch die Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA) geförderten Projektes P 1007, das am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) vom November 2012 bis Mai 2013 erfolgreich durchgeführt wurde. Mit Unterstützung von Industrieunternehmen haben die Wissenschaftler einen neuen Ansatz entwickelt, mit dem sich das Formänderungsvermögen von hochfesten Blechmaterialien in einem breiten Spektrum von Materialbeanspruchungen kostengünstig charakterisieren lässt.

Der neuartige Ansatz basiert auf einer Scherzugprobe in Anlehnung an [2] (Bild 2). Getestet wird die Probe mit Hilfe einer einachsigen Zugprüfmaschine. Die Kraft wird dabei über einen eigens entwickelten variablen Probenaufnehmer nach [3] in den Prüfbereich eingeleitet (Bild 3). Durch eine gezielte Ausrichtung der Probe in Kraftrichtung der Maschine können Zug-, Scherzug-, Scher- und Scherdruckbeanspruchungen des Materials im Prüfbereich realisiert werden.

Unabhängig von der Beanspruchungsart findet die Lokalisierung der plastischen Formänderung im Materialinneren statt (Bild 4) – und nicht, wie bei vielen gängigen Proben, an der freien Probenkante. Erreicht wird dies dank der besonderen Geometrie des Prüfbereichs, der eine reduzierte Materialdicke aufweist und an den Rest der Probe entlang einer geschlossenen achtförmigen Kurve grenzt. Die Lokalisierung der plastischen Formänderung im Materialinneren führt dazu, dass die Probe während des Versuchs nicht von der Kante aus versagt, sondern es entsteht ein Riss mitten im Prüfbereich. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass man das Formänderungsvermögen bei der vorab eingestellten Beanspruchung ermittelt und nicht das Formänderungsvermögen der Kante bei der Beanspruchung, die sich gar nicht einstellen lässt.

Mit Hilfe dieses Ansatzes lässt sich die vom Werkstoff bis zum Riss maximal ertragbare plastische Formänderung bei unterschiedlichen Werkstoffbeanspruchungen kostengünstig ermitteln. Diese wiederum kann in die Entwicklung eines für die numerische Simulation von Fertigungsprozessen erforderlichen Werkstoffmodells einbezogen werden.

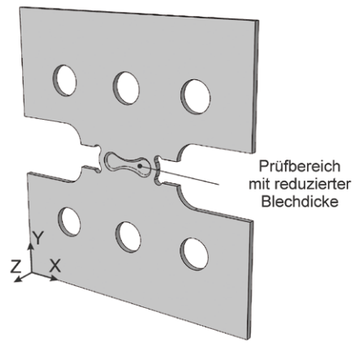


Bild 2: Scherzugprobe aus Blechmaterial zur Charakterisierung dessen Formänderungsvermögens (Quelle: IFUM).

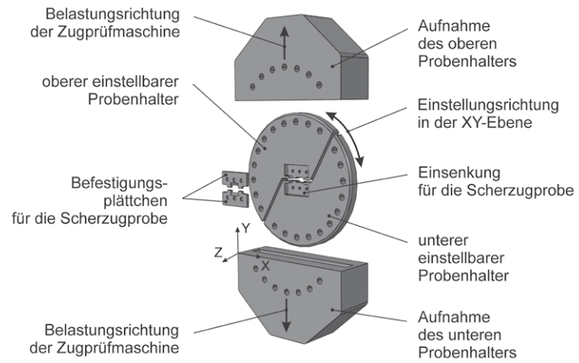


Bild 3: Variabler Probenaufnehmer zum Testen von Scherzugproben in einachsigen Zugprüfmaschinen (Quelle: IFUM).

Erkenntnistransfer in die Praxis von KMU

Kleine und mittlere Unternehmen unterstützten das Projekt mit ihrer Expertise in der Charakterisierung von Blechmaterialien und in der simulationsgestützten Auslegung von Blechverarbeitungsprozessen. Dank der engen Zusammenarbeit zwischen dem IFUM und der Industrie waren die Forschungsergebnisse sofort nach dem Projektabschluss in der Praxis anwendbar.

Im Bereich optischer Messsysteme für Verformungsanalysen konnten beispielsweise wertvolle Erkenntnisse zur Abhängigkeit der optisch bestimmten Formänderung von Einstellungsparametern gewonnen werden. Im Bereich numerischer Simulation von Blechverarbeitungsprozessen wurden zudem Möglichkeiten zu einer Verbesserung der Werkstoffmodellierung in softwaretechnischen Lösungen aufgezeigt. Die am Projekt beteiligten KMU werden diese Erkenntnisse aller Voraussicht nach demnächst in die Praxis umsetzen und bei neuen Versionen ihrer Software-Lösungen berücksichtigen.

Das neu entwickelte Verfahren zur Materialcharakterisierung eröffnet darüber hinaus eine Möglichkeit zur Einführung neuer Produkte: In Form von Zusatzmodulen können existierende Zugprüfmaschinen nachgerüstet werden. Vor allem Werkzeughersteller kleiner und mittelerer Unternehmen können dadurch mit geringem Investitionsaufwand ihre Produktpaletten erweitern.

Über innovative Produkte von KMU werden die Projektergebnisse auch in der Wertschöpfung großer Automobilhersteller und -zulieferer Anwendung finden. Auf diese Weise unterstützen „die Kleinen“ ihre Großkunden auf dem anspruchsvollen Weg zu leichteren Fahrzeugen.

www.stahl-online.de/Deutsch/Stahlforschung

[1] R. Heuss, N. Müller, W. van Sintern, A. Starke, A. Tschiesner: Light weight, heavy impact, Advanced Industries Report, McKinsey and Company, 2012.

[2] Y. Bai: Effect of loading history on necking and fracture, Doktorarbeit, Massachusetts Institute of Technology, 2008.

[3] M. Arcan, Z. Hashin, A. Voloshin: A Method to Produce uniform Plane-stress States with Applications to Fiber-Reinforced Materials, Experimental Mechanics 18, S. 141-146, 1978.

M. Sc. Ilya Peshekhodov
Telefon: (0511) 762-3825
E-Mail: peshekhodov@ifum.uni-hannover.de

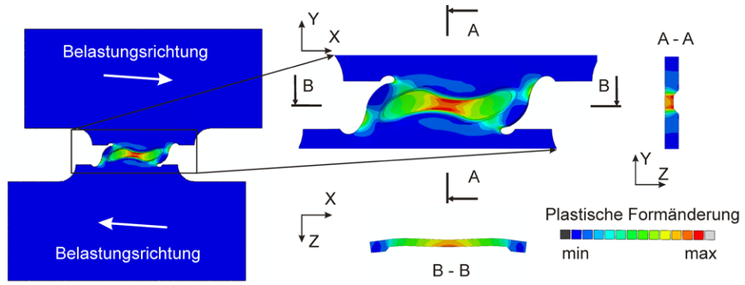


Bild 4: Numerisch ermittelte plastische Formänderung der Scherzugprobe bei einer Scherdruckbelastung (Quelle: IFUM).

Die Qualität im Blick: Der Bainitsensor ermöglicht Einblicke in die Werkstoffumwandlung

Moderne Hochleistungsbauteile werden nach dem Schmieden einer Wärmebehandlung unterzogen, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen. Das IW erforscht gemeinsam mit Schmiedeunternehmen, wie zerstörungsfrei arbeitende Sensoren bei der Einstellung gewünschter Eigenschaften direkt aus der Schmiedewärme und der Qualitätssicherung helfen können.

Viele Erkenntnisse, die über Jahrhunderte im Schmiedehandwerk gemacht wurden, haben auch noch heute Bestand. Im Mittelalter war bereits bekannt, dass durch eine Wärmebehandlung die Materialeigenschaften gezielt verbessert werden können. So wurde beispielsweise ein noch glühendes Schwert zunächst in Wasser abgeschreckt, wodurch sich ein besonders hartes martensitisches Gefüge bildete. Das Schwert sollte jedoch nicht nur eine hohe Härte aufweisen; vielmehr war ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Festigkeit, Härte und Zähigkeit das Ziel. Um die Gitterstruktur des Bauteils entsprechend zu verändern, wurde der Stahl im Anschluss wieder erwärmt und durch Glühen angelassen. Dadurch blieb die Klinge zum einen hart und stabil; zum anderen wurde vermieden, dass sie spröde brach. Die Wärmebehandlungen erfolgten auf Grundlage von Erfahrungen und Überlieferungen und waren ein gut gehütetes Geheimnis der jeweiligen Schmiede.

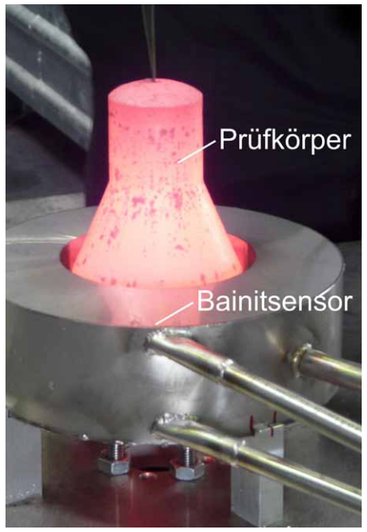


Bild 1: Messung der Gefügeumwandlung mittels Bainitsensor (Quelle: IW)

Dank werkstoffspezifischer Zeit-Temperatur-Umwandlungsdiagramme (ZTU) und Modellbildungen können die Abkühlverläufe der Wärmebehandlung, die zum Erreichen der gewünschten Gefüge und mechanischen Bauteileigenschaften erforderlich sind, heutzutage recht genau abgeschätzt werden. Trotzdem sind noch große Sicherheitsaufschläge für Zeit und Temperatur erforderlich, da unter anderem die Zusammensetzung und die Vorgeschichte des Werkstoffs erheblichen Einfluss auf den Umwandlungsverlauf haben.

Bainit – ein Gefüge mit Hochleistungspotenzial

Für Hochleistungsbauteile, die hohe Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften des Materials stellen, setzen Fachleute zunehmend auf ein fein strukturiertes bainitisches Gefüge. Im Vergleich zum martensitisch gehärteten und angelassenen Gefüge zeichnet sich dieses unter anderem durch einen deutlich geringeren Verzug beim Abkühlen aus und hat – trotz ähnlicher Festigkeit – eine deutlich höhere Zähigkeit. Zur Erzeugung bainitischen Gefüges muss ein schnelles, umwandlungsfreies Abkühlen in einen eng tolerierten Temperaturbereich erfolgen, gefolgt von einem Halten auf konstanter Temperatur bis die Umwandlung möglichst vollständig abgeschlossen ist. Aufgrund der schwierigen Prozessführung und den komplexen Umwandlungsvorgängen, die bis heute nicht vollständig erforscht sind, wurde dem bainitischen Gefüge bei der Wärmebehandlung bisher relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Zukunftssicherung Schmieden: Zusammenarbeit mit KMU

Genau dies möchten die Wissenschaftler des IW ändern. Im Rahmen der AiF-Initiative „Leittechnologien für Morgen“ - EcoForge werden zusammen mit der Karl Diederichs KG (Dirostahl), dem Hammerwerk Fridingen GmbH und weiteren kleinen und mittleren Unternehmen aus Deutschland Untersuchungen durchgeführt, wie mit Hilfe von Sensoren die Werkstoffumwandlung beim Abkühlen der Bauteile aus der Schmiedewärme – insbesondere bei der bainitischen Umwandlung – überwacht und gesteuert werden kann.

Um die Schmiedeprozesse energieeffizienter zu gestalten, soll die im Bauteil gespeicherte Schmiedewärme direkt zur Wärmebehandlung und zur Einstellung des gewünschten Gefüges genutzt werden. Damit die Gefüge wie gewünscht eingestellt werden können, werden hochtemperaturbeständige, an die Bauteilgeometrie angepasste Wirbelstromsensoren entwickelt (Bild 1). Sie ermöglichen es, die Gefügeausbildung und die auftretenden Umwandlungsvorgänge bereits während der Abkühl- und Haltephasen zu erfassen – und zwar berührungslos und zerstörungsfrei.

Bislang war dies so noch nicht möglich. Die qualitätssichernden Maßnahmen basieren derzeit auf zerstörenden Prüfmethoden, die nach dem Herstellungsprozess durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die geforderten Gefüge und mechanischen Eigenschaften erreicht werden. Zudem müssen – gerade beim Bainitisieren – hohe Sicherheitszuschläge bei den Haltezeiten und Umwandlungstemperaturen eingeplant werden. Nur so lassen sich chargenbedingte Änderungen der Werkstoffzusammensetzung im Prozessablauf ausgleichen.

Die Bedingungen beim Schmieden und der anschließenden Wärmebehandlung sind rau und stellen hohe Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe. Die Sensoren müssen nicht nur den heißen Temperaturen im Wärmebehandlungsofen standhalten, sondern auch im Salz- und Wasserbad eingesetzt werden können. Als Sensorwerkstoffe werden deshalb Materialien wie Keramik und Edelstahl verwendet. Ein entsprechend robuster Sensoraufbau gewährleistet, dass auch bei Schmiedebauteilen mit Temperaturen von 1100 °C direkt im Anschluss an den Schmiedeprozess das Umwandlungsverhalten betrachtet werden kann (Bild 2).

Bild 2: Bainitsensoren in unterschiedlicher Ausführung (Quelle: IW)

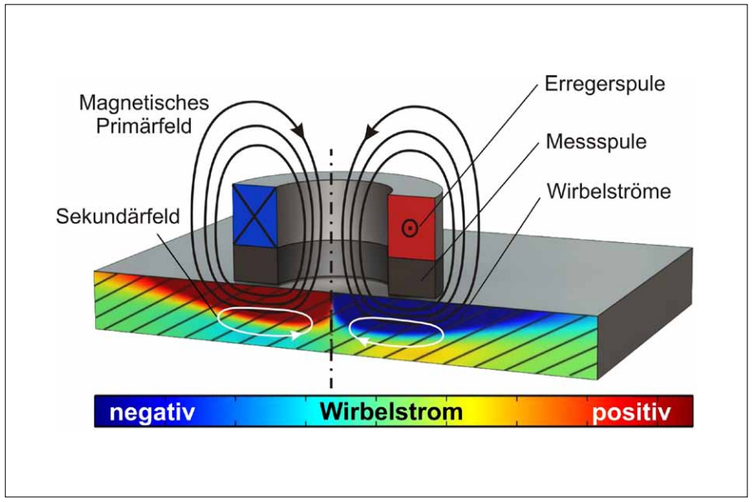


Bild 3: Messprinzip Wirbelstromtechnik (Quelle: IW)

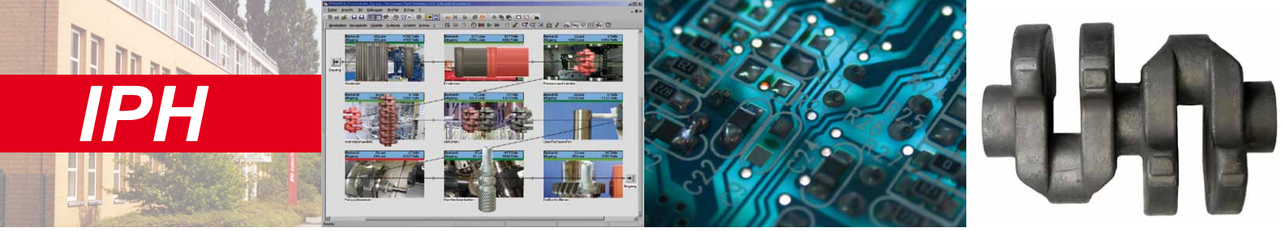
Wirbelströme ermöglichen Einblicke ins Bauteil

Das Messprinzip des Bainitsensors basiert auf der „Harmonischen Analyse“ von Wirbelstromsignalen. Hierzu wird ein elektromagnetisches Primärfeld erzeugt, das Wirbelströme im Bauteil induziert (Bild 3). Die Funktionsweise ist vergleichbar mit der eines Induktionskochfeldes, allerdings wird bei der Prüfung deutlich weniger Leistung eingesetzt – das Bauteil erwärmt sich nicht merklich. In Abhängigkeit der elektrischen und magnetischen Eigenschaften erfolgt bei ferromagnetischen Werkstoffen über das sich ausbildende Sekundärfeld eine verzerrte „Antwort“ des Bauteils auf das Erregersignal. Dieses Signal lässt sich mit Hilfe einer Messspule erfassen und liefert quantifizierbare Informationen über die magnetischen und elektrischen Eigenschaften des Bauteils. Unterschiedliche Gefügezustände erzeugen dabei unterschiedliche charakteristische Messsignale. Des Weiteren ist es möglich, Beginn und Ende der Umwandlung zu ermitteln, so dass die Prozessführung verbessert und die Haltezeiten minimiert werden können. Dadurch lassen sich der gesamte Schmiedeprozess effizienter gestalten und die Qualitätssicherung direkt in den Fertigungsprozess integrieren.

Da KMU in der Regel keine eigene Forschungsabteilung besitzen, ist die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten wie dem IW von großem Interesse. Hand in Hand können somit Probleme aus dem KMU-Alltag in die Forschung getragen und gemeinsame Lösungsstrategien entwickelt werden. Durch den Einsatz der hier vorgestellten Technologie können kleine Schmiedebetriebe künftig Zeit und Geld sparen, ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern und somit ihre Position auf dem Weltmarkt verbessern.

www.ecoforge.de

Dipl.-Ing. Oliver Bruchwald (IW)
Telefon: (0511) 762-9857
E-Mail: bruchwald@iw.uni-hannover.de



Wissen, was gefragt ist: Wissensmanagement im Produktlebenszyklus

Eine bessere Nutzung von vorhandenen Logistik- und Servicedaten kann die Entwicklung von Innovationen beschleunigen. Seit Anfang 2013 untersucht das IPH gemeinsam mit drei Unternehmen, wie Wissen aus dem Produktlebenszyklus besser genutzt werden kann. Data Mining-Algorithmen sollen dabei helfen.

Wohl nahezu jedes Unternehmen würde sich selbst als innovativ beschreiben. Denn die Innovationsfähigkeit ist ein – wenn nicht der bedeutendste – Faktor, um im hart umkämpften Wettbewerb zu bestehen. Doch wann ist ein Produkt ein innovatives Produkt, das sich am Markt behaupten kann? Neue Produkte entstehen oft durch die Kombination existierender technischer Lösungen. Um Innovationen entwickeln zu können, müssen Unternehmen daher zunächst wissen, was an den existierenden Produkten gut ist – und was nicht.

Ein (Produkt-)Leben lang lernen

Von der Idee über die Herstellung bis zur Entsorgung: In sämtlichen Phasen des Produktlebenszyklus entsteht Wissen. So lassen sich beispielsweise aus den Anforderungen und dem Feedback der Kunden während der Produktnutzung wichtige Informationen ableiten.

Sowohl global agierende Großkonzerne als auch kleine und mittlere Unternehmen sammeln im Laufe des Produktlebens eine Vielzahl an Daten an. Diese Daten werden jedoch nicht systematisch analysiert – denn bislang fehlen geeignete Methoden, um die Informationen und das Wissen zu verdichten und in geeigneter Form in die Produktentwicklung zu übertragen. Das Problem ist in der Industrie durchaus bekannt. Um das Manko des ungenutzten Wissens zu beheben, unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung den Kompetenzaufbau im Förderprogramm „KMU-innovativ: Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)“ das Forschungsprojekt „Akquisition und Nutzung von Lebenszyklus-Wissen für Produktinnovation (LeWiPro)“. Das Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH), hat das Projekt Anfang 2013 gemeinsam mit der Pumacy Technologies AG, der Gesellschaft für Technologie Transfer mbH (GTT) sowie der Paradigma Software GmbH gestartet (Bild 2).

Die beteiligten Unternehmen – allesamt KMU – planen, die Projektergebnisse in die eigenen Softwarelösungen zu integrieren, um dadurch ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Bis Mitte 2015 sollen erstmals Methoden entwickelt werden, die Unternehmen eine strukturierte Wissensgenerierung und eine einfache Wissensbereitstellung ermöglichen. Der Fokus des Projekts liegt auf den Bereichen Logistik und Service. Das erklärte Ziel klingt so einfach wie einleuchtend: Vorhandene Daten, die in Unternehmen durch Systeme zur Betriebsdatenerfassung, zur Zustandsüberwachung oder zum Servicemanagement erfasst werden, sollen endlich umfassend genutzt werden (Bild 3).

Heutige Wissensmanagementsysteme beschränken sich oftmals nur auf Teilbereiche eines Unternehmens. Die Informationen werden kaum nachverfolgt oder vernetzt. Und auch der Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Bereichen findet nur eingeschränkt statt. Potenziale und Zusammenhänge bleiben dadurch oft unentdeckt.

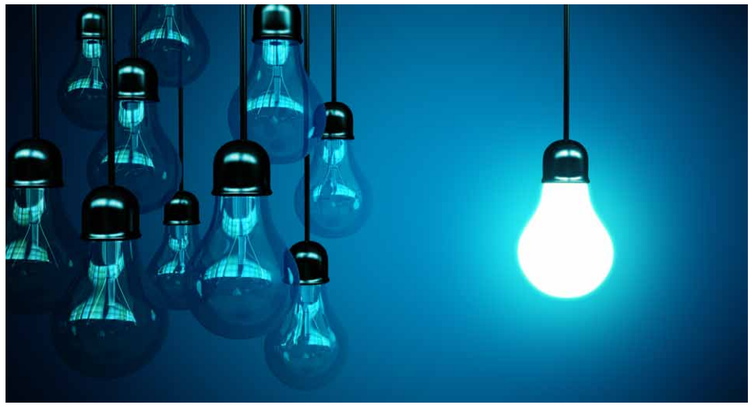


Bild 1: Der Weg zur Erleuchtung: Dank Data Mining-Algorithmen können KMU künftig von vorhandenen Logistik- und Servicedaten profitieren (Quelle: peshkova - Fotolia.com).

Wissensmanagement mit Methode

Bis Juni 2015 möchten die Ingenieure des IPH und ihre Projektpartner auf Basis von Wissen aus dem Produktlebenszyklus Methoden und Werkzeuge zur effektiven Entwicklung innovativer Produkte entwickeln. Schwerpunkte sollen dabei der Erwerb und die Bereitstellung von implizitem, bislang nicht genutztem Wissen sein.

Im Projekt sollen zunächst ein Modell zur Wissensrepräsentation erarbeitet und Methoden generiert werden, mit denen sich das benötigte Wissen aus dem Produktlebenszyklus automatisiert akquirieren lässt. Eine anschließende Umsetzung in ein Softwarewerkzeug soll eine anwendergerechte Wissensbereitstellung für gezielte Produktinnovation ermöglichen. Damit diese Software später tatsächlich in der Praxis genutzt werden kann, muss sie besonders anwenderfreundlich sein und mit möglichst geringem Aufwand zur Wissensakquisition und Systemintegration beitragen.

Bild 2: Projektpartner und Förderer (Quelle: IPH)

Die Projektpartner stehen dabei vor großen Herausforderungen: Welche Daten sind überhaupt relevant? Wie können sie aufbereitet werden? Und wie kann eine strukturierte Bewertung erfolgen?

Die Basis des Projekts bildet der Abgleich von verfügbarem Wissen und dem Wissensbedarf der Entwicklungsabteilung durch eine strukturierte Analyse bei Kunden der Projektpartner. In Interviews werden deren Wissensbedarf in der Entwicklung sowie das vorhandene Wissen erfasst und ausgewertet. Ein Beispiel: Ein Service-Mitarbeiter identifiziert lange Demontagezeiten für ein Schutzgitter.

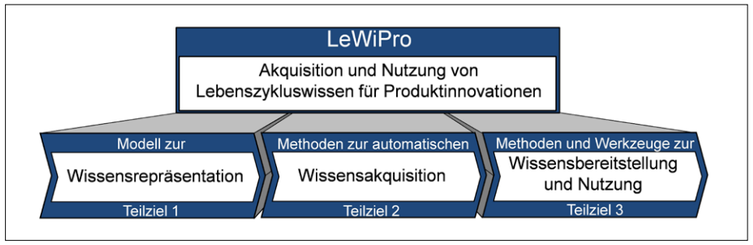


Bild 3: Angestrebte Ziele des Forschungsprojekts (Quelle: IPH)

Mit Hilfe dieses Wissens kann der Konstrukteur überprüfen, ob das Schutzgitter mit 16 oder nur acht Schrauben befestigt werden kann. Ist eine ausreichende Sicherheit mit weniger Schrauben gewährleistet, so kann für eine Neuentwicklung zusätzlich die Demontagezeit reduziert werden. Die Ergebnisse werden dann in ein Lastenheft für die zu entwickelnden Methoden übernommen. Im zweiten Arbeitsschritt wird ein Wissensmodell erstellt, das mögliche Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Konzepten aus den vorhandenen Daten aufzeigt (Bild 4).

Mit Data Mining Herr der (Daten-)Lage werden

Anhand dieser Konzepte erstellen die Projektpartner ein Softwaretool zur automatisierten Wissensakquisition und Wissenbereitstellung, bei dem Verfahren des Data Minings zum Einsatz kommen. Die Data Mining-Algorithmen wenden statistische Methoden systematisch an und erkennen so Muster innerhalb der Daten. Das Verfahren eignet sich vor allem zur Verarbeitung sehr großer Datenbestände, bei denen eine manuelle Verarbeitung aufgrund des hohen Zeitaufwandes nicht wirtschaftlich wäre. Um die Praxistauglichkeit sicherzustellen, soll die entwickelte Software gegen Ende des Projekts in den beteiligten Unternehmen zum Einsatz kommen.

Dass Unternehmen Potenziale vor (und trotz) lauter Daten nicht sehen, soll zukünftig Geschichte sein. Die Projektergebnisse sollen schon bald dazu beitragen, dass vorhandenes Wissen aus dem Produktlebenszyklus gezielt genutzt wird, um Produktinnovationen zu generieren. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen sollen davon profitieren und künftig besser wissen, was gefragt ist...

http://lewipro.de

M.Eng. Sebastian Schirrmacher
Telefon: (0511) 27976-228
E-Mail: schirrmacher@iph-hannover.de

M.Sc. Michael Zenker
Telefon: (0511) 27976-444
E-Mail: zenker@iph-hannover.de

Das beschriebene Forschungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programmes „KMU-Innovativ“ gefördert und durch den Projektträger DLR betreut. Die Projektleitung erfolgt durch die Pumacy Technologies AG.

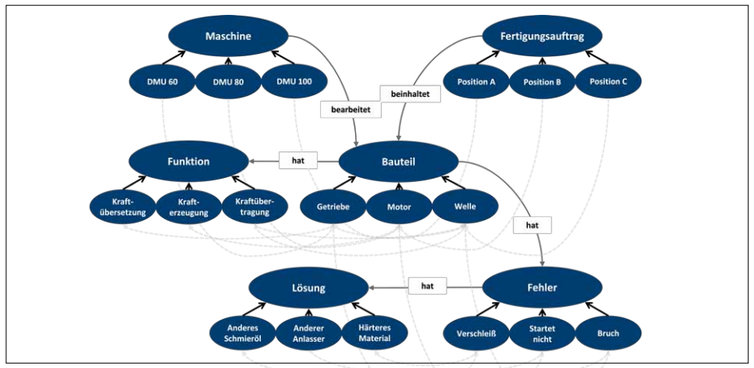
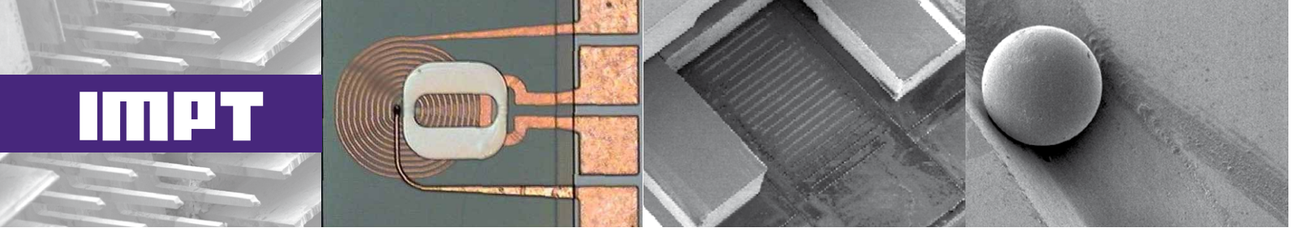


Bild 4: Beispielhafte Ausprägung eines Wissensmodells (Quelle: IPH)



Gegen den Fachkräftemangel: Maßgeschneiderte Weiterbildung für regionale KMU

Der Fachkräftemangel betrifft vor allem kleine und mittlere Unternehmen. Für die Weiterbildung von Bewerbern fehlen den meisten KMU jedoch die Kapazitäten. Mit speziellen Angeboten wollen das IMPT und die Zentrale Einrichtung Lehre, Studium und Weiterbildung (ZEL) Abt. 3: Weiterbildung (ZEW) die Unternehmen bei der Qualifizierung von Mitarbeitern unterstützen.

Die Ursachen für das Problem des Fachkräftemangels sind ebenso vielfältig und komplex wie die existierenden Lösungsansätze. Nicht immer fehlt es den betroffenen Firmen an Bewerbern für eine Stelle. Meist können lediglich die Wünsche des Unternehmens nicht zu 100 % erfüllt werden. Je mehr eine Bewerberin oder ein Bewerber von dem Ideal abweicht, desto schwieriger wird es, sie oder ihn ohne Einarbeitung oder Weiterbildungsmaßnahmen einzusetzen. Gerade in KMU sind die personellen Kapazitäten jedoch begrenzt. Und im Gegensatz zu großen Unternehmen haben sie in der Regel keine Spezialabteilung, die sich mit Weiterbildung beschäftigt.

Lebenslanges Lernen als Chance

Die individuellen Einstellungen zur Weiterbildung sind vielfältig und reichen von Ablehnung bis zur Lebensphilosophie. Letztere ist der Ansatz, den auch die so genannte „Offene Hochschule“ unterstützen möchte. Die Öffnung der Hochschulen geht dabei auf die europäischen Initiativen von Lissabon und später Bologna zurück, die die Durchlässigkeit zwischen den Bildungsakteuren fordert. Dabei gilt: „Lebenslanges Lernen“ soll als Chance verstanden werden.

Auch für Unternehmen kann Weiterbildung die Lösung für viele Herausforderungen sein: als Vorbereitung auf eine neue Aufgabe im Betrieb, für das bessere Verständnis der laufenden Prozesse und um neue Ideen zu entwickeln. Oft hilft ein veränderter Blickwinkel, um einen entscheidenden Schritt voran zu kommen und den Unternehmenserfolg nicht nur in der unmittelbaren Gegenwart, sondern auch für die Zukunft zu sichern.

Große Unternehmen setzen fast ohne Ausnahme auf gezielte Weiterentwicklung ihrer Mitarbeiter/-innen. In KMU ist dies seltener der Fall. Dabei gibt es zumindest für niedersächsische Unternehmen ein Angebot direkt vor der Haustür. Die Leibniz Universität Hannover (LUH) und das angeschlossene Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) haben durch jüngere Projekte einen besonderen Schwerpunkt im Bereich der Förderung von Unternehmen aus der Region Hannover gesetzt.

Bild 1: Lebenslanges Lernen: Personalentwicklung ist auch für KMU ein wichtiges Thema (Quelle: Trueffelpix - Fotolia.com).

Bild 2: Weiterbildung an der LUH: Akteure und Förderer (Quelle: IMPT)

Strategien aus der Uni in der industriellen Praxis

Das PZH verfolgt dabei zwei vordringliche Strategien: Zum einen werden konkrete und individuell auf die Interessengruppe zugeschnittene Weiterbildungsangebote ausgewiesen; zum anderen beteiligt sich das PZH an der „offenen Hochschule“, einem von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt.

Gemeinsam mit dem Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) und den anderen am PZH ansässigen Forschungsinstituten und Unternehmen organisiert und veranstaltet die Technik und Wissen GmbH (TEWISS) bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Weiterbildungsmaßnahmen für Betriebe und deren Fach- und Führungskräfte. Das Angebot reicht von Informationsveranstaltungen bis hin zu maßgeschneiderten Seminaren und Workshops zu konkreten Fragestellungen aus Produktionstechnik und Logistik. So konnte in den letzten Jahren beispielsweise die abendliche Veranstaltungsreihe „Werkstattgespräche“ etabliert werden. In diesem Rahmen können sich interessierte Gäste aus der Industrie zu ausgewählten Themen und konkreten Anwendungen über den aktuellen Stand der Technik und neue wissenschaftliche Erkenntnisse informieren.

In den teilweise mehrtägigen Seminaren und Workshops kommen das Wissen und die zur Verfügung stehende Infrastruktur aller beteiligten Akteure des PZH in vollem Umfang zum Einsatz. Zur Individualisierung der Angebote lässt sich an unterschiedlichen Stellschrauben drehen. So kann einerseits ein hoher Anteil an praktischen Aktivitäten und Versuchen integriert werden; andererseits können auch der direkte Austausch und die Diskussion mit Wissenschaftlern im Vordergrund stehen. Auf Wunsch werden zudem theoretische Grundlagen, relevante Methoden und Problemlösestrategien vermittelt.

„Offene Hochschule“

Um die Öffnung der Hochschulen voranzutreiben, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung einen Wettbewerb zum Thema „Aufstieg durch Bildung: Offene Hochschulen“ ausgeschrieben. Insgesamt 26 Projekte von Hochschulen und Hochschulverbünden werden derzeit deutschlandweit gefördert. Auch das IMPT konnte zusammen mit der ZEW das Teilprojekt „STUDIUM INITIALE“ platzieren. Die Leibniz Universität bildet dabei mit fünf weiteren niedersächsischen Hochschulen das Verbundprojekt Mobilitätswirtschaft. Gemäß dem Leitgedanken der „Offenen Hochschule“ sind die Ziele des Projekts, ein Modul-Kursangebot für berufsbegleitende Weiterbildung zu entwickeln (IMPT) und den Einstieg in die Hochschule durch Vorbereitungs- und Orientierungsangebote zu erleichtern (ZEW).

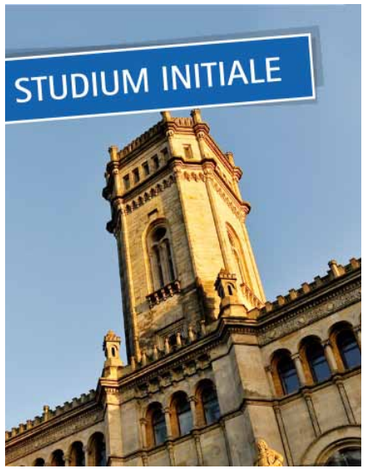


Bild 3: Das Projekt „STUDIUM INITIALE“ (Quelle: Leibniz Universität Hannover)

Das „STUDIUM INITIALE - Übergangsmanagement und Integration beruflich Qualifizierter in das Hochschulstudium“ hat sich unter anderem der Sicherung des Fachkräfteangebots und der schnelleren Integration wissenschaftlichen Wissens in die Praxis verschrieben. Der Wirtschaftsstandort Hannover soll durch die enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und der Erwachsenenbildung ein nachhaltiges Profil erhalten.

KMU entscheiden über Angebot

Welche Modul-Kurse in das Angebot des PZH aufgenommen werden, entscheidet sich letztendlich anhand der Wünsche von KMU der Region Hannover. Um die Bedürfnisse der beruflich Qualifizierten und der Industrie zu ermitteln, wurden zunächst Interviews mit Geschäftsführern und Personalchefs geführt. Die erste Befragungsrunde ist abgeschlossen und geht nun in die erste Erprobungsphase über. Die Kurse werden auf der Homepage der offenen Hochschule (www.zew.uni-hannover.de/offene_hochschule.html) angekündigt. Alle Angebote erfolgen in enger Zusammenarbeit zwischen dem IMPT, der ZEW und der TEWISS GmbH. Dadurch wird gewährleistet, dass das Kursspektrum auch tatsächlich dem Bedarf der KMU aus Hannover und Umgebung entspricht.

Interessierte können sich unter www.zew.uni-hannover.de/offene_hochschule.html über die Kurse der LUH informieren. Bei Fragen zum Thema Modulkurse hilft das IMPT gerne weiter.

Dr. Stephanie Holz (IMPT)
Telefon: (0511) 762-5484
E-Mail: holz@impt.uni-hannover.de

RF In Der Leiterplatte

Die RFID-Technologie kommt heute in vielen Bereichen der Industrie zum Einsatz. Gemeinsam mit dem KMU Hotoprint hat das ITA untersucht, wie sich RFID-Transponder in mehrlagige Leiterplatten integrieren lassen. Dank der Auto-ID-Technologie können Unternehmen wichtige Daten entlang der Lieferkette einfach abrufen und ergänzen.

Auto-ID-Objekte sind aus der Logistik nicht mehr wegzudenken. Auf den meisten Produktverpackungen finden sich heute Barcodes oder Matrixcodes. Während früher im Supermarkt jedes Produkt mit einem Preisschild ausgezeichnet wurde, sorgen heute Bar- und Matrixcodes auf Joghurtbechern & Co. dafür, dass der Mitarbeiter an der Kasse den Produktpreis und mögliche Rabatte sekundenschnell erfassen kann.

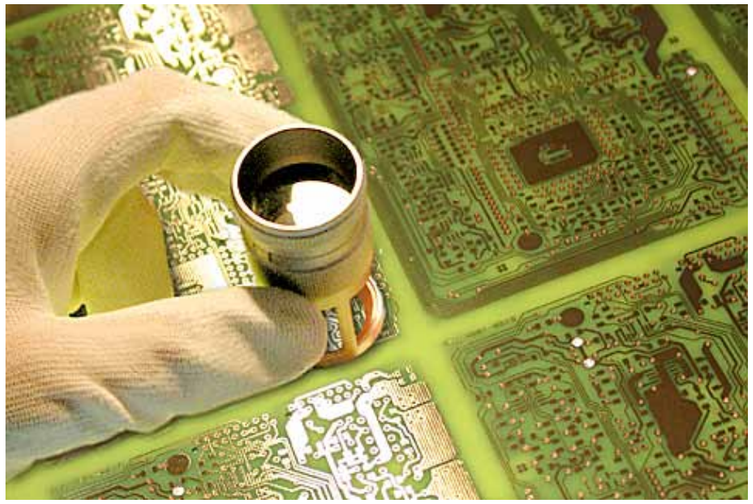


Bild 1: Leiterplatte: Der Grundstein der Elektronikbranche (Quelle: ITA / Hotoprint GmbH)

Eine weitere Auto-ID-Technologie neben Bar- und Matrixcodes ist „Radio Frequency Identification“ (RFID), ein System, das auf dem Datenaustausch mit Hilfe der Funktechnik basiert. Der Einzelhandel nutzt diese Technologie, um Produkte mit RFID-Etiketten vor Diebstahl zu schützen. Passiert ein Kunde mit einem unbezahlten Produkt, das mit einem solchen Etikett ausgezeichnet ist, ein so genanntes RFID-Gate am Ausgang des Ladens, wird der Diebstahlversuch detektiert und gemeldet.

Auch zum intensiveren Datenaustausch eignen sich RFID-Anwendungen. So kann zum Beispiel das Herstellungsdatum und der Herstellungsort eines Produkts erfasst und ausgelesen werden. Dazu ist ein Mikrochip mit integriertem Speicher innerhalb des Etiketts erforderlich. Der RFID-Transponder (engl. Wortzusammensetzung aus „Transmitter“ = Sender und „Responder“ = Antwortender) wird so zu einer elektronischen Marke, die aus einer kleinen Antenne mit angeschlossenem Mikrochip besteht. Passive Transponder benötigen für ihre Funktion keine integrierte Energiequelle (Batterie) – sie nehmen die benötigte Energie vom elektromagnetischen Feld der Leseantenne auf. Dadurch ist es möglich, mit Hilfe eines geeigneten Schreib-/Lesegerätes Daten aus dem Mikrochip auszulesen oder diesen zu beschreiben.

RFID-Systeme arbeiten in diversen Frequenzbereichen. Durch ihre hohen Leseraten und die große Reichweite werden insbesondere die Systeme im UHF-Band (860-960 MHz) eingesetzt. Mit Kosten von zirka 10 Cent pro Transponder ist die Herstellung von passiven UHF-Transpondern zudem relativ kostengünstig. Handelsübliche UHF-Transponder bestehen aus einer gedruckten Antennenstruktur und dem Mikrochip, der auf einer dünnen Klebefolie befestigt ist. Ein besonderes Augenmerk beim Design des Transponders liegt auf den Antenneneigenschaften. Sie müssen auf die Anwendung beim Endprodukt angepasst werden.

Grundstein der Elektronikbranche: Die Leiterplatte

Die Grundkomponente eines jeden elektronischen Gerätes ist die Leiterplatte (Bild 1). Sie ist ein nichtleitfähiges Trägermaterial für leitfähige Strukturen (Schaltung), die elektrische Signale zwischen Miniaturkomponenten leiten (z. B. zwischen Widerständen und Kondensatoren). Ein typisches Beispiel ist das Motherboard in einem handelsüblichen PC. Moderne mehrlagige Leiterplatten sorgen für eine Verkleinerung der Leiterplattenmaße bei gleichbleibender Funktionsdichte und somit für ein kleineres Endprodukts. Die Prozessschritte zur Produktion von mehrlagigen Leiterplatten sind in Bild 2 dargestellt.

Die Ausrüstung von Leiterplatten mit RFID-Transpondern bietet zahlreiche Vorteile. Mit Hilfe der auf dem Transponder gespeicherten Daten kann bei der Bestückung der Leiterplatte durch den Bestückungsautomat gesteuert werden, welche Bauteile (Widerstände, Kondensatoren, etc.) an welcher Stelle bestückt werden. Dies erleichtert die Rückverfolgbarkeit aller Einzelteile und Prozesse im Fall einer Reparatur oder eines Austausches. Zusätzlich ermöglicht die individuelle Seriennummer des Transponders einen Einsatz als Plagiatschutz. Kunden können die Daten des Transponders innerhalb der Lieferkette zudem für individuelle Zwecke nutzen.

Wie kommt der RFID-Transponder in die Leitplatte?

Problematisch ist bislang die Integration der hochempfindlichen Silizium-Chips innerhalb der Leiterplatte. Hierzu müssen die zuverlässige Chip-Anbringung und Kontaktierung beachtet und ein Schutz-Mechanismus für die Chips realisiert werden. Des Weiteren ist die Leiterplatte mit einer zweckmäßigen Transponderantenne zu versehen.

Das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) verfügt über langjährige Erfahrung mit der Auslegung von Transponderantennen sowie dem Aufbau und der Verbindung von Mikrochips. Auf diese Weise ist die Kooperation mit dem Leiterplattenhersteller Hotoprint entstanden. Im Rahmen des Forschungsprojekts „LayeRFID“ hat das ITA mit dem KMU aus dem niedersächsischen Lamspringe zusammengearbeitet. Mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) erforschten die Projektpartner von Anfang 2010 bis Ende 2011, wie sich RFID-Transponder in mehrlagige Leiterplatten integrieren lassen.

„Chip Strap“ reduziert Komplexität

Im Fall von mehrlagigen Leiterplatten wird die Antenne zusammen mit dem Rest der Schaltung auf einer Lage durch ein übliches Ätzverfahren strukturiert. Die Anbringung des Mikrochips (chip bonding) auf der Antenne, die mittels hochgenauer Maschinen erfolgt, ist normalerweise ein komplexer Prozess. Die bekannte „Chip Strap“-Technologie bietet in diesem Fall eine einfache und elegante Lösung: Der Mikrochip wird zuerst am Chipträger, einer flexiblen Folie, befestigt und weist danach vergrößerte Kontaktflächen auf, die genau auf die Anschlussflächen der Antennenstruktur passen. Der Chipträger kann somit manuell mit Hilfe eines Löt- oder Schweißverfahrens an die Antenne angebracht und kontaktiert werden.

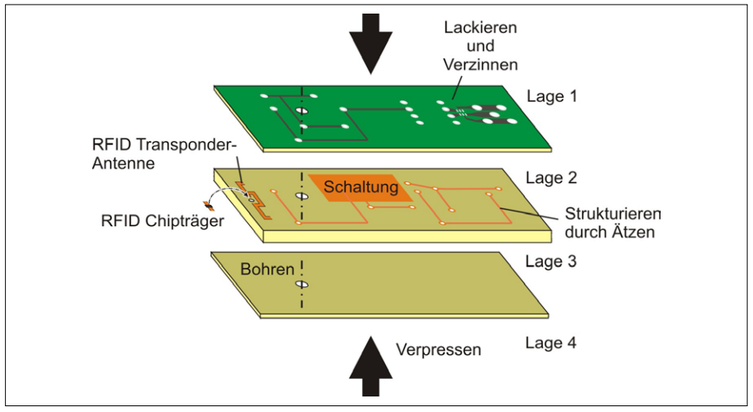


Bild 2: Fertigung von mehrlagigen Leiterplatten mit integriertem RFID-Transponder (Quelle: ITA / Hotoprint GmbH)

Um den Mikrochip gegen die Presskräfte während der Platinenherstellung zu schützen, ist ein Schutzmechanismus erforderlich. Dieser wird mit Hilfe einer kleinen Aussparung in der Innenlage der Leiterplatte realisiert, die den Mikrochip aufnimmt. Die Aussparung wird mit einer isolierenden Klebepaste verfüllt. Im Laufe des Projekts erprobten das ITA und Hotoprint unterschiedliche Klebepasten und überprüften ihren Einfluss auf die Funktion der Mikrochips. Insgesamt konnte so ein funktionsfähiger Transponder in einer mehrlagigen Leiterplatte realisiert werden (Bild 3).

Zusammenarbeit treibt Markt und Forschung voran

Im Rahmen der Forschungskooperation konnte das ITA seine anwendungsnahe Forschung stärken und Einblicke in die aktuellen Fragestellungen der Wirtschaft erhalten. Im Gegenzug konnte die Firma Hotoprint auf die umfangreichen Erfahrungen des ITA im Bereich der RFID-Technik sowie die hochwertige Geräte und spezielle Software zugreifen. Durch umfangreiche Simulationsmodelle und Messungen konnten die Systemeigenschaften bestimmt und optimiert sowie die Chipverbindung auf ihre Zuverlässigkeit hin überprüft werden. Durch die in Zusammenarbeit von Universität und KMU können so neue Märkte erschlossen und zuverlässige, innovative Produkte entwickelt werden – eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten!

www.ita.uni-hannover.de
www.hotoprint.de
www.rfid-leiterplatten.de

Dipl.-Ing. Antonios (Anthony) Bouzakis
Telefon: (0511) 762-2547
E-Mail: antonios.bouzakis@ita.uni-hannover.de

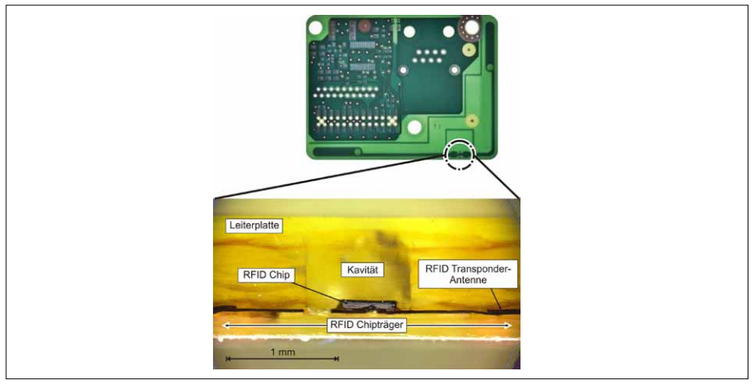
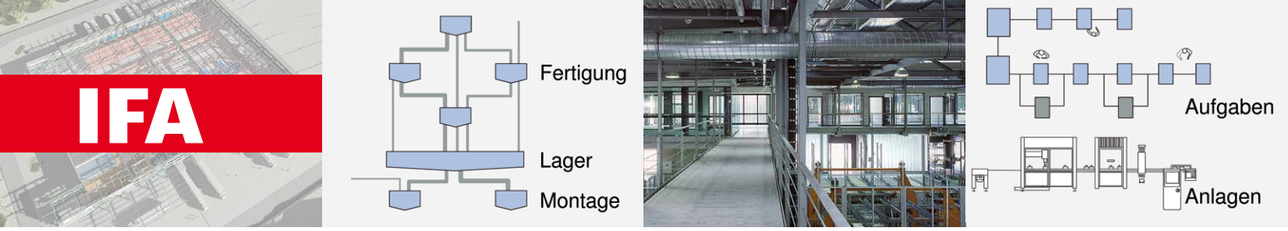


Bild 3: Leiterplatte mit integriertem RFID-Chip (Quelle: ITA / Hotoprint GmbH)



Hand in Hand durchs Hochlohnland – Kooperation von Hochschule und Industrie

Viele Unternehmen kooperieren heute mit Hochschulen, um neue Herausforderungen auf dem globalen Markt frühzeitig zu erkennen und gemeinsam Innovationen zu entwickeln. Unternehmen sparen durch die Kooperationen Zeit und Kapazitäten, Universitäten wiederum bekommen wichtige Impulse. Auch das IFA arbeitet Hand in Hand mit kleinen und großen Unternehmen.

Im Maschinenbau und der Produktionstechnik ist Deutschland sehr gut aufgestellt. Seitens der Industrie – und auch seitens der Universitäten. Es ist aber auch die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, die den Standort Deutschland stärkt. Die Struktur der deutschen Hochschullandschaft und deren Ausrichtung auf die Industrie sind beste Voraussetzungen, um kommende Herausforderungen der Märkte erfolgreich zu meistern. Das Bereitstellen systemtechnischer Lösungen für komplexe Herausforderungen gehört schon lange zu den Forschungsfragen an den Universitäten. Auch in Zukunft wird die anwendungsnahe Forschung weiter ausgebaut – über die klassischen Anwendungsfelder von Maschinen- und Anlagenbau sowie die Automobilindustrie.

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) hat in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl an Projekten mit verschiedensten Industrieunternehmen durchgeführt. Die Möglichkeiten der Kooperation sind dabei vielfältig: Sie reichen von der klassischen Auftragsforschung über Schulungsangebote bis hin zu gemeinsamen Forschungsprojekten.

Produktionsanläufe gemeinsam verbessern

Im Rahmen des Forschungsprojekts „RampAble - Gestaltung anlauffähiger Produktionssysteme“ wurde beispielsweise untersucht, wie kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ihre Fabriken gestalten können, damit der Anlauf neuer Produkte bzw. neuer Fabriken besser gelingt.

Die Beherrschung von Produktionsanläufen wird – vor dem Hintergrund immer kürzerer Produktlebenszyklen und steigender Variantenvielfalt – immer mehr zu einer wettbewerbsrelevanten Kernaufgabe von produzierenden Unternehmen. Vor allem KMU gehen dieses Thema aber aufgrund geringer Erfahrung und mangelnder Ressourcen oft nicht systematisch an.

In Kooperation mit sieben kleinen und größeren Industrieunternehmen hat das IFA deshalb eine Methodik entwickelt, mit der Unternehmen ihre Anlauffähigkeit bewerten und gezielt verbessern können. In einer Datenbank wurde dazu eine Vielzahl von Maßnahmen gesammelt, die für den Anlauf von Produktionen bzw. Fabriken förderlich sind. Die Datenbank beinhaltet sowohl innovative Ansätze aus der Wissenschaft als auch praktisch erprobte, kreative Lösungen aus der Industrie. Indem ein Reifegradmodell der Anlauffähigkeit entwickelt wurde, das mit der Datenbank der anlaufförderlichen Maßnahmen gekoppelt ist, können Unternehmen ihre Anlauffähigkeit analysieren und für Schwachstellen gezielt Maßnahmen zur Verbesserung auswählen. Als Projektergebnis ist ein Software-Tool entstanden, das interessierte Unternehmen unter www.ifa.uni-hannover.de/rampable kostenlos herunterladen können (Bild 2).

Bild 1: An einem Tisch: Das IFA kooperiert mit Unternehmen unterschiedlicher Größen (Quelle: IFA).

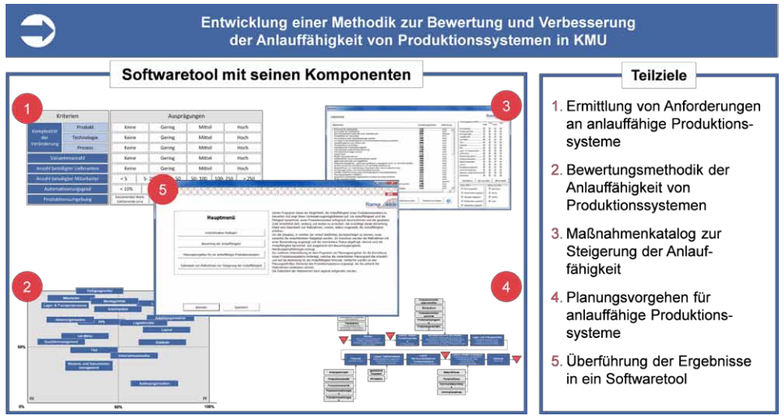


Bild 2: Forschungsprojekt RampAble: Das kostenlose Software-Tool zur Gestaltung anlauffähiger Produktionssysteme kann kostenlos unter www.ifa.uni-hannover.de/rampable herunterladen werden (Quelle: IFA).

Auch Mitarbeiter für den Anlauf fit machen

Aufgrund des positiven Projektverlaufs und des anhaltenden Bedarfs seitens der Industrie wurde ein weiteres Projekt zum Produktionsanlauf angestoßen. Seit dem Frühjahr 2013 arbeiten die Wissenschaftler des IFA an einem Folgeprojekt, bei dem die Qualifizierung der Mitarbeiter von KMU im Vordergrund steht.

In den meisten Unternehmen herrscht ein ausgeprägtes Bereichs- und Abteilungsdenken. Viele Mitarbeiter sind mit den Wirkzusammenhängen im Unternehmen nicht vertraut. Dadurch treffen sie Entscheidungen, die zwar für ihre eigene Abteilung sinnvoll sind, für das gesamte Unternehmen oder andere Abteilungen aber nicht. Auf diese Weise entstehen Insellösungen, die unter Umständen für das Unternehmen nicht ideal sind. Insbesondere im Produktionsanlauf stellt dieses Verhalten Unternehmen vor Herausforderungen, da sich hier das gesamte System in einem instabilen Zustand befindet.

Vor dem Hintergrund dieser Problematik wird im Forschungsprojekt „Ramp-Up Qualification“ ein Simulationsspiel entwickelt, das Mitarbeitern bereichsübergreifende Herausforderungen und Wechselwirkungen aufzeigt, die bei dem Anlauf von Fabriken auftreten. Mit dieser interaktiven Schulung sensibilisiert das IFA Mitarbeiter von KMU darauf, ihr eigenes Handeln zu hinterfragen. Um die Praxistauglichkeit der Ergebnisse sicherzustellen und Erfahrungswissen aus dem industriellen Arbeitsalltag einfließen zu lassen, beteiligen sich auch an diesem Forschungsprojekt eine Vielzahl von Industrieunternehmen.

Ressourceneffizienz gemeinsam steigern

Doch KMU haben nicht nur die Möglichkeit, Forschungsprojekte zu begleiten. In einem so genannten Tandem aus Unternehmen und Universität können sie als gleichberechtigte Projektpartner dafür sorgen, dass anwendungsnahe Forschung in die Praxis umgesetzt wird. Die Unternehmensberatung GREAN GmbH und das IFA entwickeln derzeit gemeinsam eine Vorgehensweise zur systematischen Einführung und Verankerung unternehmensspezifischer Maßnahmen zur „Verbesserung der Ressourceneffizienz im laufenden Produktionsbetrieb“ (VReP) (Bild 3).

Aufbauend auf der Grundstruktur bestehender Ansätze zur Einführung von Managementsystemen, beispielsweise aus dem Bereich des Energiemanagements, wird eine Vorgehensweise zur konkreten Umsetzung im operativen Betrieb entwickelt. Diese ist insbesondere auf die Anforderungen von KMU angepasst.

In diesem Zusammenhang entsteht auch ein Konzept zur Überführung und Verstetigung der Maßnahmen im betrieblichen Alltag, das kontinuierlich um Handlungsempfehlungen erweitert wird.

Ob Organisation, Planung oder Optimierung: Im Bereich der Fabrikplanung gibt es eine Vielzahl an Themen, zu denen Industrie und Wissenschaft kooperieren können. Die positiven Erfahrungen vergangener Projekte zeigen, dass ein reger Bedarf an praxisnaher Forschung besteht. Auch in Zukunft wird das IFA deshalb Hand in Hand mit kleinen und großen Unternehmen arbeiten.

www.ifa.uni-hannover.de

Dipl.-Ing. Simon W. Schepers
Telefon: (0511) 762 18127
E-Mail: schepers@ifa.uni-hannover.de

Dipl.-Ing. Konja M. Knüppel
Telefon: (0511) 762 18192
E-Mail: knueppel@ifa.uni-hannover.de

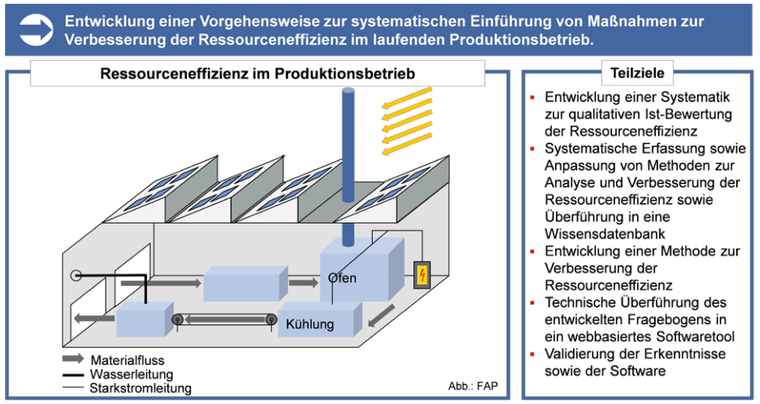
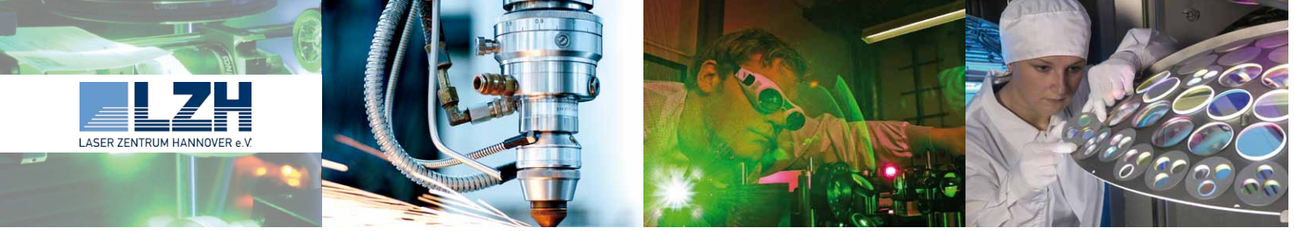


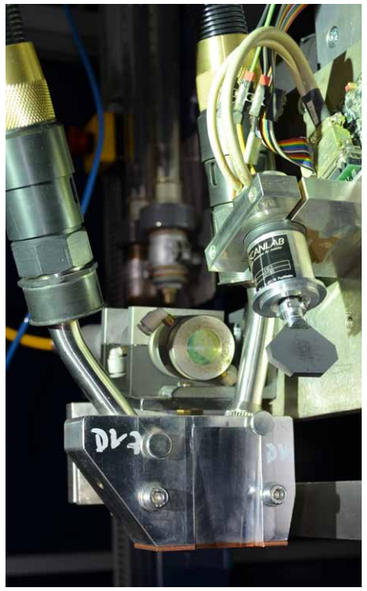
Bild 3: Forschungsprojekt VReP: Das IFA und die GREAN GmbH arbeiten gemeinsam an der Verbesserung der Ressourceneffizienz im Produktionsbetrieb (Quelle: IFA).



Vier Partner, zwei Verfahren, ein Ziel

Das LZH und drei KMU haben sich ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Gemeinsam möchten sie die Prozessgeschwindigkeit für das Auftragen von Verschleiß- und Korrosionsschutzschichten auf große Bauteile um 400 % steigern. Um das Ziel zu erreichen, kooperieren sogar Wettbewerber miteinander.

Im Rahmen des KMU-Innovativ-Projekts „Hochleistungsauftragschweißen mit Doppeldrahttechnik bei nicht übertragenem Lichtbogen und Laser gestützter Einbrandsteuerung“ – kurz: HoDopp – möchte das Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH) mit seinen Industriepartnern MERKLE Schweißanlagen-Technik, G+F Strate GmbH sowie Druckguss Service Deutschland GmbH (DSD) eine absolut neuartige Prozesskombination von nicht-übertragenem Lichtbogen und gezielter laserbasierter Bauteilerwärmung entwickeln. Dabei soll nicht nur die Geschwindigkeit enorm gesteigert werden – auch die Schichtqualität soll deutlich verbessert werden. Künftig soll durch die hohe Materialreinheit bereits eine einzige Auftragsschicht ausreichen, um das Bauteil ausreichend zu schützen.



Gemeinsam für den Fortschritt: Wettbewerber kooperieren

Dass die beteiligten KMU in einem Projekt kooperieren, ist nicht selbstverständlich. Immerhin stehen sie zum Teil miteinander im direkten Wettbewerb. Anfängliche Bedenken, sensible interne Informationen zu teilen, konnten jedoch schnell ausgeräumt werden. Hierzu haben auch die Berichte über den vertraulichen Umgang mit solchen Informationen der in Förderprojekten sehr erfahrenen Projektpartner beigetragen. Die gegenseitige Unterstützung half den in öffentlich geförderten Projekten unerfahrenen Unternehmen, sich sehr schnell erfolgreich einzubringen.

„Die Teilnahme an diesem Forschungsprojekt hat innerhalb unserer Firma für neue Impulse gesorgt und die Motivation gesteigert“, berichtet Dipl.-Ing. Kai-Uwe Schaper von der Firma G + F Strate GmbH. „Durch das HoDopp-Projekt haben wir unter anderem neue Lieferanten und Kunden kennengelernt und auch jenseits des eigentlichen Forschungsinhaltes nützliche Anregungen erhalten.“

Auch die Firma DSD, die das LZH auf einer Tagung des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) in Hamburg kennengelernt hat, lobt den „Networking-Effekt“ des Projekts: „Über das Projekt HoDopp kam es zu einer neuen Geschäftsbeziehung mit der Firma Laser on demand GmbH“, sagt Florian Zimmermann von DSD. „Dank der Hilfe von Herrn Meyer, dem Geschäftsführer von Laser on demand, haben wir eine knifflige Schweißaufgabe lösen und erfolgreich abarbeiten können“, berichtet Zimmermann begeistert. Laser On Demand ist eine Ausgründung des LZH und bietet den mobilen Einsatz von Lasertechnik in der Materialbearbeitung an.

KMU-Innovativ erleichtert Projektförderung

Neben der notwendigen Geheimhaltungsstrategie waren im Vorfeld des zweijährigen Projekts Fragen zur Technik, der genauen Aufgabenverteilung sowie zur Patentanmeldung zu klären. Die Entscheidung, einen Projektvorschlag bei dem Programm „KMU-Innovativ“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) einzureichen, liegt im besonderen Charme des Programms begründet: Die Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln ist – im Vergleich zu anderen Förderprogrammen – deutlich einfacher. Zudem hilft ein so genannter „Lotsendienst“ schnell und umfassend bei allen Fragen rund um KMU-Innovativ. Von der ersten Skizze bis zur Bewilligung des Antrags vergehen maximal vier Monate.

Für die Forschungsallianz bietet der neue technische Ansatz, der im Projekt untersucht wird, klare Vorteile gegenüber dem bisher eingesetzten MSG-Auftragschweißverfahren (MSG = Metallschutzgasschweißen). Bei diesem Verfahren schmilzt ein Lichtbogenplasma Drahtelektrode und Werkstück gleichzeitig auf und liefert einen hohen Aufmischungsgrad (30% des Basismaterials und des Auftragsmaterials), das unerwünscht ist. Um eine ausreichende Qualität der Schutzschicht mit einem möglichst niedrigen Aufmischungsgrad zu erreichen, muss der Beschichtungsprozess bis zu dreimal wiederholt werden. Bei maximalen Auftragraten von gerade mal 5 kg/h dauert das Beschichten eines Quadratmeters mit dieser Technik bis zu 24 Stunden. Die Folge sind hohe Energie- und Personalkosten.

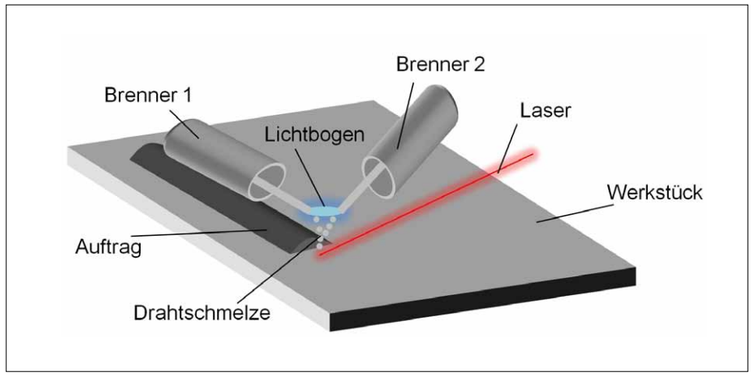


Bild 2: Schematischer Aufbau der Verfahrenskombination (Quelle: LZH).

Mehr Produktivität und Qualität

Die Entwicklungspartner wollen im Rahmen des Projektes HoDopp die Auftragsrate vervierfachen – und so Auftragraten von bis zu 20 kg pro Stunde bei gleichzeitiger Reduzierung der Einschweißtiefe und damit Aufmischungen < 5% erreichen. Dadurch müsste nur noch eine einzige Schicht aufgetragen werden. Erreichen möchten die Projektpartner dies durch eine Entkopplung der Einbrandsteuerung vom Aufschmelzen des Drahtwerkstoffes. Die Produktivität und auch die Qualität des Schweißverfahrens sollen dadurch erheblich besser werden.

Zur Umsetzung dieser ehrgeizigen Ziele werden zwei Einzelverfahren auf vollkommen neue Weise verknüpft: Das KMU MERKLE optimiert ein modifiziertes MSG-Auftragschweißverfahren, bei dem der eingesetzte Lichtbogen ohne Kontakt zum Werkstück zwischen zwei Drahtelektroden brennt. Über eine Anpassung von Düsenform und Brennerstellung sowie durch eine Verminderung der Schutzgasmenge wird ein stabiler und spritzfreier Prozess angestrebt.

Am LZH arbeitet man am zweiten Prozessschritt: Ein Diodenlaser der neuesten Generation mit schwacher Leistung 0,5 kW soll für einen geringen wie homogenen Einbrand am Werkstück sorgen. Der Laser fokussiert auf das Bauteil, kurz bevor die Schmelze der beiden Drähte auftrifft und führt zum Anschmelzen der Werkstückrandschicht. Eine Ablenkvorrichtung steuert dabei die Temperaturverteilung.

Die Verknüpfung der Einzelprozesse ist ideal. Beide Werkzeuge können in der Kombination ihre Stärken voll ausspielen. Für das Aufschmelzen des Auftragmaterials wird viel Energie benötigt, die der Lichtbogen zur Verfügung stellt. Der Laser hingegen arbeitet mit geringer Leistung und dient ausschließlich zur Erzeugung einer homogenen Anbindung des Auftragmaterials. Durch die Kombination aus innovativem Lichtbogenverfahren und preiswerter Diodenlaser technik rechnen die Projektpartner damit, die Bearbeitungszeit auf nur 6 h/m zu reduzieren. Das Auftragschweißen besonders großer Flächen ab 0,5 m² würde dadurch deutlich rentabler.

Bild 3: Drei KMU beteiligen sich an dem Forschungsprojekt (Quelle: Projektpartner).

Nächstes Ziel: Markteinführung

Die Partner G+F Strate und DSD sind im Projekt für die Bereiche Erprobung, Qualitätssicherung und Spezifikation verantwortlich. Zusammen mit MERKLE und dem LZH wollen die Partner den kostengünstigeren und weniger zeitintensiven Prozess nach Projektende auf den Markt bringen. Geeignet ist er für viele Anwendungsbereiche: Neben dem klassischen Werkzeug- und Formenbau in der Automobilindustrie kommen unter anderem das Aufpanzern von Wellen, Walzen und Aufspannflächen, das Reparaturschweißen an beschädigten Flurförderzeugen oder das Auftragen abriebfester Schichten an stark beanspruchten Stellen von Ölbohrgestängen als Anwendungsfälle in Frage. Die gute Zusammenarbeit der Projektpartner wird sich also auch nach Mitte 2014 noch fortsetzen...

Dipl.-Ing. Alexander Barroi
Telefon: (0511) 2788-174
E-Mail: a.barroi@lzh.de

Mirko Schaper folgt Ruf nach Paderborn

Habilitierter Oberingenieur des IW nimmt Professur an

Nach fast 15 Jahren hat Mirko Schaper das Institut für Werkstoffkunde zum 11. Juni 2013 verlassen. Er folgt einem Ruf der Universität Paderborn, wo er den Lehrstuhl für Werkstoffkunde mit insgesamt 15 Mitarbeitern übernimmt.

Mirko Schaper war nicht nur einer der beliebtesten Dozenten der Leibniz Universität, sondern auch als kompetenter Oberingenieur am PZH bekannt. Schwerpunktmäßig befasste er sich am IW mit der Erforschung der Abhängigkeiten von Mikrostruktur und Materialeigenschaften von unterschiedlichen Metallen. Ein Forschungsfeld, das er auch in Paderborn weiterverfolgen wird.

Während seiner Zeit am IW widmete sich der Oberingenieur nicht nur Forschung und Lehre, sondern auch der Nachwuchsförderung. Insbesondere der Verein ForscherGeist e. V. und die Förderung der jungen Existenzgründer „Lightlock“ lagen ihm am Herzen.
Der Wechsel von Professor Hans Jürgen Maier von Paderborn nach Hannover und die Berufung Mirko Schapers schaffen eine enge Kooperation zwischen den beiden Instituten. Neuer Oberingenieur am Institut für Werkstoffkunde ist Dr.-Ing. Florian Nürnberger, der am IW promoviert hat und den Bereich Technologie der Werkstoffe seit einigen Jahren leitet.

www.iw.uni-hannover.de

Lernfabrik Change Management

IFA schult Unternehmen im Umgang mit Veränderungen

Nichts ist so beständig wie der Wandel. Jedes Unternehmen und jede Organisation muss sich früher oder später mit Veränderungen auseinandersetzen. Mit der „Lernfabrik Change Management“ möchte das Institut für Fabrikanlagen und Logistik Fach- und Führungskräften vermitteln, wie sie Veränderungen erfolgreich umsetzen können.

Im Rahmen der eintägigen Veranstaltungen erlernen die Teilnehmer, welche Hemmnisse mit dem Wandel einhergehen können und wie sie ihn dennoch erfolgreich managen können. Neben der Vermittlung von Methoden zum Umgang mit Veränderungen steht auch die Anwendung des Wissens auf der Agenda. Anschließend übertragen die Teilnehmer die Erkenntnisse auf ihre eigene Tätigkeit.

Die Lernfabrik Change Management findet auf Anfrage statt. Die Teilnahmegebühr beträgt 550,00 Euro (zzgl. MwSt.) pro Teilnehmer und umfasst neben der Schulung die Seminarunterlagen und die Verpflegung während der Veranstaltung. Ansprechpartner für Fragen rund um die Lernfabrik ist Dennis Goßmann.

http://bit.ly/15Y6lvO

Dipl. Wirtsch.-Ing. Dennis Goßmann
Telefon: (0511) 762-18196
E-Mail: gossmann@ifa.uni-hannover.de

Intelligente Schutzkleidung gegen leistungsstarke Laser

EU-Projekt PROSYS-Laser

In einem EU-Projekt unter der Leitung des LZH wurden jetzt passive wie aktive Schutzsysteme in Form von Jacken, Hosen, Schürzen und Handschuhen entwickelt, die einen wirksamen Schutz vor Laserstrahlung mit Leistungsdichten von mindestens 20 Megawatt pro Quadratmeter bieten.

Für die im Rahmen des EU-Projekts PROSYS-Laser entwickelte Schutzkleidung wurden zwei Strategien verfolgt: Ein passives System besteht aus mehrlagigen technischen Textilien. An der obersten Schicht wird die Strahlung diffus reflektiert und eindringende Strahlung wird in der mittleren Lage möglichst breitflächig verteilt, um kritische Temperaturen zu vermeiden.

Erheblich gesteigert wird diese Schutzwirkung noch einmal durch ein aktives System. Zusätzlich in den textilen Multilagenaufbau integrierte Sensoren senden bei einer hohen Bestrahlung innerhalb < 100 ms ein elektrisches Signal an den Laser, der daraufhin automatisch abgeschaltet wird.

www.prosyslaser.eu

Für die Arbeit mit Hochleistungslasern konzipierte passive Schutzhandschuhe (hier als Prototyp) (Quelle: LZH)

Dr. Michael Hustedt
E-Mail: m.hustedt@lzh.de

Technik ist weiblich!

5. Mädchen-und-Technik-Kongress am PZH

Am 6. November 2013 findet am PZH bereits zum fünften Mal der Mädchen-und-Technik-Kongress (MuT-Kongress) statt. Einen ganzen Tag lang können 140 Mädchen im Alter zwischen 14 und 18 Jahren Technik erleben und gestalten.

In 14 Projekten wird geschweißt, programmiert, gegossen, seziert und gelötet. Vor Ort dabei ist die Schirmherrin des Kongresses und „Wissen macht Ah!“-Moderatorin Shary Reeves. Sie verspricht den Teilnehmerinnen einen „spannenden Einblick in Dinge, die ihr vielleicht nur aus dem Fernsehen kennt“. Ob beim Bau eines Handy-Mikroskops, beim Herstellen von Herzklappen oder dem Aufbau elektronischer Bauteile: Beim MuT-Kongress können junge Mädchen testen, ob Technik nicht doch Frauensache ist.

Die Anmeldung zum Kongress erfolgt über ein Formular auf der Webseite www.maedchen-und-technik.de. Dort gibt es auch eine ausführliche Beschreibung aller Workshops und den Programmablauf.

Dipl.-Ing. Rahel Kruppe
Telefon: (0511) 762-2757
E-Mail: kruppe@impt.uni-hannover.de

Industrie und Wissenschaft gestalten Zukunft gemeinsam

Umformtechnisches Kolloquium 2014 in Hannover

Unter dem Motto „Industrie und Wissenschaft - Gemeinsam die Zukunft gestalten“ findet am 26. und 27. Februar 2014 das 21. Umformtechnische Kolloquium Hannover (UKH) statt. Mitarbeiter aus Produktion, Forschung und Management diskutieren dann im MARITIM Airport Hotel Hannover über neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Umformtechnik.

2014 erfolgt erstmals eine Aufteilung der Themengebiete Blech- und Massivumformung: Am ersten Veranstaltungstag steht die Blechumformung im Mittelpunkt, am zweiten Tag folgt die Massivumformung. Geplante Schwerpunktthemen sind „Innovative Prozesse und Werkstoffe“, „Trends in der Entwicklung von Maschinen und Werkzeugen“ sowie „Prozessauslegung und Simulation“. Im Programm vorgesehen ist weiterhin die Besichtigung des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) sowie eines bekannten Unternehmens in der Region Hannover. Während des Kolloquiums werden sich zudem weitere Firmen in einer begleitenden Ausstellung den Teilnehmern präsentieren.

Das UKH findet alle drei Jahre statt und wird von einem großen Teilnehmerkreis aus Industrie und Forschung besucht. Organisatoren der zweitägigen Veranstaltung sind das Hannoversche Forschungsinstitut für Fertigungsfragen e. V. (HFF) und das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM).

Informationen zu Programm und Anmeldung unter:
www.hff-hannover.de/ukh2014.html

Dipl.-Ing. T. Nitschke, Dipl.-Wirtsch.-Ing. A. Huskic
Leibniz Universität Hannover
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM)
An der Universität 2, 30823 Garbsen
Telefon: (0511) 762-18044, Fax: (0511) 762-3007
E-Mail: ukh2014@hff-hannover.de

25 Jahre IPH: Jubiläumsfeier war ein voller Erfolg

Geburtstags-Gäste konnten hinter die Kulissen schauen

Die Zukunft der Produktionstechnik lässt sich schon heute aus nächster Nähe betrachten: Am IPH orientieren sich Gabelstapler mit einem „Navi für drinnen“ und ein Super-Label erleichtert die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Bei der Jubiläumsfeier zum 25-jährigen Bestehen des Instituts konnten geladene Gäste einmal hinter die Kulissen schauen.

Ein roter Faden führte am 13. September durch das IPH-Gebäude: Von der Versuchshalle bis in die Büros konnten die Jubiläumsgäste der roten Markierung auf dem Boden folgen und sich an 14 Stationen über aktuelle Forschungsprojekte informieren. Dort erfuhren sie beispielsweise, mit welchen Leichtbau-Methoden sich Windkraftanlagen noch höher bauen lassen und wie Industrieunternehmen mit intelligenten Schmiedeverfahren Geld sparen können.

Zudem standen viele interessante Vorträge auf dem Programm. Dr. Kai Brüggemann von Airbus sprach über „Die Zukunft des Fliegens“, Dr. Georg Ullmann stellte „Forschungshighlights aus dem IPH“ vor. Dazu passte auch der europalettengroße XXL-Kuchen, der am Nachmittag angeschnitten wurde – schließlich forscht das IPH zu XXL-Produkten.

Mitgefeiert haben zahlreiche Gäste aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, darunter auch Hauke Jagau, Präsident der Region Hannover, und Hannovers Erster Bürgermeister Bernd Strauch. Auch viele ehemalige Mitarbeiter haben dem IPH zum Geburtstag gratuliert und nach dem offiziellen Programm noch bis spät in die Nacht weitergefeiert.

www.25jahre.iph-hannover.de

Gründer und aktuelle Geschäftsführer des Instituts (Quelle: IPH)

Beteiligte Institute

Institut für Umformtechnik
und Umformmaschinen
der Leibniz Universität Hannover

Institut für Werkstoffkunde
der Leibniz Universität Hannover

IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gemeinnützige GmbH

Institut für Mikroproduktionstechnik
der Leibniz Universität Hannover

Institut für Transport- und
Automatisierungstechnik
der Leibniz Universität Hannover

Institut für Fabrikanlagen und Logistik
der Leibniz Universität Hannover

Laser Zentrum Hannover e. V.

www.phi-hannover.de