

---

Beratung, Forschung & Entwicklung und Qualifizierung

---



Perspektiven für die Produktionstechnik | Jahresbericht 2011



“Zusammenkommen ist ein Beginn,  
zusammenbleiben ist ein Fortschritt,  
zusammenarbeiten ist ein Erfolg.”

Henry Ford, US-amerikanischer Automobilhersteller (\* 1863 † 1947)



---

# Vorwort

---

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

2011 war das Jahr kleiner und großer Katastrophen. Dem schwersten bislang in Japan aufgezeichneten Erdbeben folgte ein Tsunami, der die Nordküste des Landes komplett verwüstete. Die Naturgewalten verursachten zudem eine verheerende Atomkatastrophe. Es gab Zehntausende Tote und Hunderttausende Obdachlose. Organisationen und Regierungen aus der ganzen Welt zögerten nicht, dem asiatischen Land ihre sofortige Hilfe anzubieten.

In Europa griffen die Europartnerländer indes Griechenland und anderen Ländern unter die Arme. Durch den starken Zusammenhalt in der EU und die Unterstützung der Europartnerländer, die an eine Kehrtwende glauben, hat Europa die Chance, die Krise gemeinsam zu überwinden.

Verlässliche Partner lohnen sich nicht nur in schlechten Zeiten. Auch sonst ist ein starkes Netzwerk viel wert. Wo Kompetenzen gebündelt werden, entsteht nicht nur in der Natur eine funktionierende Symbiose. Kooperationen ermöglichen einen inspirierenden Austausch, Einblicke in interdisziplinäre Sichtweisen und nicht zuletzt die Erweiterung des eigenen Know-hows. Gemeinsam lässt sich einiges bewegen, gemeinsam gelangt man schneller ans Ziel. Zusammenarbeiten ist, so sagte schon der Automobilhersteller Henry Ford, ein Erfolg.

Auch das IPH hat 2011 mit zahlreichen Partnern zusammengearbeitet. Mehrere Kooperationen mit den produktionstechnischen Instituten der Leibniz Universität Hannover und dem Laser Zentrum Hannover haben zu einer weiteren Stärkung des Wissenschaftsstandorts Hannover beigetragen. Mit dem Arbeitskreis XXL-Produkte haben wir – neben dem Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau – mittlerweile erfolgreich ein zweites starkes Netzwerk etabliert. Darüber hinaus hat das IPH 2011 mit zahlreichen Unternehmen zusammengearbeitet. Von Grundlagenforschung über Kooperations- und Auftragsforschung bis hin zu Beratungsprojekten – als Partner der produzierenden Industrie hat das IPH auch 2011 dafür gesorgt, dass frisches Wissen aus der Forschung in der Praxis zur Anwendung kommen kann.

Zusammenarbeiten ist ein Erfolg – nach diesem Credo werden wir auch 2012 handeln. Wir freuen uns, Ihnen auch weiterhin als verlässlicher Partner zur Seite zu stehen.



Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis



Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer



Dr.-Ing. Georg Ullmann



---

# Geschäftsführung und Beirat

---

## Geschäftsführung

---

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

| *Geschäftsführender Gesellschafter und Sprecher der Geschäftsführung* |

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Dr.-Ing. Georg Ullmann

| *Koordinierender Geschäftsführer* |

## Beirat

---

Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

| *Dekan der Fakultät für Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover und Vorsitzender des Beirats* |

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Friedrich-Wilhelm Bach

| *Leiter des Instituts für Werkstoffkunde (IW) der Leibniz Universität Hannover* |

Dr. Sabine Johannsen

| *Mitglied des Vorstands der Investitions- und Förderbank Niedersachsen - NBank GmbH* |

Dipl.-Ing. Volker Bartels

| *Geschäftsführer der Sennheiser electronic GmbH & Co. KG* |

Dr.-Ing. Kai Brüggemann

| *Werk- und Standortleiter Bremen, Airbus Operations GmbH* |

Dr.-Ing. Andreas Jäger

| *Geschäftsführer der Jäger Gummi und Kunststoff GmbH* |

---

# Inhaltsverzeichnis

---

5	Vorwort
7	Geschäftsführung und Beirat
8	Inhaltsverzeichnis

## Das war 2011

---

16	Gemeinsam stark
18	Modernisierung des Hallenbereichs
20	IPH-Ingenieurin wird zum Vorbild
22	Preise und Auszeichnungen
24	Wechsel in der Geschäftsführung
26	Airbus-Standortleiter verstärkt Beirat
27	Dissertationen
28	Zahlen und Fakten

## Ausgewählte Projekte

---

32	<b>Kombinieren und Gewicht verlieren   Hybridschmieden vereint Massiv- und Blechumformung</b> <i>Das am IPH entwickelte Verfahren des Hybridschmiedens ermöglicht die Herstellung von Strukturbauteilen mit Massiv- und Blechelementen aus unterschiedlichen Werkstoffen. In einem einzigen Prozessschritt werden dabei die Elemente umgeformt und gefügt. Für die Gestaltung von Leichtbauteilen in der Umformtechnik eröffnet dies ganz neue Möglichkeiten.</i>
34	<b>Nur so stark wie das schwächste Glied   Bewertung des logistischen Reifegrads in Produktionsnetzwerken</b> <i>Die individuelle logistische Leistungsfähigkeit von Unternehmen in Produktionsnetzen bestimmt, wie leistungsstark das gesamte Netzwerk ist. Für „starke“ Netzwerke im Bereich der Herstellung von XXL-Produkten entwickelt das IPH derzeit ein logistisches Reifegradmodell. Es soll vor allem KMU Entwicklungsstände und -potenziale für Unternehmen und Netzwerke aufzeigen.</i>

**Agenten auf Logistikmission | Dezentrale Steuerung von Fahrerlosen Transportsystemen** 36

*Bislang sind Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) nur bedingt selbstständig. Aufgaben wie die Vergabe von Transportaufträgen oder die Routenplanung werden von einem zentralen Computer gesteuert. Damit soll nun Schluss sein. Gemeinsam mit dem OFFIS – Institut für Informatik und Partnern aus der Industrie entwickelt das IPH ein dezentrales Steuerungskonzept, das den FTF zu mehr Selbstständigkeit verhelfen soll.*

**Günstige Formgebung | Beratung bei der Auswahl eines Zulieferers** 38

*Ein Unternehmen aus der Automobilbranche haben die Ingenieure des IPH bei der Auswahl eines geeigneten Fertigungsverfahrens für ein Bauteil beraten. Neben der gesamten Prozesskette wurde vor allem die Herstellung des Bauteils durch Umformung geprüft. Auch bei der Wahl der richtigen Partner, die den Auftraggeber mit entsprechenden Schmiedeteilen beliefern können, unterstützte das IPH.*

**Wenn der Betrieb aus den Nähten platzt | Beratung zur Investition in Betriebsflächenerweiterungen** 40

*Wenn im Unternehmen zur Sicherung der Konkurrenzfähigkeit Veränderungen erforderlich werden, sind Investitionen meist unvermeidbar. Die Entscheidung für eine der Investitionsalternativen fällt da nicht immer leicht. Ein metallverarbeitendes Unternehmen, das sehr große Produkte lagert und bearbeitet, setzte bei seiner Investitionsentscheidung auf die Unterstützung des IPH.*

**Guter Service leicht gemacht | Einführung der semantischen Suche bei einem Mittelständler** 42

*Bei der Grafix GmbH, einem der weltweit führenden Hersteller von Peripheriegeräten für die Druckindustrie, spielt der Service eine wichtige Rolle – und wird mehr und mehr zum Differenzierungsmerkmal im Wettbewerb. Mit Hilfe der semantischen Suche der Software SemanticHelpline soll die Service-Abteilung bereits bearbeitete Fälle noch schneller finden und so Lösungen effizient auf neue Probleme übertragen.*

- 44      **Walzen für jedermann | IPH und LASCO Umformtechnik entwickeln Querkeilwalzen**  
*Bei Motor- und Fahrwerkskomponenten in Kraftfahrzeugen kommen hoch belastbare, geschmiedete Bauteile zum Einsatz. Das Querkeilwalzen ist eine materialeffiziente Technologie zur Vorformung dieser Bauteile. Durch eine gemeinsame Entwicklung des IPH mit dem Anlagenhersteller LASCO Umformtechnik GmbH wird dieses Verfahren nun auch für Kleinserien wirtschaftlich.*
- 46      **Einkauf mit Finesse | Restrukturierung des Einkaufs eines Maschinen- und Anlagenbauers**  
*Der Einkauf leistet einen wesentlichen Beitrag zum Unternehmenserfolg. Nur wer Märkte kennt und einen guten Draht zu Lieferanten hat, kann Material pünktlich und günstig beschaffen. Gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen verhindern gewachsene Strukturen oft, dass der Einkauf seine Aufgabe effizient erfüllen kann. Das IPH unterstützt mit frischen Ideen und neuen Konzepten.*
- 48      **So funktioniert Angebotsplanung | Funktionsbasierte Angebotsplanung von komplexen Unikatprodukten**  
*Wenn Hersteller von Werkzeugen und Formen Preisangebote erstellen, schätzen sie zunächst den Aufwand der Baugruppen ab. Die bislang eingesetzten Methoden zur Preisbildung sind aufwändig und fehlerhaft. Am IPH wird derzeit eine neue Methode entwickelt, die die Angebotskalkulation vereinfacht – auf Basis von Werkzeugfunktionen und in Kombination mit einer Ähnlichkeitssuche.*
- 50      **Leichtbau, innen hart und außen weich | Entkonturnahe Umformung von Aluminium-Metall-Matrix-Composites**  
*Hoch belastete Bauteile müssen heute im Hinblick auf Steifigkeit, Gewicht und Verschleißresistenz hohe technische Anforderungen erfüllen. Herkömmliche Leichtbau-Konstruktionswerkstoffe können da (meist) nicht mehr mithalten. Um den erhöhten Anforderungen nachzukommen, erforschen Ingenieure des IPH das gratlose Schmieden von Aluminium-Metall-Matrix-Werkstoffverbänden, zu Englisch „Metal-Matrix Composites“ (MMC).*

<b>Effizientes Zusammenspiel   Gestaltung von Produktionsnetzwerken für XXL-Produkte</b>	52
<i>Mit wenigen Klicks die besten Zulieferer und den optimalen Produktionsstandort finden? Ingenieure des IPH erforschen, wie sich Lieferketten von XXL-Produkten am besten gestalten lassen. Entwickelt werden soll ein Software-Tool, das Hersteller von großskaligen Produkten bei dem Aufbau ihres Produktionsnetzwerks unterstützt – und die Netze effizienter macht.</i>	
<b>Gemeinsam zu den Sternen   Diskussion und Kooperation im Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau</b>	54
<i>Unternehmen und Fachabteilungen der Branche bietet der Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau (AK WZB) die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch und zur Weiterbildung. Im Jahr 2012 feiert das Netzwerk sein 15-jähriges Bestehen. Auch in Zukunft wird sich der Arbeitskreis aktuellen organisatorischen, technologischen und IT-Themen des Werkzeug- und Formenbaus widmen, die heute noch in den Sternen stehen.</i>	
<b>Eine wahre Gratwanderung   Auslegung eines gratlosen Schmiedeprozesses</b>	56
<i>Für ein ausländisches Schmiedeunternehmen hat das IPH in einem Beratungsprojekt einen gratlosen Schmiedeprozess für ein Bauteil ausgelegt. Bis dahin wurde das Bauteil mit einem Materialüberschuss geschmiedet. Durch das Schmieden ohne Grat kann das mittelständische Unternehmen die Kosten erheblich senken – und mit angemessenen Preisen bei guter Qualität im internationalen Wettbewerb punkten.</i>	
<b>Nicht jedes Los gewinnt   Dynamische Losgrößen in der Fertigungssteuerung</b>	58
<i>Produzierende Unternehmen stehen aufgrund kurzfristiger Bedarfsschwankungen immer wieder einmal vor Kapazitätsengpässen. Wenn mehr gefertigt werden muss, als gefertigt werden kann, sind die Fertigungssteuerer gefragt. Sie müssen die Vorgaben der Fertigungsplanung auch bei unvorhergesehenen Ereignissen flexibel umzusetzen. Am IPH wurde ein auf Planungsalgorithmen basierender Ansatz entwickelt, der sie dabei unterstützt.</i>	
<b>Module beflügeln XXL   Ingenieure arbeiten am Flugzeugflügel der Zukunft</b>	60
<i>Flügel von Verkehrsflugzeugen bestehen aus einer "wing box", einem großen Rahmen, der mit Landeklappen und diversen anderen Anbausystemen ausgerüstet wird. In einem Forschungsprojekt untersuchen Ingenieure des IPH derzeit, wie die XXL-Produkte für die Zukunft fit gemacht werden können. Und ob sich dafür eine modulare Bauweise eignet.</i>	

62 **Titan ein Profil geben | Entwicklung einer IHU-Prozesskette für Titanhohlprofile**  
*Titan ist leicht, chemisch resistent und biokompatibel. Durch das begrenzte Umformvermögen des Werkstoffs ist die Herstellung von Titanbauteilen allerdings eine Herausforderung. Ingenieure des IPH arbeiten derzeit an einer Lösung, um dünnwandige Hohlprofilbauteile zu fertigen. Das Zauberwort heißt Innenhochdruckumformen.*

64 **Zwischen zu viel und zu wenig | Bestandsplanung mit fehlmengenkostenbasiertem Entscheidungsmodell**  
*Über das Wochenende kommt Besuch – oder vielleicht auch nicht. Das Anlegen von Vorräten kann teuer werden; das Fehlen von Vorräten aber auch. Wer weiß, was ein „zu viel“ und was ein „zu wenig“ an Material kostet, kann seine Vorratsbestände in der goldenen kostenminimalen Mitte positionieren. Nicht nur privat, sondern auch in der Industrie.*

66 **Groß(artig)e Lösungen finden | Arbeitskreis XXL-Produkte stärkt deutsche Industrie**  
*Parallel zu dem Verbundprojekt „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ haben die Ingenieure des IPH den Arbeitskreis XXL-Produkte (AK XXL) ins Leben gerufen. Der Dialog zwischen Wirtschaft und Wissenschaft dreht sich um großskalige Produkte. Neben Einblicken in andere Unternehmen erhalten die Teilnehmer vor allem Impulse für die eigene Arbeit.*

#### Projekte und Partner

---

70 Projektübersicht 2011

77 Projektpartner 2011

#### Veröffentlichungen und Vorträge

---

80 Veröffentlichungen 2011

84 Vorträge 2011

86 Impressum





---

Das war 2011

---

---

## Gemeinsam stark

---

### Interdisziplinäre Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen

---

Als Dienstleister forscht und entwickelt, berät und qualifiziert das IPH anwendungsnah in den Ingenieurwissenschaften. Dabei bedeutet Dienstleister nicht Einzelkämpfer – Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen sind seit der Unternehmensgründung 1988 eine Selbstverständlichkeit. Die Zusammenarbeit mit anderen Instituten sorgt nicht nur für einen interessanten und inspirierenden Austausch; sie ermöglicht auch eine Betrachtung der Herausforderungen der Produktionstechnik aus verschiedenen Perspektiven und eine interdisziplinäre Lösungsfindung. Zahlreiche Kooperationen mit den produktionstechnischen Instituten der Leibniz Universität Hannover sorgen zudem für die weitere Stärkung des Wissenschaftsstandorts Hannover.



Einen Meilenstein der erfolgreichen Zusammenarbeit mit Hannoverschen Forschungseinrichtungen ist der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereich (SFB) 489. Gemeinsam mit sechs Instituten der Universität Hannover forschte das IPH von 2000 bis 2011 zur "Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile". Untersucht wurden neuartige Werkzeugtechnologien und verschleißreduzierende Verfahren für Schmiedegesenke. Mit Auslauf der Förderung des SFB im Dezember 2011 steht fest: Das gratlose Schmieden für Hochleistungsbauteile ist technisch umsetzbar und aufgrund der Materialeinsparung äußerst wirtschaftlich.



Mit einem weiteren Institut der Universität Hannover kooperiert das IPH in dem Forschungsprojekt „Intelligente Schnittstellen In Wandlungsfähigen Lieferketten“ (ISI-WALK). Zusammen mit dem Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) arbeiten die Ingenieure des IPH daran, dass zukünftig auch kleine und mittlere Unternehmen ihre Lager mit kleinem Budget wandlungsfähig gestalten können. Gemeinsam mit dem IFA entwickelt das IPH indes in einem weiteren Projekt ein logistikunterstützendes Anreizsystem zur Realisierung eines soziotechnischen Controllings in der Auftragsabwicklung von Unternehmen. Neben den genannten sind weitere interdisziplinäre Forschungsvorhaben beantragt, darunter auch eines auf EU-Ebene.

Dass die disziplinenübergreifende Arbeit am IPH groß geschrieben wird, verdeutlicht das Forschungsprojekt „Energie- und materialflusseffiziente Fabrikplanung“. In Kooperation mit dem Institut für Bauphysik (IFBP) der Universität Hannover und der Münster School of Architecture (MSA) der Fachhochschule Münster erforscht das IPH die Wechselwirkungen zwischen Architektur, Bauphysik und Logistik bei der Fabrikplanung. Entwickelt wird ein Bewertungsinstrument, mit dem die Energie- und Materialflusseffizienz einer Fabrik beurteilt werden kann. Mit Effizienz beschäftigt sich auch das Projekt „Keramik-Stahl-Werkstoffverbundschichten als Verschleißschutz in der Aluminiummassivumformung“, das das IPH zusammen mit dem Laser Zentrum Hannover bearbeitet. Gemeinsam untersuchen die Institute aus dem Wissenschaftspark Marienwerder, wie sich die Adhäsion und der Schmiermitteleinsatz beim Aluminiumschmieden reduzieren lassen und somit eine höhere Kosteneffizienz erzielt werden kann.



Mit verschiedenen Forschungsinstituten kooperiert das IPH auch im Bereich der Beratung. Einen ausländischen Automobilzulieferer unterstützt das IPH zum Beispiel gemeinsam mit dem IFUM in verschiedenen Bereichen der Umformtechnik mit innovativen Ideen. Für einen Hersteller von Triebwerken haben das IPH und das ITA gemeinsam eine perspektivische Werkserweiterungsplanung auf Groblayoutebene durchgeführt.

Neben Forschung und Entwicklung sowie Beratung ist die Qualifizierung die dritte Kernaufgabe des IPH. Auf Basis des aktuellen Stands der Technik und der Forschung vermitteln die Ingenieure ihr Wissen an Fach- und Führungskräfte aus der Industrie. Ein Klassiker im Seminarangebot ist das „Praxisseminar Fabrikplanung“, das jedes Jahr im September von IPH und IFA organisiert wird. Auf Anfrage wird das Seminar auch individuell für einzelne Firmen durchgeführt. Speziell für Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus sowie Hersteller und Zulieferer von XXL-Produkten bietet das IPH zudem die Arbeitskreise AK WZB und AK XXL an.

Durch die Vernetzung mit verlässlichen Partnern trägt das IPH dazu bei, dass neue Forschungsansätze ihren Weg schnell in die Wissenschaftslandschaft finden. Dank der interdisziplinären, anwendungsnahen Entwicklungsarbeit profitieren produzierende Unternehmen zeitnah von neuen Verfahren und innovativen Technologien.

## Modernisierung des Hallenbereichs

Neues Jahr, neue Halle: In der ersten Jahreshälfte 2011 wurden die Halle des Bereichs Prozesstechnik im hinteren Trakt des IPH-Gebäudes sowie ein angrenzender Raum modernisiert. Entstanden sind neue Arbeitsflächen mit einer klareren Strukturierung, die noch bessere Bedingungen für Forschungsarbeiten im umformtechnischen Bereich bieten.



Um neuen Platz zu schaffen, mussten neben der Knüppelschere auch ein Induktionsofen und eine Abkühlstrecke weichen. Aufgrund einer thematischen Verlagerung der Forschungsarbeiten im Bereich Prozesstechnik wurden diese Anlagen nicht mehr benötigt. Im Zuge der Hallenmodernisierung wurden sie nun veräußert.



Wo zuvor die Knüppelschere stand, ist eine Erweiterungsfläche entstanden, die zukünftig für neues Equipment genutzt werden soll. Denkbar ist beispielsweise die Platzierung von einer Querkeilwalze oder von Messapparaturen. Derzeit dient die neu geschaffene Fläche zur Halbzeugvorbereitung. Ein Lager für Aluminium- und Stahlstangen sichert die Materialversorgung für die praktischen Versuche; mittels einer Säge kann das Stangenmaterial individuell zugeschnitten werden.

## Mehr Ordnung, mehr Sauberkeit

---

Auch zwischen der Spindelpresse und der hydraulischen Pressen, die von den Ingenieuren des IPH für Umformversuche genutzt werden, ist neuer Raum entstanden. Ein abgetrennter Bereich steht nun für die Montage von Versuchswerkzeugen zur Verfügung.



Anders als zuvor finden schmutzintensive Bearbeitungen nun in einem separaten Werkstattbereich statt. Vor- und nachbereitende Tätigkeiten, wie Schweißen und Oberflächenbehandlungen durch ein Sandstrahlgerät, werden in einem Nebenraum vorgenommen, der zuvor als Lager diente.



---

## IPH-Ingenieurin wird zum Vorbild

---



Im Jahr 2011 sorgte Dipl.-Ing. Mona Goudarzi für großes Aufsehen. Über die Projekt Ingenieurin des IPH und ihr Forschungsthema war nicht nur in Artikeln in den VDI Nachrichten und regionalen Print- und Onlinemedien zu lesen; sie wurde auch in Unterrichtsmaterialien portraitiert – und so zum Vorbild für Kinder in Deutschland, Österreich und Italien.

---

Hoch hinaus ... mit neuartigen Türmen für Windenergieanlagen

---

Mona Goudarzi arbeitet seit 2010 als Projekt Ingenieurin am IPH und forscht derzeit zum Leichtbau von Windenergieanlagen. Seit November 2011 ist die Maschinenbau Ingenieurin neben acht weiteren Ingenieuren und Naturwissenschaftlern in dem Arbeitsheft „Laternenmond und heiße Ohren“ zu sehen. Das Unterrichtsmaterial wurde von Science on Stage Deutschland e. V. erstellt und wird an Schulen eingesetzt, um Kinder für Naturwissenschaften und Technik zu begeistern. „Laternenmond und heiße Ohren“ soll nicht nur Vorbilder und Wege in naturwissenschaftliche und technische Berufe aufzeigen, sondern zugleich auch die Sprachkompetenz der Grundschüler fördern. Das Unterrichtsmaterial enthält neben Lesegeschichten Arbeitsblätter, Experimente und weiteres Begleitmaterial.



Auf die Projekt Ingenieurin Mona Goudarzi wurde Science on Stage durch einen Beitrag in den VDI Nachrichten aufmerksam. In dem Artikel ging es um die 29-Jährige und ihr Forschungsprojekt zum Leichtbau von Windenergieanlagen. Sowohl das Forschungsthema wie auch die Person weckten das Interesse des gemeinnützigen Vereins. Science on Stage nahm Kontakt zum IPH auf, und Mona Goudarzi bekam die Chance, ihre Geschichte zu erzählen.

## Technikbegeistert von klein auf

---

Für Technik interessierte sich Mona Goudarzi schon als Kind. Gemeinsam mit ihren älteren Brüdern spielte sie mit funkgesteuerten Autos und kleinen, selbstgebastelten Roboter. Mit 16 Jahren zogen Mona Goudarzi und ihre Familie aus dem Iran nach Deutschland. Die junge Frau lernte die deutsche Sprache und entschied sich – wie auch ihre Brüder – für ein ingenieurwissenschaftliches Studium. An der Leibniz Universität Hannover studierte sie Maschinenbau mit den Schwerpunkten Angewandte Informationstechnik und Biomedizintechnik.

Zum Leichtbau und Windenergieanlagen kam die 29-Jährige über ihre Arbeit am IPH. Mitte 2010 stieg sie als Projektingenieurin in das Unternehmen ein. Im Bereich Prozesstechnik beschäftigt sie sich seitdem mit Numerischer Simulation, Leichtbau und der Auslegung von Prozessketten. Ihr Forschungsprojekt „Leichtbau bei XXL-Produkten am Beispiel von gewichtsoptimierten XXL-Turmsegmenten“ ist eines von insgesamt neun Teilprojekten, die sich mit XXL-Produkten auseinandersetzen.

Auch in ihrer Doktorarbeit, an der sie parallel zu ihrer Beratungs- und Forschungstätigkeit arbeitet, wird Mona Goudarzi über die Türme von Windenergieanlagen, neuartige Konstruktionsweisen und Materialkombinationen schreiben. Allerdings sind es bis dahin noch ein paar Schritte – wie auch die Kinder in den Unterrichtsmaterialien lernen: „Bis so ein neues Windrad gebaut werden kann, müssen Mona Goudarzi und ihr Team noch viel forschen und tüfteln“...



 [www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)

 [www.leitu.xxl-produkte.net](http://www.leitu.xxl-produkte.net)

---

## Preise und Auszeichnungen

---

Süße Überraschung: Bahlsen-Werk ist "Fabrik des Jahres" 2011

---

Das Bahlsen-Werk in Barsinghausen wurde 2011 als „Fabrik des Jahres“ ausgezeichnet. An der Entwicklung des aktuellen Gebäudekonzepts waren seit 2007 auch Ingenieure des IPH beteiligt. Punkten konnten die Hannoverschen Keksfabrikanten mit der Wandlungsfähigkeit ihres Produktionsstandorts. Die Jury des Wettbewerbs „Fabrik des Jahres – Global Excellence in Operations (GEO)“ prämierte sie dafür mit dem Preis in der Kategorie „Hervorragende Standortentwicklung“.



Bereits seit über 50 Jahren fertigt das Familienunternehmen Bahlsen am Standort Barsinghausen, gut 30 Kilometer westlich von Hannover, hochwertiges Süßgebäck. Über die Zeit vergrößerte sich der Standort zunehmend. Um immer neuen Anforderungen gerecht zu werden, modernisierte Bahlsen das Werk kontinuierlich. Zur Zeit der Jahrtausendwende wurde dann „lean production“ ein Thema – und die Einführung und Umsetzung einer „schlanken Produktion“ für alle Produktionsstandorte zum erklärten Ziel des Traditionsunternehmens.

Die letzte Erneuerung des Bahlsen-Werks in Barsinghausen begann vor gut drei Jahren. Bei der Erstellung des heutigen – und nun prämierten – Fabrikkonzepts wurde das Familienunternehmen vom IPH und RMA Reichardt Maas Assoziierte Architekten unterstützt. Gemeinsam mit dem Bahlsen Engineering entwickelten die Ingenieure und Architekten ein wandlungsfähiges und logistikgerechtes Fabrikkonzept.

Umgesetzt wurde der Entwurf durch eine gezielte Erweiterung und Veränderung der Gebäudestruktur. Zudem wurden die Anlagen nach einem Modulkonzept neu angeordnet. Als Planungsgrundlage diente den Ingenieuren und Architekten ein vorab erstellter Entwurf einer neuen Fabrik auf der grünen Wiese (Greenfield-Planung).

Bei der Umsetzung der geplanten Neuerungen sahen sich die Fabrikplaner mit einer besonderen Herausforderung konfrontiert: Alle Änderungen mussten bei laufender Produktion erfolgen. Während die Modernisierung ihren Lauf nahm, produzierte Bahlsen weiterhin Süßgebäck wie den Leibniz Butterkeks und Bahlsen ABC Russisch Brot.

Der Wettbewerb „Fabrik des Jahres – Global Excellence in Operations (GEO)“ wird jährlich von der Wirtschaftszeitung Produktion und der Unternehmensberatung A.T. Kearney ausgeschrieben. An der Ausschreibung können alle produzierenden Unternehmen teilnehmen. Der Wettbewerb gilt als Industrie-Benchmark. Neben einem Gesamtsieger und einem Sieger in der Kategorie „Global Excellence in Operations“ werden Platzierungen in sechs weiteren Kategorien vergeben, darunter beispielsweise „Hervorragende Standortentwicklung“ und „Hervorragendes Qualitätsmanagement“.

 [www.produktion.de/fabrik-des-jahres](http://www.produktion.de/fabrik-des-jahres)



---

## Wechsel in der Geschäftsführung

---



Zum 1. Januar 2012 hat Dr.-Ing. Georg Ullmann die Position des koordinierenden Geschäftsführers am IPH übernommen. Der 32-Jährige, der zuvor den Bereich Logistik geleitet hatte, folgt damit auf Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Rouven Nickel, der zum 31.12.2011 aus dem Unternehmen ausgeschieden ist. Gemeinsam mit den drei geschäftsführenden Gesellschaftern – Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens, Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis und Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer – bildet Dr. Georg Ullmann das neue Führungsquartett des IPH.

Wie sein Vorgänger ist auch Dr. Ullmann seit 2007 am IPH tätig. Als Projektingenieur im Bereich Produktionsautomatisierung beschäftigte er sich in Forschungs- und Beratungsprojekten zunächst mit den Themen Lean Production, Service Management und Künstliche Intelligenz in Systemen. Am Beispiel des Werkzeug- und Formenbaus untersuchte Ullmann in seiner Dissertation, wie Produktionssysteme in Unternehmen funktionieren, und entwickelte einen neuartigen Ansatz, um Wissen zu Produktionssystemen in einer Software („Expertensystem“) abzubilden und somit nutzbar zu machen. Seine Promotion hat Ullmann im November 2010 mit summa cum laude abgeschlossen, der bestmöglichen Bewertung einer Doktorarbeit.

Parallel zu seiner Doktorarbeit und der Tätigkeit als Projektingenieur war Ullmann im VDI-Fachausschuss „Ganzheitliche Produktionssysteme“ an der Entwicklung der VDI-Richtlinie 2870 beteiligt. Von Februar bis Dezember 2011 konzentrierte sich der Maschinenbauingenieur in seiner Funktion als Leiter des Bereichs Logistik am IPH auf die Themen Fabrikplanung, Fertigungssteuerung und Produktionsnetzwerke.

„Mit Herrn Dr. Ullmann konnten wir eine – im doppelten Sinne – ausgezeichnete neue Führungskraft für das IPH gewinnen“, begründete Professor Dr.-Ing. Peter Nyhuis, Sprecher der Geschäftsführung, im Januar 2012 die Entscheidung für den promovierten Ingenieur. „Aufgrund seiner Erfahrung in verschiedenen Bereichen der Produktionstechnik ist er der ideale Geschäftsführer für ein interdisziplinär arbeitendes Unternehmen wie das IPH“.

## „XXL-Produkte spielen eine große Rolle in Niedersachsen“

---

Als koordinierender Geschäftsführer folgt Ullmann auf Dr. Rouven Nickel, der seit Februar 2007 als Geschäftsführer am IPH tätig war und sich nun Herausforderungen außerhalb des Unternehmens stellt. Nickel verantwortete unter anderem die Weiterentwicklung der Unternehmensstrategie und den Aufbau des neuen Forschungsschwerpunkts XXL-Produkte. Das IPH ist bislang die einzige Institution, die sich aus wissenschaftlicher Sicht und branchenübergreifend mit großskaligen Produkten wie Windenergieanlagen, Schiffen und Förderanlagen beschäftigt.

Auch Ullmann möchte als Geschäftsführer die Forschung zu XXL-Produkten weiter vorantreiben. „XXL-Produkte spielen in Niedersachsen eine große Rolle“, erläutert der promovierte Ingenieur die Relevanz der großskaligen Produkte für die regionale Wirtschaft. Die Ingenieure des IPH beschäftigen sich seit 2008 mit XXL-Produkten. Untersucht wird der gesamte Lebenszyklus der überdimensionalen Produkte, von der Konzeption und Konstruktion über die Produktion und Nutzung bis zur Entsorgung.



---

## Airbus-Standortleiter verstärkt Beirat

---

Dr.-Ing. Kai Brüggemann, Werk- und Standortleiter von Airbus in Bremen, hat zum 1. Februar 2011 einen Sitz im Beirat des IPH übernommen. Der promovierte Ingenieur folgt damit auf Dr. Rainer Martens, Vorstand der MTU Aero Engines GmbH (Ressort Technik), der 2010 aus dem Gremium ausgeschieden ist.



Mit Dr. Brüggemann konnte das IPH ein Beiratsmitglied mit langjähriger Erfahrung in der Branche Flugzeugbau gewinnen. Nach seinem Maschinenbau-Studium an der Universität Hamburg arbeitete der Ingenieur als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover. Dort übernahm er später die Leitung der Abteilung Massivumformung. Nach seiner Promotion zum Dr.-Ing. wechselte er zu Airbus nach Hamburg, wo er unter anderem die Logistik und die Elektrik des vorderen und hinteren A380-Rumpfabschnitts verantwortete. Von 2007 bis 2008 war Dr. Brüggemann für RUAG Aerospace in der Schweiz tätig. Seit Dezember 2008 leitet er den Airbus-Standort Bremen.

Als Beiratsmitglied des IPH wird der 44-Jährige für wertvolle Impulse im Forschungsschwerpunkt XXL-Produkte sorgen. Neben dem Beiratsvorsitzenden Prof. Dr. Jörg Seume (Dekan der Fakultät für Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover) sowie Dr. Sabine Johannsen (Vorstandsmitglied der NBank GmbH), Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Bach (Leiter des Instituts für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover), Volker Bartels (Geschäftsführer der Sennheiser electronic GmbH & Co. KG) und Dr. Andreas Jäger (Geschäftsführer der Jäger Gummi und Kunststoff GmbH) steht Dr. Brüggemann dem IPH als sechstes Beiratsmitglied fachlich und strategisch beratend zur Seite.

---

# Dissertationen

---

Altmann, D.: Anbahnung von kapazitiven Fremdvergaben zwischen Presswerken. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 04/2011, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2011.



Gärtner, H.: Fehlmengenkosten als Entscheidungsgrundlage zur Bestimmung des Servicegrads von Lager-Artikeln. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 02/2011, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2011.



Müller, S.: Methode zur Auslegung schrumpfungskorrigierter Schmiedewerkzeuge für komplizierte Langteile. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 03/2011, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2011.



Stonis, M.: Mehrdirektionales Schmieden von flachen Aluminiumlangteilen. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 01/2011, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2011.



*Die Dissertationen können über den PZH Verlag bezogen werden.*

 [www.pzh-gmbh.de/pzhgmbh-gb\\_verlag.html](http://www.pzh-gmbh.de/pzhgmbh-gb_verlag.html)

---

## Zahlen und Fakten

---

### Umsatz (in Tausend Euro)

---

gesamt	2.616
Aufträge der Industrie	351
gemeinnützige Forschung	1.816
institutionelle Förderung	449

### Mitarbeiter (Jahresdurchschnitt)

---

gesamt	61
Wissenschaftliches Personal / Berater	27
Mitarbeiter in Verwaltung / EDV / Marketing	6
(studentische) Teilzeitbeschäftigte	28

### Projekte

---

gesamt	49
Aufträge der Industrie	18
gemeinnützige Forschung	31





---

## Ausgewählte Projekte

---

---

# Kombinieren und Gewicht verlieren

## Hybridschmieden vereint Massiv- und Blechumformung

---

*Das am IPH entwickelte Verfahren des Hybridschmiedens ermöglicht die Herstellung von Strukturbauteilen mit Massiv- und Blechelementen aus unterschiedlichen Werkstoffen. In einem einzigen Prozessschritt werden dabei die Elemente umgeformt und gefügt. Für die Gestaltung von Leichtbauteilen in der Umformtechnik eröffnet dies ganz neue Möglichkeiten.*

Die Automotive-Branche stellt heute hohe Anforderungen an metallische Bauteile: Um das Fahrzeuggewicht zu senken und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, müssen die Teile immer leichter werden. Hinzu kommt der – zum Teil konträr klingende – Ruf nach einer hohen Belastbarkeit bei geringem Gewicht. Ein Werkstoff allein kann dies meist nicht leisten. Gefragt sind Kombinationen verschiedener Werkstoffe und ihrer nützlichen Eigenschaften. Hybride Fertigungsverfahren, zum Beispiel das Verbundgießen, schaffen einen Weg, unterschiedliche Werkstoffe einzusetzen. Das Ziel ist dabei stets, den richtigen Werkstoff in der richtigen Menge an der richtigen Stelle zu verwenden.

### Die Vielfalt macht's

---

Mit dem so genannten Hybridschmieden haben Ingenieure des IPH ein neues hybrides Fertigungsverfahren entwickelt, bei dem die Blech- und Massivumformung und ein Fügeprozess zeitgleich stattfinden. Das Spektrum hybrider Bauteile im Bereich der Umformtechnik wird dadurch erheblich erweitert. Hybridgeschmiedete Bauteile können aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen – zum Beispiel Stahl und Aluminium oder Halbzeugen wie einem massiver Rohling und einem Blechabschnitt. Darüber hinaus ermöglicht das neue Verfahren, verschiedene Stahl- und Blechsor ten in einem Bauteil miteinander zu kombinieren. Durch das Hybridschmieden kann ein Bauteil ohne einen zusätzlichen Prozessschritt hergestellt werden, weil die Umformung und Fügung der Blech- und Massivelemente zeitgleich stattfinden. Das Fügen kann dabei mit Hilfe von Formschluss oder Stoffschluss realisiert werden. Mit diesem Verfahren lassen sich neben einer Verkürzung der Prozesskette neuartige Leichtbaukonzepte realisieren: Gering belastete Bereiche eines Schmiedeteils können zum Beispiel durch Blechstrukturen ersetzt, Blechbauteile durch Massivteile verstärkt werden.



Unendliche Möglichkeiten ...

---

Das Spektrum an Bauteilen, die zukünftig durch Hybridschmieden hergestellt werden könnten, scheint unbegrenzt: So können beispielsweise im Bereich der Fahrzeugtechnik massive Fahrwerksteile gefertigt werden, indem Massiv- und Blechelemente kombiniert werden. Aufgrund der Reduzierung der bewegten Massen der Fahrwerkskomponenten sind verbesserte dynamische Eigenschaften möglich. Das Fahrzeuggewicht kann insgesamt gesenkt werden.

Gegenwärtig erforschen die Ingenieure des IPH die Prozessgrundlagen für das neue Fertigungsverfahren Hybridschmieden. Am Beispiel von Verbundstrukturbauteilen werden simulativ Möglichkeiten ermittelt, um die Fügemechanismen beim Hybridschmieden zu untersuchen. Anschließend praktische Versuche sollen die Wechselwirkungen zwischen Massiv- und Blechelement zeigen und die Mechanismen zur Erzielung einer möglichst stoffschlüssigen oder formschlüssigen Verbindung darlegen. Metallische Bauteile könnten dadurch zukünftig erheblich verlieren – nicht nur an Gewicht, sondern auch am Preis.

---

*Das Projekt „Hybridschmieden – Monoprozessuales Fügen und Umformen von Blech- und Massivbauteilen am Beispiel von Verbundstrukturbauteilen“ (NI 1187/5-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Nur so stark wie das schwächste Glied

## Bewertung des logistischen Reifegrads in Produktionsnetzwerken

---

*Die individuelle logistische Leistungsfähigkeit von Unternehmen in Produktionsnetzen bestimmt, wie leistungsstark das gesamte Netzwerk ist. Für „starke“ Netzwerke im Bereich der Herstellung von XXL-Produkten entwickelt das IPH derzeit ein logistisches Reifegradmodell. Es soll vor allem KMU Entwicklungsstände und -potenziale für Unternehmen und Netzwerke aufzeigen.*

Produkte, die typischerweise in Produktionsnetzen hergestellt werden, sind Flugzeuge, Schiffe und andere XXL-Produkte. Das gesamte Produktionsnetzwerk kann dabei nur so stark sein, wie sein schwächstes Glied. Aus diesem Grund ist die Bewertung von Zulieferfirmen von großer Bedeutung für die Hersteller und Zulieferer von großskaligen Produkten. Ein Hersteller von Schiffskabinen ist beispielsweise auf die Belieferung durch Sanitärfirmen angewiesen. Weiß er, wie die logistische Leistungsfähigkeit potenzieller Zulieferer zu bewerten ist, kann er sich basierend auf dem logistischen Reifegrad für einen besonders zuverlässigen oder flexiblen Partner entscheiden – oder in bestehenden Partnerschaften die Leistungen verbessern.

Mit dem Reifegradmodell Fähigkeiten beurteilen ...

---

Vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) nehmen bei der Herstellung von XXL-Produkten oft die Rolle hochspezialisierter Partner ein, beispielsweise für Flugzeugkomponenten. Ist ihre logistische Leistungsfähigkeit gering, kann das gesamte Produktionsnetz ausgebremst werden; der Produktionsstart verzögert sich. Wie aber lassen sich die logistischen Fähigkeiten von Unternehmen Schritt für Schritt verbessern?

Genau daran arbeiten Ingenieure des IPH in einem aktuellen Forschungsprojekt. Sie setzen ein Reifegradmodell ein, das ursprünglich aus dem Qualitätsmanagement stammt. Dieses Modell nutzt Reifegradstufen, um Fähigkeitsniveaus in Bezug auf ein zu erreichendes Ziel zu beschreiben. Als Instrument zum Aufbau und zur Weiterentwicklung von Unternehmen kann das Reifegradmodell dabei helfen, die Fähigkeiten und Entwicklungsstände von Unternehmen und Netzwerkpartnern zu beurteilen. Im Fokus der Beurteilung stehen die Leistungsmerkmale logistische Prozessfähigkeit, Prozesssicherheit und Reaktionsfähigkeit.



... und Entwicklungspotenziale aufzeigen

---

Das Reifegradmodell beinhaltet nicht nur Möglichkeiten zur Bewertung der logistischen Reife von Unternehmen; es kann darüber hinaus auch auf Entwicklungspotenziale hinweisen, die den Aufstieg zur nächsthöheren Reifegradstufe ermöglichen. Die Herausforderung des Forschungsprojekts besteht insbesondere darin, geeignete Kennzahlen zu identifizieren und sie zur Beschreibung der logistischen Schlüssel-dimensionen Prozessfähigkeit, Prozesssicherheit und Reaktionsfähigkeit zusammenzuführen. Die Definition konkreter und klar abzugrenzender Fähigkeitsstufen ist eine weitere Hürde, die die Ingenieure des IPH bei der Entwicklung des Reifegradmodells nehmen müssen. Nur wenn die Fähigkeitsstufen trennscharf festgelegt sind, können Handlungsempfehlungen für jedes Unternehmen individuell abgeleitet werden und so zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Unternehmen in Produktionsnetzen beitragen. Und somit dafür sorgen, dass das gesamte Netzwerk stärker und effizienter wird.

 [www.lorg.xxl-produkte.net](http://www.lorg.xxl-produkte.net)

---

*Das Projekt „Reifegradbasierte Entwicklungsrichtlinien für die Erhöhung der Logistikleistung in Produktionsnetzwerken zur Herstellung von großskaligen Produkten“ wird von dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und dem Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (MW) im Rahmen des Verbundprojekts „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ gefördert.*

---

---

# Agenten auf Logistikmission

## Dezentrale Steuerung von Fahrerlosen Transportsystemen

---

*Bislang sind Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) nur bedingt selbstständig. Aufgaben wie die Vergabe von Transportaufträgen oder die Routenplanung werden von einem zentralen Computer gesteuert. Damit soll nun Schluss sein. Gemeinsam mit dem OFFIS – Institut für Informatik und Partnern aus der Industrie entwickelt das IPH ein dezentrales Steuerungskonzept, das den FTF zu mehr Selbstständigkeit verhelfen soll.*

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind aus dem innerbetrieblichen Materialtransport nicht mehr wegzudenken. Sie kommen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern zum Einsatz, zum Beispiel dem Palettentransport oder der Kommissionierung. Wenn von FTS die Rede ist, denken die meisten Menschen zunächst an ein Fahrerloses Transportfahrzeug. Allerdings muss unterschieden werden zwischen dem FTS als System und den Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) als Teil dieses Systems. Ein FTS besteht aus den einzelnen Transportfahrzeug sowie einer Leitsteuerung, einem Kommunikationssystem, Einrichtungen zur Navigation und stationären und peripheren Einrichtungen.

Die Leitsteuerung ist das Gehirn des ganzen Systems. Hier laufen alle Informationen zusammen, hier werden alle Entscheidungen getroffen. Intelligente Algorithmen erledigen sämtliche Steuerungsaufgaben. Aus einer Flotte von bis zu 100 Fahrzeugen kann die Leitsteuerung ein Fahrzeug für einen Auftrag auswählen und es mit dem Transportgut sicher vom Startpunkt (Quelle) bis zum Ziel (Senke) führen. Eine zentrale Leitsteuerung hat jedoch auch Nachteile: Sie ist wenig flexibel und nicht besonders robust gegenüber Störungen.

FTF denken mit

---

Am IPH wird derzeit die Verwendung einer dezentralen Steuerung untersucht. FTF könnten dadurch zukünftig selbstständiger werden. Aus technischer Sicht bieten dezentrale Systeme eine Reihe von Vorteilen, unter anderem eine höhere Ausfallsicherheit. Durch die Verteilung der Aufgaben erhöht sich zwar die Fehlerwahrscheinlichkeit in den einzelnen Komponenten, das komplette System bleibt aber bei dem Ausfall einer Komponente intakt. Das dezentrale System ist somit robuster als ein zentrales System und hat eine höhere Verfügbarkeit. Weitere Vorteile dezentraler Systeme sind die Skalierbarkeit und eine höhere Flexibilität. Bezogen auf ein FTS heißt das, dass zum Beispiel weitere FTF ohne einen Eingriff in die Leitsteuerung in das System integriert werden können.



Realisieren lassen sich dezentrale Systeme durch Multiagentensysteme. Als Agenten bieten sich alle Komponenten des FTS an, die miteinander interagieren und selbstständig Entscheidungen treffen können. Dazu gehören zum Beispiel die einzelnen Fahrzeuge. Die Interaktion zwischen den Fahrzeugen ist äußerst vielfältig: Sie teilen einander ihre Positionen und Geschwindigkeiten mit oder tauschen sich über Störungen auf der Strecke aus. Ein FTF-Agent hat daher viele Aufgaben, die auch an weitere Agenten verteilt werden können. So könnte ein Auftragsagent mit den Übergabestationen und anderen FTF Verhandlungen über die Transportaufträge führen. Ein Routenplanungsagent könnte die Route von der Quelle bis zur Senke planen und ein Konfliktmanager-Agent für einen reibungslosen Ablauf eines Transportauftrags sorgen.

Für die Verwaltung der Agenten ist eine Ausführungsumgebung erforderlich, die so genannte Agentenplattform. Sie sorgt zum Beispiel für das Starten und Beenden der Agenten und für die Kommunikation zwischen ihnen. Diese Koordination erfolgt normalerweise auf einem zentralen Rechner. Das IPH untersucht in seinem Projekt, inwiefern die Agentenplattform auch auf die „physischen“ Agenten (beispielsweise das FTF) aufgeteilt werden kann. Die „(Forschungs-)Mission“ mit dem Ziel einer konsequent dezentralen Steuerung der FTS läuft noch bis 2013.

 [www.fts-selbststeuerung.de](http://www.fts-selbststeuerung.de)

---

*Das IGF-Vorhaben „Dezentrale, agentenbasierte Selbststeuerung von Fahrerlosen Transportsystemen“ (17237 N) der Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Günstige Formgebung

## Beratung bei der Auswahl eines Zulieferers

---

*Ein Unternehmen aus der Automobilbranche haben die Ingenieure des IPH bei der Auswahl eines geeigneten Fertigungsverfahrens für ein Bauteil beraten. Neben der gesamten Prozesskette wurde vor allem die Herstellung des Bauteils durch Umformung geprüft. Auch bei der Wahl der richtigen Partner, die den Auftraggeber mit entsprechenden Schmiedeteilen beliefern können, unterstützte das IPH.*

Als kompetenter Partner entwickelt das IPH seit seiner Gründung im Jahr 1988 neue Werkzeugtechnologien zum ressourcenschonenden und wirtschaftlichen Schmieden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei seit jeher auf einer Verringerung der erforderlichen Umformschritte. Zudem spielt die Reduzierung beziehungsweise Vermeidung von Grat (Materialüberschuss) – und somit die Erhöhung der Materialeffizienz – eine wichtige Rolle. Denn wenn weniger Material beim Schmieden zum Einsatz kommt, sinken auch die Kosten.

---

### Das richtige Fertigungsverfahren finden

---

Für einen Kunden aus der Automobilbranche untersuchte das IPH im vergangenen Jahr ein Bauteil, das in sehr hoher Stückzahl gefertigt wird. Inwiefern die gratarme umformende Herstellung wirtschaftlich von Vorteil sein kann, war die zentrale Fragestellung des Projekts. Materialeinsparungen, aber auch die Herstellung einbaufertiger Funktionsflächen durch die Umformung eines endkontunahen Bauteils bieten enorme Einsparpotenziale für produzierende Unternehmen. Die Ingenieure des IPH erarbeiteten verschiedene Vorschläge zur seriellen Herstellung und bezogen dabei auch unkonventionelle Lösungswege mit ein. Die oberste Prämisse: Den Prozess zu finden, der insgesamt betrachtet die geringsten Herstellkosten verursacht.

---

### Probleme erkannt, Probleme gebannt – durch Simulation

---

Für die unterschiedlichen Prozessvarianten erstellte das IPH Umformsimulationen, in denen die Umsetzbarkeit geprüft wurde. Durch Simulationen können eventuell auftretende Probleme – zum Beispiel eine unzureichende Formfüllung oder zu hohe Spannungen – frühzeitig erkannt und durch geeignete Maßnahmen behoben werden.



Erfolg versprechende Ideen konnten dadurch ausreifen, weniger geeignete Varianten zeitnah aussortiert werden. Daneben wurden in dem Beratungsprojekt auch die Prozesse der Rohteilherstellung und die nachgelagerten spanenden Bearbeitungsschritte bis zum Fertigteil betrachtet – stets in enger Absprache mit und nach den Wünschen und Fertigungsmöglichkeiten des Kunden. Da das Bauteil in sehr hohen Stückzahlen gefertigt werden soll, hatte die Umsetzbarkeit der entwickelten Prozessideen in einem Serienprozess höchste Priorität.

Aufgrund seiner langjährigen Erfahrung hat das IPH einen umfangreichen Überblick über die deutsche Schmiedeindustrie. Mit den entwickelten Ideen im Gepäck haben sich die Ingenieure auf die Suche nach Schmiedeunternehmen gemacht, die die geforderten Fertigungskompetenzen mitbringen und den Auftraggeber beliefern können. In intensiven Diskussionen wurde mit jedem der ausgewählten Schmiedeunternehmen eine Prozessidee entwickelt, die für den Auftraggeber und den potenziellen Zulieferer die kostengünstigste Fertigung des Bauteils ermöglicht.

Am Ende des Beratungsprojekts erhielt der Auftraggeber unter anderem eine Auswahl an geeigneten Zulieferunternehmen. Neben technologischen Prämissen wurden dabei die ökonomischen Aspekte in einem frühen Stadium der Prozesskettenentwicklung betrachtet. Der Kunde erhielt konkrete, vergleichbare Angebote von den verschiedenen Anbietern. Den Schmiederohling, der für das zu fertigende Bauteil benötigt wird, kann er nun kostengünstig einkaufen.

---

# Wenn der Betrieb aus den Nähten platzt

## Beratung zur Investition in Betriebsflächenerweiterungen

---

*Wenn im Unternehmen zur Sicherung der Konkurrenzfähigkeit Veränderungen erforderlich werden, sind Investitionen meist unvermeidbar. Die Entscheidung für eine der Investitionsalternativen fällt da nicht immer leicht. Ein metallverarbeitendes Unternehmen, das sehr große Produkte lagert und bearbeitet, setzte bei seiner Investitionsentscheidung auf die Unterstützung des IPH.*

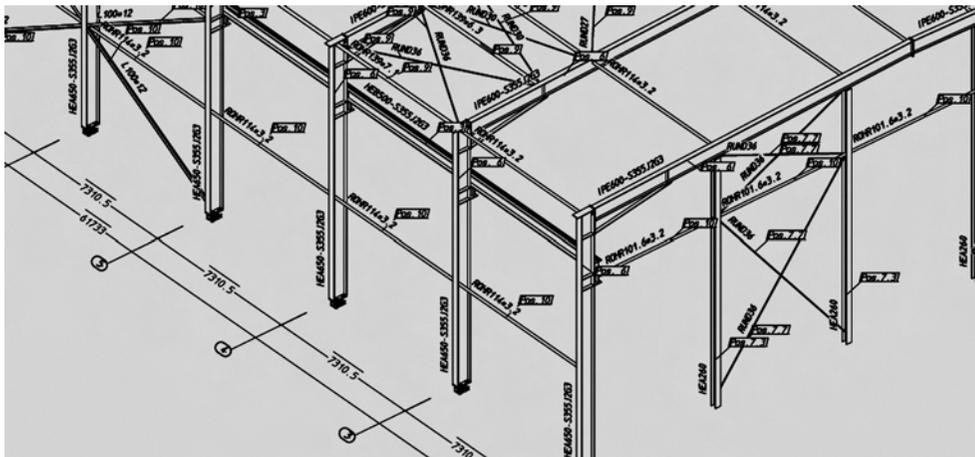
Unternehmen mit langer Firmengeschichte haben meist eines gemeinsam: Mit der Firma ist über die Jahre auch der Standort gewachsen. Die Gebäudestrukturen sind inhomogen, die Materialflüsse unübersichtlich. Spätestens wenn das Geschäft brummt und der vorhandene Platz nicht mehr ausreicht, sind wichtige Investitionsentscheidungen zu treffen. Dann ist es an der Zeit, bestehende Gebäude und Flächen zu modernisieren oder komplett neu zu bauen. Mitunter werden auch Teile des Lagers beziehungsweise der Produktion ausgegliedert und an einen anderen Standort verlagert.

Ähnlich erging es auch einem mittelständischen metallverarbeitenden Unternehmen. Der Betrieb führt seit über hundert Jahren Lohn- und Vollgeschäfte für unterschiedliche Branchen durch und bearbeitet zum Beispiel Stahlzuschnitte für die Luftfahrtindustrie. Das Unternehmen sah sich mit unüberwindbaren Platzproblemen konfrontiert. Aufgrund der historisch gewachsenen Fabrikstruktur und trotz mehrfacher Ausbaustufen des bestehenden Standorts reichten die Flächen für Lager, Produktion, Büros und Parkplätze nicht mehr aus.

### Drum plane, wer zu wenig Platz hat

---

Unterstützung bei der Entscheidung, welche Investitionen sinnvoll sind, fand der Mittelständler beim IPH. Im Rahmen eines Beratungsprojekts prüften die Ingenieure aus Hannover fünf verschiedene Handlungsoptionen. Denkbar war zum einen die intensivere Nutzung aktuell vorhandener Betriebsflächen. Ebenfalls in Fragen kamen die Nutzung direkt am Grundstück angrenzender Flächen und der Zukauf eines weiteren Geländes auf der gegenüberliegenden Straßenseite. Nicht zuletzt stand die Ausgliederung eines Teils des Lagers an einen anderen Standort zur Debatte. Das erklärte Ziel des Projekts war die Auswahl der effizientesten Alternative – sowohl im Hinblick auf den Aufwand (zum Beispiel für Investitionen in neue Grundstücksflächen) wie auch den Nutzen (zum Beispiel durch kurze Transportwege).



Für die fünf Handlungsoptionen wurden in dem Projekt Fabriklayouts erstellt, die anschließend nutzwertanalytisch bewertet wurden. Unternehmensindividuelle Anforderungen fanden dabei Berücksichtigung. Als Auftragsfertiger muss das Unternehmen zum Beispiel sehr flexibel sein hinsichtlich der zu erbringenden Dienstleistung und der zu verwendenden Ressourcen. Daraus ergibt sich unter anderem, dass die zu planenden Flächen vielseitig nutzbar sein müssen. Aus den wechselnden Kundenprojekten ergeben sich zudem hohe Anforderungen an die Kommunikationsfähigkeit. Die Leistungserbringung des Unternehmens erfolgt im Netzwerk, daher war die Einbindung qualifizierter Zulieferer zu beachten.

#### Transparenz in der Bewertung

---

Besonderes Augenmerk legten die Ingenieure des IPH auf Transparenz bei der Bewertung. Für alle beteiligten Personen sollten die verschiedenen Kriterien und deren individuelle Bewertung für oder wider die herausgearbeiteten Investitionsalternativen nachvollziehbar sein. Denn eine Entscheidung kann im Unternehmen letztendlich nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn alle Beteiligten dahinter stehen. Mit der breiten Zustimmung im Rücken ist auch der Mittelständler gut beraten.

---

*Ein weiteres Erfolgsprojekt: Der Bahlsen-Standort Barsinghausen. Welchen Beitrag das IPH zur Auszeichnung des Werks als "Fabrik des Jahres" geleistet hat, lesen Sie auf den Seiten 22/23.*

---

*Weiterbildungsangebot für Fach- und Führungskräfte: Das "Praxisseminar Fabrikplanung".*

 [www.iph-praxisseminare.de](http://www.iph-praxisseminare.de)

---

# Guter Service leicht gemacht

## Einführung der semantischen Suche bei einem Mittelständler

---

*Bei der Grafix GmbH, einem der weltweit führenden Hersteller von Peripheriegeräten für die Druckindustrie, spielt der Service eine wichtige Rolle – und wird mehr und mehr zum Differenzierungsmerkmal im Wettbewerb. Mit Hilfe der semantischen Suche der Software SemanticHelpline soll die Service-Abteilung bereits bearbeitete Fälle noch schneller finden und so Lösungen effizient auf neue Probleme übertragen.*

Wenn die Maschinen eines Unternehmens streiken, wendet sich die betroffene Firma an die Service-Hotline des Maschinenherstellers. Der Service-Mitarbeiter versucht dann im Dialog mit dem Kunden die Fehlerursache zu ermitteln und notwendige Maßnahmen zur Fehlerbehebung einzuleiten. Das persönliche Erfahrungswissen des Mitarbeiters kann dabei ein geeignetes Wissensmanagementsystem sinnvoll ergänzen. Kann der Hotline-Mitarbeiter bereits am Telefon die Fehlerbehebung anstoßen, erübrigt sich der Einsatz eines Service-Technikers vor Ort. Für den Kunden bedeutet das: weniger Ausfallzeiten und Kosten bei einer hohen Verfügbarkeit der Maschinen. Auch für den Maschinenhersteller verringern sich durch die schnelle Hilfe am Telefon die Service-Kosten, während zugleich die Zufriedenheit seiner Kunden steigt.

Mit anderen Worten das Gleiche sagen

---

Um den Service im Unternehmen effizienter zu gestalten, setzt der Mittelständler Grafix GmbH auf die vom IPH entwickelte semantische Suche der Software SemanticHelpline. Den Kern des Systems zur Unterstützung der Service-Prozesse bilden ein Wissensspeicher, in dem erfolgreich bearbeitete Service-Fälle abgelegt werden, und eine neuartige Suchfunktion. Mit Hilfe der semantischen Suche kann ein Service-Mitarbeiter ähnliche Service-Fälle finden, die ihn bei der Fehlerbehebung des aktuellen Falls unterstützen. Im Gegensatz zu konventionellen Suchverfahren muss nicht der exakte Suchbegriff eingegeben werden, da die Suche auf Basis des Bedeutungsinhaltes und nicht der Schreibweise erfolgt. So werden auch Service-Fälle gefunden, die ähnliche Worte oder Synonyme enthalten. Sucht der Service-Mitarbeiter beispielsweise nach „Motor defekt“, würden folglich auch Dokumente ausgegeben, in denen von „kaputten Antrieben“ die Rede ist.



### Effizienter Service durch spezifische Anpassungen

---

Nach dem Service-Fall ist vor dem Service-Fall: Erfolgreich abgeschlossene Service-Fälle werden mit SemanticHelpline systematisch abgespeichert und erweitern so kontinuierlich die Wissensbasis des Systems. Auf diese Weise wird ein immer umfangreiches System zur schnellen und effektiven Service-Fallbearbeitung aufgebaut.

Da die Grafix GmbH zuvor bereits ein System zur Erfassung und Speicherung der Service-Fälle nutzte, wurde die semantische Suche mit der vorhandenen Anwendung verknüpft. Die Mitarbeiter können somit das ihnen vertraute System weiterhin nutzen, profitieren aber von den Vorteilen der semantischen Suche. Sie können nun systematisch in den dokumentierten Service-Fällen suchen. Die semantische Suche ermöglicht ihnen unterschiedliche Sucheinstellungen, die genau auf die Bedürfnisse und Anforderungen des jeweiligen Mitarbeiters und den vorliegenden Service-Fall angepasst werden können. Neben der semantischen Suche ist auch eine konventionelle Schlagwortsuche oder eine Teilwortsuche möglich. Dank der semantischen Suche kann die Grafix GmbH ihre Service-Zeiten verkürzen und somit die Zufriedenheit ihrer Kunden erhöhen. Dadurch wird guter Service leicht gemacht.

---

# Walzen für jedermann

## IPH und LASCO Umformtechnik entwickeln Querkeilwalzen

---

*Bei Motor- und Fahrwerkskomponenten in Kraftfahrzeugen kommen hoch belastbare, geschmiedete Bauteile zum Einsatz. Das Querkeilwalzen ist eine materialeffiziente Technologie zur Vorformung dieser Bauteile. Durch eine gemeinsame Entwicklung des IPH mit dem Anlagenhersteller LASCO Umformtechnik GmbH wird dieses Verfahren nun auch für Kleinserien wirtschaftlich.*

Querkeilwalzen ist ein etabliertes Verfahren in der Schmiedeindustrie, um unter hoher Materialausnutzung zylindrische Vorformen zu erzeugen. Ein Vorteil des Querkeilwalzens ist die Herstellung gratloser Vorformen ganz ohne Kühlschmierstoffe. Die Ingenieure des IPH untersuchen mit einfachen Mitteln die Möglichkeiten und Herausforderungen des Querkeilwalzens und haben dazu ein Querkeilwalzwerkzeug in Flachbackenbauart entwickelt.

---

### Aus rund wird flach

---

Beim Querkeilwalzen erfolgt die Umformung des Rohlings zwischen zwei Keilen, die tangential zum Werkstück laufen. Mit diesem Verfahren können kegelförmige Wellen gefertigt werden. Handelsübliche Anlagen zum Querkeilwalzen sind heute in Rundbackenbauart konstruiert und bestehen aus zwei oder drei Walzen, auf denen das keilförmige Werkzeug gespannt ist.

Diese Anlagen sind sehr aufwändig in der Konstruktion und Herstellung und somit relativ teuer. Die Ingenieure des IPH haben die Variante der Flachbackenbauform neu entdeckt und ein einfaches aber sehr robustes Werkzeugsystem entwickelt. Diese Bauform ist – im Gegensatz zu einer gekrümmten Walze – durch einen flachen und somit konstruktiv und fertigungstechnisch einfacheren Aufbau gekennzeichnet; die Auslegungsparameter sind jedoch gleich.

Mit wenig Aufwand und daher kostengünstig erlaubt das entwickelte Werkzeugsystem die praktische Untersuchung möglicher Einflüsse auf das Umformergebnis: Geprüft wird, welche Rolle unterschiedliche Werkstück- und Werkzeugtemperaturen spielen und wie die Werkzeuggeometrien und Walzgeschwindigkeiten die Umformung beeinflussen. Die Ergebnisse der praktischen Walzversuche liefern Erkenntnisse zur bedarfsgerechten Gestaltung von Walzkeilgeometrien, zur Parametrisierung von Umformgeschwindigkeiten und zu den Werkzeugtemperaturen beim Querkeilwalzen.



Weil der Preis der neu entwickelten Anlage gering ist, ist das neue Werkzeugsystem auch für Kleinserien rentabel. Zudem erlaubt es eine einfache Werkzeugauslegung und eine kostengünstige Werkzeugfertigung. Der modulare Aufbau ermöglicht einen einfachen Austausch der Flachbacken. Aufgrund der einfachen Bauart gehören lange Rüstzeiten damit der Vergangenheit an.

Gemeinsam walzt es sich besser

---

Zusammen mit der LASCO Umformtechnik GmbH aus Coburg entwickelt das IPH das neuartige Werkzeugsystem nun weiter. Angeboten wird das System in zwei Varianten: Die Modulbauweise erlaubt den Einbau in eine hydraulische Presse. Alternativ ist eine eigenständige Vorrichtung möglich. Eine passende Rahmenkonstruktion mit entsprechender Steuerungstechnik hat LASCO entwickelt.

Die Größen der Werkzeugsysteme sind variabel und vom Teilespektrum abhängig. Das IPH legt die Werkzeugsysteme individuell entsprechend der Bauteile des Kunden aus. Zudem simulieren die Ingenieure aus Hannover die Walzprozesse und – bei Bedarf – auch die weiteren Stadienfolgen. Die Auslegung und Konstruktion der Keilwerkzeuge sind ebenfalls Bestandteile des Gesamtangebots.

Das neue Werkzeugsystem ist als Pilotanlage im IPH vorhanden und kann beispielsweise für experimentelle Studien zur Qualifizierung neuer Werkstoffe oder Geometrien genutzt werden. In Zukunft ist das Querkeilwalzen somit für jedermann nutzbar.

---

# Einkauf mit Finesse

## Restrukturierung des Einkaufs eines Maschinen- und Anlagenbauers

---

*Der Einkauf leistet einen wesentlichen Beitrag zum Unternehmenserfolg. Nur wer Märkte kennt und einen guten Draht zu Lieferanten hat, kann Material pünktlich und günstig beschaffen. Gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen verhindern gewachsene Strukturen oft, dass der Einkauf seine Aufgabe effizient erfüllen kann. Das IPH unterstützt mit frischen Ideen und neuen Konzepten.*

Was haben der Maschinen- und Anlagenbau und ein gelungenes Festessen gemeinsam? Die Zutaten für ein Festmahl sind vielfältig, und sie sollen möglichst preisgünstig, von hoher Qualität und zur rechten Zeit verfügbar sein. Im Maschinen- und Anlagenbau ist das ganz ähnlich. Zahlreiche Kaufteile gehen in ein Produkt ein. Und auch hier sind Preis, Qualität und Verfügbarkeit das A und O.

### Einheitsbrei bei KMU

---

Einen großen Unterschied gibt es allerdings: Für die Beschaffung im Maschinen- und Anlagenbau ist oft Spezialwissen erforderlich. Nur wer sich mit den verschiedenen Warengruppen auskennt, kann die besten Artikel zu einem guten Preis und zur richtigen Zeit beschaffen. Generalisten haben es da schwer, da sie die Fülle des Marktes nicht überblicken können. Genau dies ist im Einkauf bei vielen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) ein Problem: Bei ihnen sorgen gewachsene Strukturen dafür, dass im Einkauf alle Mitarbeiter alles beschaffen. Der Ausbau von wertvollem Beschaffungsmarktwissen und das Erreichen minimaler Preise werden dadurch verhindert. Wie bei einem Festmahl kommt – im übertragenen Sinne – das Gericht zwar rechtzeitig auf den Tisch; es ist aber häufig teurer als erwartet und die nötige Würze fehlt. Die Kunst besteht darin, den Spagat zwischen der Expertise für die einzelnen Zutaten und einem geringen Abstimmungsaufwand während des Einkaufs zu erreichen.

Vor genau dieser Herausforderung stand auch ein Kunde des IPH. In dem aus drei Sparten bestehenden Unternehmen beschaffte jeder Bereich seinen eigenen Bedarf. Expertenwissen für bestimmte Warengruppen war zwar vorhanden, wurde aber selten genutzt. Fehlende Zuständigkeiten erschwerten die Bündelung von Bedarfen zur Erzielung guter Preise und den Aufbau von umfangreichem Beschaffungsmarktwissen. Die Ingenieure des IPH konnten hier mit frischen Ideen zu Hilfe kommen.



Für den Auftraggeber wurde ein Konzept zur Reorganisation des Einkaufs erarbeitet. Dabei wurde nicht nur darauf geachtet, wer aktuell welche Tätigkeiten im Einkauf ausübt und wie der Beschaffungs- und Angebotsprozess gestaltet ist. Auch die speziellen Anforderungen des Maschinen- und Anlagenbauers in seiner Rolle als Auftragsfertiger wurden berücksichtigt. Gemeinsam mit dem Kunden entwickelten die Ingenieure auf dieser Basis geeignete Organisationskonzepte und Prozesse für den Einkauf.

#### Das richtige Rezept für den Einkauf

---

Um eine Organisation mit umfangreichem Beschaffungswissen zu schaffen, wurde ein Konzept mit direkten Ansprechpartnern für einzelne Produktgruppen des Unternehmens sowie Managern für strategische Warengruppen ausgewählt und umgesetzt. Muss der Maschinen- und Anlagenbauer zukünftig in einem Bereich ein Produkt für einen Kunden herstellen, so schreibt der direkte Ansprechpartner des Unternehmensbereichs eine Bedarfsliste. Nach Warengruppen aufgeteilt wird sie dann an die Warengruppen-Manager weitergeleitet. Diese wiederum beschaffen in der richtigen Zeit die besten Artikel zum besten Preis. Standardzutaten können die direkten Ansprechpartner eines Bereichs zentral besorgen lassen. So geht alles schnell und schmeckt trotz günstiger Preise genau richtig.

---

# So funktioniert Angebotsplanung

## Funktionsbasierte Angebotsplanung von komplexen Unikatprodukten

---

*Wenn Hersteller von Werkzeugen und Formen Preisangebote erstellen, schätzen sie zunächst den Aufwand der Baugruppen ab. Die bislang eingesetzten Methoden zur Preisbildung sind aufwändig und fehlerhaft. Am IPH wird derzeit eine neue Methode entwickelt, die die Angebotskalkulation vereinfacht – auf Basis von Werkzeugfunktionen und in Kombination mit einer Ähnlichkeitssuche.*

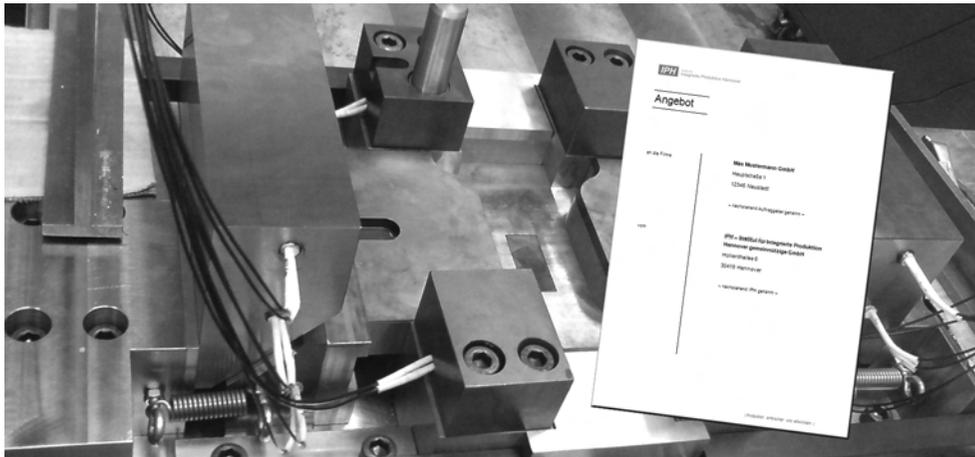
Exakte Kostenabschätzungen in der Angebotsplanung sind bei Werkzeugen und Formen immer schwierig, meist zeitaufwändig und nicht selten fehlerhaft. Was für den Werkzeughersteller ein Fluch ist, kann für den Serienproduzenten ein Segen sein. Aus seiner Sicht ist die Anfrage neuer Werkzeuge und Vorrichtungen bei unterschiedlichen Werkzeugherstellern wirtschaftlich durchaus sinnvoll. Aufgrund der geringen Beauftragungswahrscheinlichkeit von etwa 5 % wird der Hersteller das Angebot mit möglichst wenig Aufwand erstellen. Kalkuliert er dabei zu viel, verringern die hohen Angebotspreise seine Chancen auf eine Beauftragung; zu günstige Angebote hingegen freuen zwar den Serienproduzenten, können aber von dem Werkzeughersteller nicht kostendeckend bearbeitet werden.

### Funktionen im Blick

---

Bei der Erstellung von Angeboten denken die Angebotsplaner von Werkzeugen und Formen primär funktionsbasiert. Sie behalten also vor allem die späteren Funktionen der Werkzeuge und Formen im Auge – bei einem Spritzgießwerkzeug beispielsweise „Form abbilden“ oder „Bewegung übertragen“. Während der Berechnung verwenden sie Informationen aus alten Angeboten als Grundlage für ihre Werkzeugkalkulation. Indem sich die Planer während der Kalkulation die geforderten Funktionen eines Werkzeuges veranschaulichen, leiten sie die Einzelteile und Baugruppen ab. Über die Ausführung der benötigten Werkzeugeinzelteile und -baugruppen werden anschließend die Materialien und der Herstelleraufwand für das Werkzeug abgeschätzt.

Die Ingenieure des IPH arbeiten derzeit an einer ähnlichkeitsbasierten Angebotsplanung. Dieser neue Lösungsansatz nutzt das in einem Unternehmen vorhandene Wissen, das in Form von Erfahrungen aus abgeschlossenen Aufträgen existiert.



Die neue Methode umfasst eine Ähnlichkeitsbestimmung von Werkzeugen und von Werkzeugkomponenten aus einer Datenbank, in der die bereits produzierten Werkzeuge und die tatsächlich entstandenen Kosten und Herstellzeiten nach Funktionen klassifiziert sind. Dieses strukturierte Wissen wird zielgerichtet für die Kalkulation neuer Werkzeuge genutzt. Aufgrund der funktionsbasierten Ähnlichkeit wird die Angebotsplanung somit wesentlich präziser.

#### Merkmale gewinnen an Gewicht

---

Für die Bestimmung der Herstellkosten und -zeiten mit dem funktionsbasierten Ansatz werden beschreibende, kostenbestimmende Merkmale benutzt. Beispiele sind die Anzahl der Auswerferstifte oder die der Kavitäten. Über die Gewichtung dieser Merkmale wird in der fertigungsbasierten Betrachtungsweise bestimmt, wie groß der Herstellaufwand einer Werkzeugfunktion ist. Beschrieben wird die Bedeutung einer Werkzeugfunktion durch die Definition des Anteils einer einzelnen Funktion am Herstellaufwand des Werkzeugs relativ zu anderen vorhandenen Funktionen. Dieser Wert wird wiederum durch die möglichen gewichteten Merkmale einer Funktion definiert. Daraus lässt sich dann der Herstellaufwand von Werkzeugfunktionen ableiten.

Die neu entwickelte Methode steht Herstellern von Werkzeugen und Formen in Form eines Software-Demonstrators zur Verfügung. Er kann kostenlos beim IPH angefordert werden.

---

*Das Projekt „Funktionsbasierte Angebotsplanung von komplexen Unikatprodukten“ (OV 36/8-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Leichtbau, innen hart und außen weich

## Entkonturnahe Umformung von Aluminium-Metall-Matrix-Composites

---

*Hoch belastete Bauteile müssen heute im Hinblick auf Steifigkeit, Gewicht und Verschleißresistenz hohe technische Anforderungen erfüllen. Herkömmliche Leichtbau-Konstruktionswerkstoffe können da (meist) nicht mehr mithalten. Um den erhöhten Anforderungen nachzukommen, erforschen Ingenieure des IPH das gratlose Schmieden von Aluminium-Metall-Matrix-Werkstoffverbänden, zu englisch „Metal-Matrix Composites“ (MMC).*

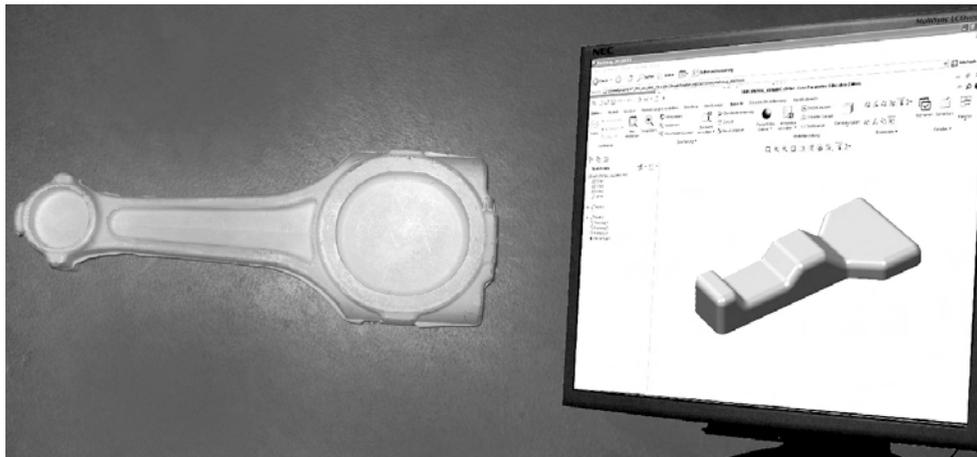
Werkstoffverbände mit metallischer Matrix und keramischer Verstärkung weisen, im Vergleich zu herkömmlichen Aluminiumwerkstoffen, eine höhere Festigkeit bei gleicher Masse auf. Mit solchen Verbänden können Leichtbauteile realisiert werden, die thermisch und auch mechanisch hoch belastbar sind. Typischerweise werden heute Matrix-Werkstoffe wie Aluminium- und Magnesiumlegierungen verwendet. Durch eine Verstärkungsphase, in der Regel aus Keramik, erhalten sie verbesserte Eigenschaften.

Erste Untersuchungen in den USA haben gezeigt, dass MMC aus Aluminium prinzipiell umformbar sind. Die besten Umformeigenschaften zeigten dabei MMC, die durch das urformende Fertigungsverfahren Sprühkompaktieren hergestellt wurden. Der Grund dafür ist, dass die so gefertigten Metal-Matrix-Composites ein sehr homogenes, feinkörniges Gefüge aufweisen. Das gratlose Präzisionsschmieden von MMC ist bislang noch nicht wissenschaftlich untersucht. Inwiefern die Keramikpartikel der MMC einen Verschleiß der Umformgesenke verursachen, ist ebenfalls noch unklar.

### Simulieren und experimentieren

---

Die Ingenieure des IPH möchten das ändern und erforschen daher das gratlose Schmieden von Aluminium-Metall-Matrix-Werkstoffverbänden. Dazu prüfen sie zunächst unterschiedliche Aluminium-MMC-Werkstoffe auf ihre Eignung für den Präzisionsschmiedeprozess; im Fokus stehen dabei das Umformvermögen und der Temperaturbereich. Die ermittelten Eigenschaften werden anschließend in ein Simulationsmodell überführt, das mit Hilfe der ermittelten Materialkennwerte den gratlosen Präzisionsschmiedeprozess abbildet. Das Augenmerk der Ingenieure liegt dabei auf der Charakterisierung des Fließ- und Formfüllungsverhaltens, dem Verschleißverhalten und der Erreichung einer fehlerfreien Stadienfolge.



---

### Weniger Aufwand bei höherer Festigkeit

---

Durch das Schmieden von Kleinserien auf einer hydraulischen Presse wird das Simulationsmodell validiert. So können die Werkstoffvorteile von MMC identifiziert und geprüft werden. Mit einem Verschleißmodell möchten die Ingenieure zudem herausfinden, wie wirtschaftlich das Verfahren ist. Dazu werden die Vorteile, zum Beispiel die Festigkeitssteigerung der Bauteile, den Nachteilen – denkbar ist zum Beispiel ein höherer Gesenkverschleiß – gegenübergestellt.

Das gratlose Präzisionsschmieden ermöglicht eine Reduzierung des Zerspanaufwandes nach dem Schmieden, da nur bestimmte Funktionsflächen mit minimalen Zerspanvolumina nachbearbeitet werden müssen. Zusätzlich werden die Materialdefekte, die bei Aluminium-MMC durch den Zerspanprozess entstehen, reduziert. Das Ergebnis: Eine höhere Festigkeit der Bauteile.

Die Ingenieure werden in ihrem Forschungsprojekt die positiven Eigenschaften von MMC und die des gratlosen Schmiedens verbinden. Auf Basis der Projektergebnisse erarbeiten sie einen Anwenderleitfaden für das gratlose Präzisionsschmieden von Bauteilen aus Aluminium-MMC. Unternehmen aus der Industrie können damit unmittelbar von den Forschungsergebnissen profitieren. Bereits in naher Zukunft sollen so endkonturnahe Bauteile für den Leichtbau hergestellt werden können, die zwar fest sind wie Stahl, aber wesentlich weniger Gewicht aufweisen und zudem kaum nachgearbeitet werden müssen.

---

*Das Projekt „Gratloses Schmieden von Metall-Matrix-Kompositen auf Aluminiumbasis“ (NI 1187/9-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Effizientes Zusammenspiel

## Gestaltung von Produktionsnetzwerken für XXL-Produkte

---

*Mit wenigen Klicks die besten Zulieferer und den optimalen Produktionsstandort finden? Ingenieure des IPH erforschen, wie sich Lieferketten von XXL-Produkten am besten gestalten lassen. Entwickelt werden soll ein Software-Tool, das Hersteller von großskaligen Produkten bei dem Aufbau ihres Produktionsnetzwerks unterstützt – und die Netze effizienter macht.*

Aufgrund der geringen Fertigungstiefe von XXL-Produkten ist die Gestaltung der Lieferketten für großskalige Produkte wie Windenergie- und Industrieanlagen oder Flugzeugteile eine komplexe Angelegenheit. Denn die großskaligen Produkte bestehen oft aus vielen Einzelteilen und werden meist als Unikat oder in Kleinserie gefertigt. Weil an der Herstellung jedes XXL-Produkts ein ganzes Netzwerk von Unternehmen beteiligt ist, sind die Produktionsplanung und -steuerung mit sehr viel Abstimmungsaufwand verbunden.

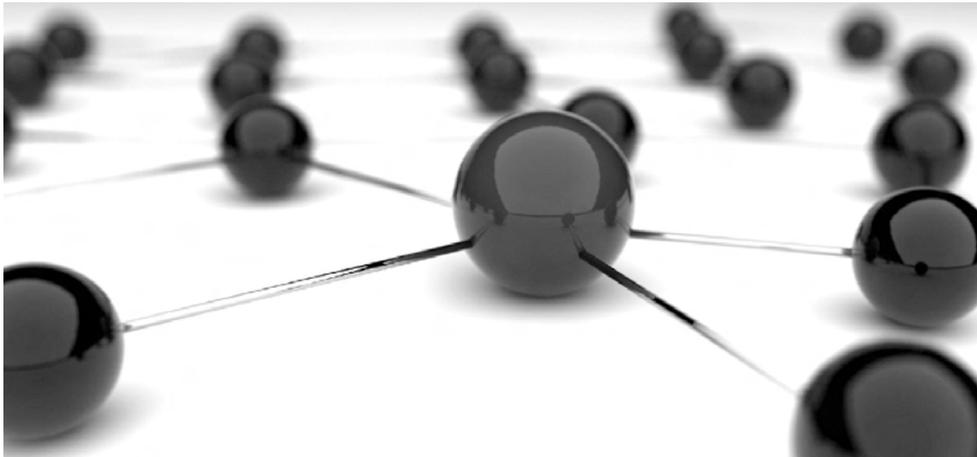
Im Markt der XXL-Produkte zählen vor allem kurze Lieferzeiten und ein guter Preis. Nicht nur die Herstellkosten nehmen einen großen Anteil am Produktpreis ein. Auch die Logistikkosten, die über die gesamte Lieferkette entstehen, beispielsweise für die Lagerung und Handhabung, den Transport und die Endmontage, sind durch die großen Produktabmaße und die hohe Teilekomplexität sehr hoch.

### Bewährte Methoden am Limit

---

Welches Unternehmen in einem Produktionsnetzwerk an welchem Standort bestimmte Teile eines Produkts produziert und welche Kapazitäten in Produktion, Lager sowie Transport hierfür erforderlich sind, beantwortet das Supply Chain Design. Bei Produktionsnetzwerken für XXL-Produkte stoßen konventionelle Methoden jedoch an ihre Grenzen.

Am IPH beschäftigen sich Ingenieure erstmals damit, wie die Produktionsnetzwerke von XXL-Produkten gestaltet werden sollten. Der Fokus liegt dabei auf den speziellen Anforderungen der großskaligen Produkte an die Produktionsumgebung, auf den Randbedingungen der Standortentscheidung und auf den Herausforderungen des Bauteiltransports nach der Fertigstellung. In dem Forschungsprojekt wird untersucht, welche Faktoren einen maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung der Lieferkette



haben. Anschließend werden Grundmodelle der Lieferketten von XXL-Produkten erstellt und hinsichtlich der Logistikleistung und der Logistikkosten bewertet. Die Ingenieure des IPH entwickeln zudem ein Software-Tool, das Hersteller von XXL-Produkten zukünftig bei der Planung der Lieferkette unterstützen soll. So können die Unternehmen herausfinden, wo und mit wem sie ihr Produkt am besten fertigen.

Als Beispiele dienen den Ingenieuren Windenergieanlagen und ein weiteres XXL-Produkt. Die Lieferketten sollen produktabhängig mit Hilfe des Software-Tools gestaltet und bewertet werden. Geeignete Standorte und deren Wertschöpfungsverteilung lassen sich anhand der Bewertungsergebnisse ableiten. Mit Hilfe von bereits entwickelten Grundmodellen für Lieferketten von XXL-Produkten werden einerseits die Auswirkungen auf Standorte hinsichtlich der Montageorte und des Montageumfangs betrachtet; andererseits werden auch die Effekte der Beschaffung von Komponenten auf Logistikleistung und -kosten einbezogen. Die Produktionsnetzwerke von XXL-Produkten sollen dadurch zukünftig besser zusammenspielen und somit effizienter werden.

 [www.scd.xxl-produkte.net](http://www.scd.xxl-produkte.net)

---

*Das Projekt „Gestaltung und Bewertung von Lieferketten zur Herstellung von großskaligen Produkten“ wird von dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und dem Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (MW) im Rahmen des Verbundprojekts „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ gefördert.*

---

---

# Gemeinsam zu den Sternen

## Diskussion und Kooperation im Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau

---

*Unternehmen und Fachabteilungen der Branche bietet der Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau (AK WZB) die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch und zur Weiterbildung. Im Jahr 2012 feiert das Netzwerk sein 15-jähriges Bestehen. Auch in Zukunft wird sich der Arbeitskreis aktuellen organisatorischen, technologischen und IT-Themen des Werkzeug- und Formenbaus widmen, die heute noch in den Sternen stehen.*

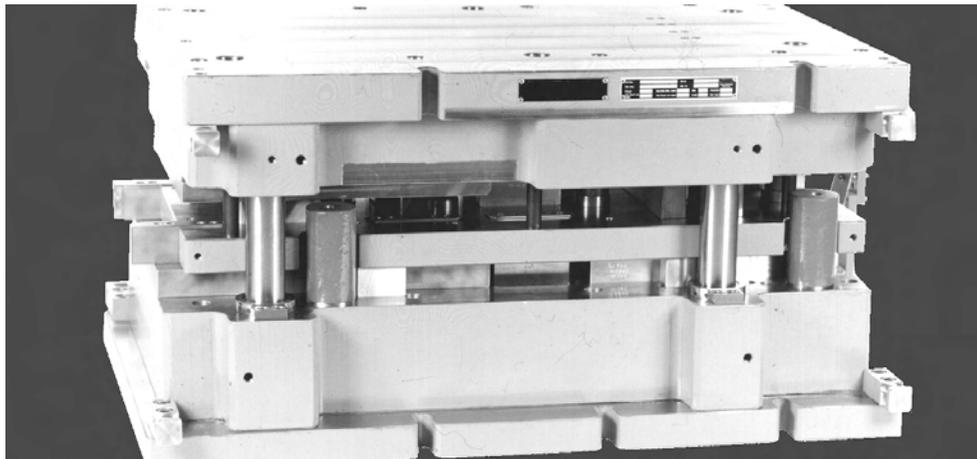
Um einen intensiven Gedanken- und Erfahrungsaustausch zwischen Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus und Forschungseinrichtungen zu schaffen, wurde der Arbeitskreis vor 15 Jahren ins Leben gerufen. Seitdem hat sich das Netzwerk in der Branche etabliert. An drei Terminen pro Jahr treffen sich die Mitglieder bei wechselnden Unternehmen aus dem Metier. Von dem regelmäßigen Austausch profitieren neben den Industrievertretern auch die Forschungseinrichtungen. Die Forscher können ihre aktuellen Forschungsergebnisse in die Praxis einbringen; die Unternehmen hingegen haben die Möglichkeit, ihre aktuellen Herausforderungen an die Wissenschaftler heranzutragen.

### Themen im Wandel der Zeit

---

Werkzeug- und Formenbauer übernehmen häufig vielfältige Aufgaben und müssen daher über ein breites Wissen verfügen und aktuelle Entwicklungen stets im Blick haben. Der Arbeitskreis bietet Zugang zu neuen Trends und wissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Themen reichen von technologischen über organisatorische bis hin zu betriebswirtschaftlichen Fragestellungen.

Ging es im Gründungsjahr des Arbeitskreises noch vorrangig um organisatorische Themen wie „Optimierung der Terminplanung im Werkzeug- und Formenbau“, „Arbeitszeitmodelle“ und „Durchlaufzeitverkürzung“, so kamen mit der Zeit mehr technologische und informationstechnische Fragestellungen hinzu. Zu Beginn des neuen Jahrtausends standen vor allem IT-Themen wie „Simulation im Werkzeugbau“ und „Ziehsimulationen“ auf der Agenda. Wenige Jahre später verlagerte sich die Themenauswahl auf CAD, CAM und FEM. Auch neue technologische Ansätze, zum Beispiel Härteverfahren wie Durchhärten und Induktionshärten, aber auch Laser- und Beschichtungsverfahren wurden seitdem bei den Arbeitskreistreffen thematisiert.



Wie nah der Arbeitskreis an den Entwicklungen in der Industrie ist, zeigen innovative Themen wie „Taktung im Werkzeugbau“. Ein deutscher Automobilhersteller öffnete im Rahmen eines Arbeitskreistreffens seine Pforten. Die Mitglieder konnten das neue Konzept und seine Vorteile direkt vor Ort kennen lernen. In jüngster Vergangenheit berichtete der Prokurist eines weltweit führenden Anbieters in der Oberflächentechnik bei einem Treffen über neuartige Beschichtungstechniken. Auch Automatisierung wird – aufgrund des steigenden Wettbewerbsdrucks und dem Wunsch nach Optimierung der Produktion – zunehmend ein Thema im Werkzeug- und Formenbau. Neben „Service im Werkzeugbau“ und „Kalkulation im Werkzeugbau“ stand deshalb im Jahr 2011 auch diese Thematik auf der Agenda eines Arbeitskreistreffens.

Äußerst kooperativ – auch über den Arbeitskreis hinaus

---

Anders als Kongresse und Seminare bietet der Teilnehmerkreis aus unterschiedlichen Unternehmensgrößen vielfältige Möglichkeiten zum direkten Meinungs- und Erfahrungsaustausch in offener Gesprächsatmosphäre. Über die Jahre sind zahlreiche Kooperationen zwischen den Mitgliedern entstanden. Auch die Zusammenarbeit der Unternehmen mit dem IPH geht inzwischen weit über den Arbeitskreis hinaus und zeigt sich in Form von Entwicklungskooperationen und gemeinsamen Forschungsprojekten. Der AK WZB kooperiert zudem eng mit dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA).

Auch in den nächsten 15 Jahren wird das erfolgreiche Konzept des AK WZB fortgesetzt. Welche Themen den Werkzeug- und Formenbau dann bewegen werden, steht heute noch in den Sternen. Morgen werden sie dann aber definitiv auf der Agenda des Arbeitskreises zu finden sein.

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

---

# Eine wahre Gratwanderung

## Auslegung eines gratlosen Schmiedeprozesses

---

*Für ein ausländisches Schmiedeunternehmen hat das IPH in einem Beratungsprojekt einen gratlosen Schmiedeprozess für ein Bauteil ausgelegt. Bis dahin wurde das Bauteil mit einem Materialüberschuss geschmiedet. Durch das Schmieden ohne Grat kann das mittelständische Unternehmen die Kosten erheblich senken – und mit angemessenen Preisen bei guter Qualität im internationalen Wettbewerb punkten.*

Mit oder ohne Grat schmieden? Diese Frage stellte sich in der Vergangenheit nur in der Forschung. Um die Potenziale des gratlosen Schmiedens aufzudecken und offene Fragen zu beantworten, untersucht das IPH das Verfahren seit längerem wissenschaftlich. In diversen Forschungsprojekten haben sich die Ingenieure aus dem Wissenschaftspark Marienwerder mit dem Schmieden ohne Grat beschäftigt – unter anderem im Sonderforschungsbereich (SFB) 489 "Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile" am Beispiel einer Zweizylinderkurbelwelle. Der industriellen Praxis kommen diese Erfahrungen nun zugute. Denn für die Bauteile seiner Kunden legt das IPH auf Anfrage auch gratlose Schmiedeprozesse aus.

### Gratlos schmieden – aber wie?

---

Zur Auslegung eines Werkzeugs für einen gratlosen Schmiedeprozess existieren verschiedene Ansätze. So kann das Schließsystem des Werkzeugs entweder nach dem Prinzip der „schwimmenden Matrize“ oder mit einem Oberstempel aufgebaut sein. Alternativ gibt es auch Werkzeuge, die mit einer am Stößel aufgehängten Schließplatte geschlossen werden. Welches der Verfahren angewendet werden kann, hängt unter anderem von dem Bauteil, dem Maschinenpark oder den Umformkräften ab. Beispielsweise wird bei einem Schließsystem mit einer schwimmenden Matrize die Schließkraft der Gesenke durch Federn aufgebracht; bei zu hohen Umformkräften ist deren Einsatz aus wirtschaftlicher Sicht möglicherweise nicht mehr sinnvoll.

Das IPH unterstützt seine Kunden bei der Auswahl der richtigen Werkzeugtechnologie zum gratlosen Schmieden. In einem Beratungsprojekt für ein ausländisches Schmiedeunternehmen traf das IPH auf Basis von Stoffflusssimulationen mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) für ein Bauteil des Kunden eine Vorauswahl zum gratlosen Schmieden.



Das Bauteil hat eine gedrungene Vierkantform mit mehreren Stegen als Nebenformelemente. Basierend auf der Vorauswahl der bestgeeigneten Werkzeugtechnologien entschied das mittelständische Schmiedeunternehmen, welche der Technologien näher untersucht und im Rahmen eines Werkzeugkonzepts konstruiert werden sollten. Die Umsetzung und die Praxiserprobung des ausgewählten Konzepts wurden dann mit Unterstützung des IPH durchgeführt.

#### Trend zum effizienten Energieeinsatz

---

Das Einsparen von Material gewinnt in der Schmiedeindustrie weiter an Bedeutung – nicht nur aufgrund steigender Rohstoffpreis, sondern auch vor dem Hintergrund eines effizienteren Energieeinsatzes. Dabei bleiben die Ansprüche an die Qualität der Produkte hoch. Das beschriebene mittelständische Schmiedeunternehmen kann durch den Einsatz der gratlosen Schmiedetechnik sein Bauteil zukünftig mit weniger Material- und Energieeinsatz fertigen und so die Kosten senken. Im internationalen Wettbewerb kann der Zulieferer somit punkten und seine Marktposition weiter ausbauen.

---

# Nicht jedes Los gewinnt

## Dynamische Losgrößen in der Fertigungssteuerung

---

*Produzierende Unternehmen stehen aufgrund kurzfristiger Bedarfsschwankungen immer wieder einmal vor Kapazitätsengpässen. Wenn mehr gefertigt werden muss, als gefertigt werden kann, sind die Fertigungssteuerer gefragt. Sie müssen die Vorgaben der Fertigungsplanung auch bei unvorhergesehenen Ereignissen flexibel umzusetzen. Am IPH wurde ein auf Planungsalgorithmen basierender Ansatz entwickelt, der sie dabei unterstützt.*

Die wirtschaftliche Situation kann dazu führen, dass Kapazitätsengpässe entstehen. Den Fertigungssteuerern stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, mit denen sie diesen begegnen können. Ändert sich die Bedarfssituation zum Beispiel kurzfristig, so müssen die Planer zusätzliche Kapazitäten bereitstellen. In der Regel haben diese Maßnahmen jedoch ihren Preis: Sonderschichten und Überstunden schlagen teuer zu Buche und sind zudem mit einer gewissen Reaktionszeit verbunden.

In einer Lagerfertigung gibt es jedoch noch eine andere Möglichkeit, um auf kurzfristige Bedarfsänderungen zu reagieren: Werden bei einem erhöhten Bedarf nach einem oder mehreren Artikeln die Losgrößen konstant nachgefragter Artikel reduziert, können die dadurch frei werdenden Kapazitäten anderweitig genutzt werden – nämlich, um die stärker nachgefragten Artikel in höherer Menge zu fertigen.

### Dynamisch auf kurzfristige Änderungen reagieren

---

Genau dies machen sich die Ingenieure des IPH zu Nutze. Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden die Voraussetzungen geschaffen, um Losgrößen kurzfristig im Rahmen der Fertigungssteuerung zu verändern. Die Lösung: Die Zuhilfenahme von Lagerbeständen. Für eine verbesserte Bedarfsorientierung wurde ein Ansatz entwickelt, dank dem sich Aufträge mit dynamischen Losgrößen einplanen lassen. Auf Grundlage aktueller Bedarfsdaten sowie Lager- und Umlaufbestände wird dabei geprüft, welche Teile für einen konkreten Bedarf produziert werden müssen und wie die resultierenden Fertigungsmengen umgesetzt werden können.



Wird von einem Produkt kurzfristig mehr nachgefragt als im Lager vorhanden ist, sorgen acht Verfahrensschritte mit hinterlegten Rechenanweisungen für eine artikelübergreifende Anpassung der Fertigungsmenge. Die dafür erforderlichen zusätzlichen Kapazitäten werden durch eine Reduzierung der Fertigungsmengen anderer Artikel freigesetzt. Die Reduzierung darf jedoch nur so weit erfolgen, dass im Lager noch genug vorhanden ist, um alle Kundenaufträge termingerecht zu erfüllen. Die Produktionsmengen können dank der Methode so variiert werden, dass die durch eine veränderte Bedarfssituation hervorgerufenen Reaktionszeiten überbrückt werden können.

---

#### Wettbewerbsvorteil mit Methode

Simulationen haben gezeigt, dass der Ansatz des IPH verlässliche Ergebnisse liefert. Aufgrund der leichten Anwendbarkeit ist eine weite Verbreitung in der Industrie zu erwarten. Vorteile entstehen nicht nur für den Fertigungssteuerer, der dadurch besser auf kurzfristige Fertigungsengpässe reagieren kann. Auch die Unternehmen profitieren – denn sie erhöhen ihre Flexibilität und erreichen damit einen deutlichen Vorteil gegenüber ihren Wettbewerbern.

---

*Das Projekt „Dynamische Losgrößen als Basis einer Methode zur Fertigungssteuerung“ (Wi 377/63-1) wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Module beflügeln XXL

Ingenieure arbeiten am Flugzeugflügel der Zukunft

---

*Flügel von Verkehrsflugzeugen bestehen aus einer "wing box", einem großen Rahmen, der mit Landeklappen und diversen anderen Anbausystemen ausgerüstet wird. In einem Forschungsprojekt untersuchen Ingenieure des IPH derzeit, wie die XXL-Produkte für die Zukunft fit gemacht werden können. Und ob sich dafür eine modulare Bauweise eignet.*

Mit den Verkehrsflugzeugen selbst werden auch die Leistungsanforderungen an diese immer größer. Weil der Transportbedarf von Personen und Gütern steigt, sind Flugzeuge und Flügel gefragt, die größere Transportvolumina über größere Reichweiten befördern können. Aus ökonomischer und ökologischer Sicht sollen die Flugzeuge im Verhältnis zu heute leichter werden, weniger Treibstoff verbrauchen und weniger Emissionen abgeben. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder kann die heutige Flügelbauweise größer skaliert werden. Oder aber sie wird verändert hin zu einem modularen Aufbau, der ebenfalls eine Vergrößerung erlaubt.

Groß / schwer / monolithisch vs. klein / intelligent kombiniert / leistungsfähig

---

Bei der ersten Möglichkeit bleibt das zu Grunde liegende Konstruktionsprinzip der Flügel unverändert; die monolithische (aus einem Teil bestehende) Grundstruktur von Flugzeugflügeln wird vergrößert. In der Vergangenheit sind Konstrukteure diesen Weg bereits mehrfach gegangen. Ermöglicht wird die Hochskalierung zum Beispiel durch den Einsatz neuer Materialkombinationen. Allerdings bergen die großen Bauteile im Lebenszyklus des Produkts einige Herausforderungen. In der Fertigung entstehen hohe Ausschusskosten, falls ein monolithisches Großbauteil fehlerhaft und somit nicht nutzbar ist. Auch der Transport von XXL-Flügeln ist sehr aufwändig.

Die Idee, einen Flugzeugflügel modular aufzubauen, ist ein völlig neuer Ansatz. Dabei müssten die einzelnen Module so gestaltet werden, dass sie intelligent miteinander verknüpft werden können und zusammen einen leistungsfähigen Flügel bilden. Idealerweise könnten einige der standardisierten Komponenten sogar für unterschiedliche Flügelmodelle genutzt werden. Dieser kleinskalige Weg bietet verschiedene Vorteile: Durch die geringen Abmessungen der Module wird die innerbetriebliche Logistik vereinfacht. In der Fertigung kann zudem das Kostenrisiko in Folge von Ausschuss verringert werden. Ein dritter Vorteil ist der einfache Transport.



Sind die Bestandteile des Flügels noch nicht zusammengefügt, kann ein Transport mit Standardverkehrsmitteln erfolgen. Eine Herausforderung könnten bei der modularen Bauweise lediglich die neuen Verbindungs- und Fügestellen zwischen den Komponenten darstellen. Denn sie müssen in der Lage sein, den enormen Belastungen eines Flugzeugflügels standzuhalten und erhöhen eventuell das Gewicht des XXL-Produkts. Da im Flugzeugbau jedes Kilo weniger zählt, müssten gegebenenfalls neuartige Verfahren zum Verbinden und Fügen der Module entwickelt werden.

Mit Methode Lebenszykluskosten vorhersagen

---

Wie die Module, die schließlich zum Flugzeugflügel zusammengesetzt werden, gestaltet werden können, prüfen derzeit die Ingenieure des IPH. Entwickelt wird eine Methode, die einen Vergleich der bisherigen monolithischen Bauweise und der neuartigen modularen Struktur ermöglicht. Sie soll sowohl technologische und ökonomische wie auch ergonomische und ökologische Kriterien berücksichtigen. Mit Hilfe der Methode sollen – in Abhängigkeit der Größe und Anzahl der einzelnen Komponenten – die Lebenszykluskosten des Flugzeugflügels prognostiziert werden. Dann wird sich zeigen, ob die kleinen Module halten können, was der große Flugzeugflügel leisten soll.

 [www.skalkompxxl.xxl-produkte.net](http://www.skalkompxxl.xxl-produkte.net)

---

*Das Projekt "Entscheidungsunterstützung zur Bestimmung der Bauweise (klein- vs. großskalig) und Komponentengröße von großskaligen Bauteilen auf Basis von Lebenszykluskosten am Beispiel von Verkehrsflugzeug-Flügeln" wird von dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und dem Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (MW) im Rahmen des Verbundprojekts „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ gefördert.*

---

---

# Titan ein Profil geben

## Entwicklung einer IHU-Prozesskette für Titanhohlprofile

---

*Titan ist leicht, chemisch resistent und biokompatibel. Durch das begrenzte Umformvermögen des Werkstoffs ist die Herstellung von Titanbauteilen allerdings eine Herausforderung. Ingenieure des IPH arbeiten derzeit an einer Lösung, um dünnwandige Hohlprofilbauteile zu fertigen. Das Zauberwort heißt Innenhochdruckumformen.*

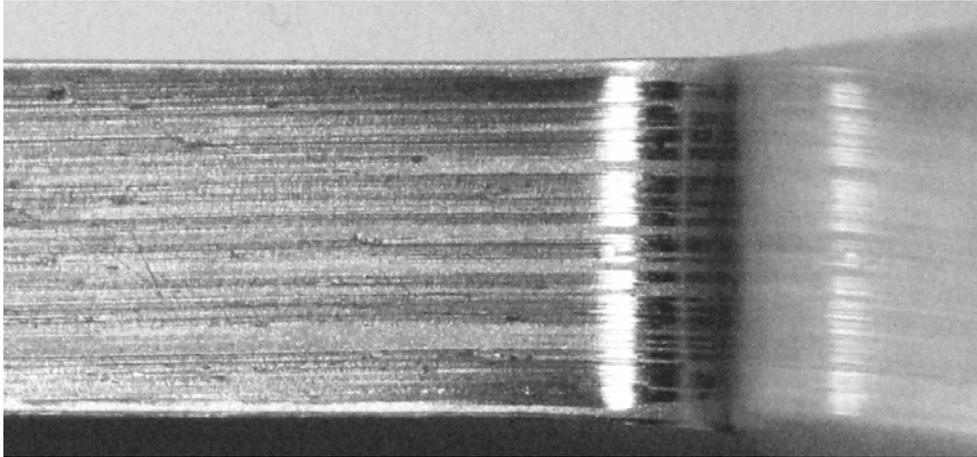
Der Werkstoff Titan ist ein Allround-Talent, das mittlerweile in zahlreichen Produkten zum Einsatz kommt. In der Medizintechnik hat er längst Einzug gehalten: Bei Implantaten, zum Beispiel künstlichen Hüftgelenken und Zahnersatz, wird er ebenso verwendet wie in chirurgischen Instrumenten. Daneben wird Titan auch in diversen anderen Produktbereichen eingesetzt – von Elektroartikeln über Sportgeräte bis hin zur Schifffahrt. Auch die Luft- und Raumfahrtindustrie nutzt Titan, beispielsweise für Turbinenschaufeln und Leitungssysteme für die Treibstoff- und Luftversorgung.

Titan ist ein hartes und zugleich leichtes Metall. Neben seiner Bioverträglichkeit ist die Korrosionsbeständigkeit bemerkenswert – insbesondere gegenüber Chloridlösungen, Seewasser und organischen Säuren. Für den Einsatz in Meerwasserentsalzungsanlagen und Leitungen in der chemischen Industrie eignet sich Titan daher hervorragend. Durch seine charakteristische saubere Oberfläche und sein anmutendes Design strahlt der Werkstoff zudem eine hohe Wertigkeit aus. Wichtig ist das beispielsweise bei medizinischen Instrumenten, wie den Gehäusen von Zahnarztbohrern.

### Den Bogen spannen

---

Weil sich Titan nur schlecht umformen lässt, ist die Herstellung von dünnwandigen Hohlbauteilen bislang eine Herausforderung. Das soll sich bald ändern: Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Umformtechnik der Universität Siegen entwickeln Ingenieure des IPH und elf Industrieunternehmen die Prozesskette zur Herstellung von dünnwandigen – das heißt weniger als zwei Millimeter starken – Titan-Hohlprofilen. Zukünftig soll das IHU-Verfahren die Herstellung von Titanhohlbauteilen mit komplizierten Geometrien prozesssicher und mit verringertem Fügeaufwand ermöglichen. Filigrane Konturen können dann anhand der Prozesskette aus mehreren Vorformoperationen und zwischengelagerten Wärmebehandlungen erreicht werden. Bauteile ohne Beulen und Risse sollen so hergestellt werden.



---

#### Weniger Reibung durch mehr Schmierung

Für die Auslegung der IHU-Prozessschritte durch FEM-Simulationen sind zunächst grundlegende Untersuchungen erforderlich: Bislang existieren keine Erfahrungen über das Innenhochdruckumformen von Titan; mechanische und tribologische Untersuchungen sind deshalb notwendig. In Zugversuchen im Weiterzug werden Titanbleche gestreckt, um die grundsätzlichen Versagensgrenzen des Blechwerkstoffs Titan zu ermitteln.

Zur Vergrößerung des Anwendungsbereichs von Titan, ist die Minimierung der Reibkräfte wesentlicher Bestandteil des Projekts. Passende Material-Schmierstoff-Kombinationen ermitteln die Ingenieure in Streifenziehversuchen. Erste Versuche mit Titan der Art „Grade 2“ haben deutliche Streuungen der Reibwerte gezeigt. Ohne reibwertverbessernde Maßnahmen ergaben sich sehr hohe Reibwerte von 0,57 und deutliche Kaltaufschweißungen. Eine Verringerung der Reibwerte auf den Wert 0,13 kann jedoch je nach verwendeter Beschichtung oder verwendetem Schmierstoff erreicht werden. Die Ergebnisse machen dennoch deutlich: Die Wahl des Schmierstoffs oder der Beschichtung muss Beachtung geschenkt werden. Um eine geeignete Schmierung für den Prozess zu wählen, werden in dem Projekt weitere Schmierstoffpaarungen untersucht. Mit diesen Erkenntnissen und der Entwicklung eines robusten Prozesses soll Titan zukünftig ein Profil gegeben werden.

---

*Das IGF-Vorhaben „Entwicklung einer mehrstufigen Prozesskette für IHU-Bauteile aus Titanhohlprofilen“ (16452 N) der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Zwischen zu viel und zu wenig

## Bestandsplanung mit fehlmengenkostenbasiertem Entscheidungsmodell

---

*Über das Wochenende kommt Besuch – oder vielleicht auch nicht. Das Anlegen von Vorräten kann teuer werden; das Fehlen von Vorräten aber auch. Wer weiß, was ein „zu viel“ und was ein „zu wenig“ an Material kostet, kann seine Vorratsbestände in der goldenen kostenminimalen Mitte positionieren. Nicht nur privat, sondern auch in der Industrie.*

Bestände richtig zu planen, ist nicht nur ein Problem von Privatpersonen. In ähnlicher Form trifft es auch produzierende Unternehmen. Ist der Lagerbestand zu gering, fehlt in der Produktion häufig Material. Die Folgen: Betriebsunterbrechungen, aufwändige Umplanungen oder eine zu späte Belieferung des Kunden. Zwar sind in diesem Fall die Bestandskosten gering, durch fehlendes Material werden jedoch hohe Fehlmengenkosten verursacht. Möchte sich ein Unternehmen gegen Risiken wie Verspätungen von Lieferanten oder eine Nachfrageexplosion bestmöglich absichern, müssen hohe Lagerbestände zu immensen Bestandskosten vorgehalten werden. Ein wenig Risikobereitschaft kann sich letztendlich also auszahlen. Ideal und vor allem kostenminimal ist jedoch der Mittelweg. Die Frage ist, wo für den Lagerbestand eines Unternehmens an Vorratsartikeln diese goldene Mitte zwischen Fehlmengen- und Bestandskosten liegt.

### Den richtigen Bestand finden

---

Bislang existierten keine industrietauglichen Methoden, um Fehlmengenkosten zu ermitteln und den idealen Lagerbestand zwischen Bestands- und Fehlmengenkosten zu finden. Ingenieure des IPH haben diese Lücke nun in einem Forschungsprojekt geschlossen. Entwickelt wurde ein Software-Tool, das Entscheidern aus Einkauf und Materialwirtschaft hilft, artikelbezogen Fehlmengenkosten zu kalkulieren. Mit Hilfe eines Entscheidungsmodells können sie potenzielle Bestandskosten gegenüberstellen und so das richtige Mittelmaß beim Lagerbestand treffen. Koppelgröße ist dabei der Servicegrad. Er gibt an, welche Bedarfsmenge bei einem spezifischen Lagerbestand erfüllt werden kann und somit ursächlich für die Höhe der Fehlmengenkosten ist.



In dem Software-Tool hinterlegt der Benutzer einmalig Eingangsgrößen für das Entscheidungsmodell. Hierzu gehören beispielsweise die maximal zu erwartende Planabweichungen auf Lieferantenseite und Maschinenstundensätze in der Produktion. Im Nachgang können zudem charakteristische Größen eingegeben werden, wie die Dauer von Betriebsunterbrechungen oder Werte liegender Produktionsaufträge, um so vollautomatisch entstandene Fehlmengenkosten zu ermitteln. All diese Daten gehen in ein dem Software-Tool zu Grunde liegendes Entscheidungsmodell ein.

Mit Hilfe des Modells können die verantwortlichen Mitarbeiter ablesen, wie hoch die zu erwartenden Fehlmengen- und Bestandskosten für einen gewählten Lagerbestand eines Artikels sind. Der dahinter stehende Formelzusammenhang ergibt eine konvexe Funktion, anhand der sich ein kostenminimaler Lagerbestand finden lässt. Der gesamte Vorgang läuft vollautomatisch im Software-Tool ab. Produzierende Unternehmen wissen dadurch mit wenig Aufwand und auf einen Blick, wie ihr idealer Lagerbestand aussieht – und finden so die goldene Mitte zwischen zu viel und zu wenig.

 [www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de](http://www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de)

---

*Das IGF-Vorhaben „Fehlmengenkostenbasiertes Entscheidungsmodell der Logistik“ (16188 N/1) der Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Groß(artig)e Lösungen finden

Arbeitskreis XXL-Produkte stärkt deutsche Industrie

---

*Parallel zu dem Verbundprojekt „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ haben die Ingenieure des IPH den Arbeitskreis XXL-Produkte (AK XXL) ins Leben gerufen. Der Dialog zwischen Wirtschaft und Wissenschaft dreht sich um großskalige Produkte. Neben Einblicken in andere Unternehmen erhalten die Teilnehmer vor allem Impulse für die eigene Arbeit.*

Für ein Exportland wie Deutschland sind XXL-Produkte, wie zum Beispiel Verkehrsflugzeuge und Schiffe, Förder- und Windenergieanlagen, von wahrhaft großer Bedeutung. An der Herstellung der XXL-Produkte sind bei weitem nicht nur Großkonzerne beteiligt. Insbesondere zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die in regionalen Netzwerken organisiert sind, leisten einen Beitrag zur Entstehung der großskaligen Produkte. Und dabei stehen die KMU teilweise vor großen Herausforderungen. Ob Montage oder Transport zum Bestimmungsort – bei XXL-Produkten vervielfachen sich der Planungsaufwand und die Kosten.

## Überregional und branchenübergreifend

---

Als überregionales Kooperationsnetzwerk bietet der Arbeitskreis XXL-Produkte allen Herstellern und Zulieferern von XXL-Produkten sowie wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ein Forum für den Erfahrungsaustausch rund um großskalige Produkte. Branchenübergreifend erhalten die Arbeitskreisteilnehmer Einblicke in neueste Entwicklungen in Industrie und Wissenschaft. Neben Vorträgen zu wissenschaftlichen Fragestellungen sind Berichte aus der industriellen Praxis Teil jedes Arbeitskreistreffens. Im Mittelpunkt steht jeweils ein Leitthema, das aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet wird.

Auf die „(Teil-)Automatisierung von XXL-Produkten“ konzentrierte sich beispielsweise das Arbeitskreistreffen im November 2011. Als Gastgeber der Veranstaltung stellte die BLG LOGISTICS unter dem Motto „Herkulesaufgabe Industrialisierung in der Offshore-Windenergie“ ihre neueste Investition vor: So genannte „Self Propelled Modular Transporters“ (kurz: SPMT), Fahrzeuge, die zukünftig den Transport von Gründungsstrukturen und anderen Großkomponenten für Offshore-Windenergieanlagen erleichtern und eine zuverlässige und sichere Verladung ermöglichen sollen.



Während des Arbeitkreistreffens erhielten die Teilnehmer eine Live-Vorführung der SPMT – und zeigten sich schwer beeindruckt von den 2,5 Millionen Euro teuren Fahrzeugen. Auch ein jüngst für die BLG LOGISTICS gebauter Spezialponton sorgte für Aufmerksamkeit. Der Schwimmkörper mit einer Länge von 70 Metern und einer Breite von 32 Metern kommt seit kurzem bei der Aufnahme von dreibeinigen Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen („Tripods“) zum Einsatz.

Neben den Fachvorträgen und Unternehmensrundgängen sind auch interaktive Workshops Bestandteil der Arbeitkreistreffen. So wurden bei der Veranstaltung im November 2011 beispielsweise heutige Herstellungs- und Betriebsprozesse von XXL-Produkten analysiert. Im Anschluss deckten die Teilnehmer gemeinsam Verbesserungspotenziale auf.

#### Kleiner Aufwand, großer Nutzen

---

Dass Redebedarf zwischen Industrie und Wissenschaft besteht, wird während der Arbeitkreistreffen immer wieder deutlich. Auch in Zukunft wird sich der Arbeitskreis XXL-Produkte zweimal jährlich treffen, um branchenübergreifend die Herausforderungen im Bereich von XXL-Produkten zu identifizieren und Lösungen zu entwickeln. Für 2012 ist unter anderem eine Veranstaltung bei der Tamsen Maritim GmbH in Rostock geplant, bei der Bearbeitungsprozesse für XXL-Produkte im Mittelpunkt stehen werden. Neue Teilnehmer sind herzlich eingeladen, sich an der Entwicklung neuer groß(artig)er Lösungen zu beteiligen.

 [www.xxl-produkte.net](http://www.xxl-produkte.net)



---

## Projekte und Partner

---

---

# Projekte 2011

---

Ableitung von Empfehlungen zur energie- und materialflusseffizienten Strukturierung und synergetischen Gestaltung von Fabriken

Auftraggeber: AiF/BVL | 08/11 – 07/13

S. 54-55    Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau  
Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 04/97  
 [www.akwzb.de](http://www.akwzb.de)

S. 66-67    Arbeitskreis XXL-Produkte  
Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 09/10  
 [www.xxl-produkte.net](http://www.xxl-produkte.net)

Automatisierte Kalkulation und Konstruktionsmodellerstellung im Wertschöpfungsprozess von Folgeverbundwerkzeugen

Auftraggeber: BMBF | Laufzeit: 06/11 – 05/12

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

Automatisierte Temperierkanalpositionierung mittels Methoden der Künstlichen Intelligenz (NeuroTemp)

Auftraggeber: BMWi/ZIM | Laufzeit: 07/09 – 06/11

 [www.neurotemp.iph-hannover.de](http://www.neurotemp.iph-hannover.de)

S. 56-57    Development of forging sequences for flashless forged roller carriages  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/10 – 01/11

S. 36-37    Dezentrale, agentenbasierte Selbststeuerung von Fahrerlosen Transportsystemen  
Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 07/11 – 06/13  
 [www.fts-selbststeuerung.de](http://www.fts-selbststeuerung.de)

S. 40-41    Durchführung einer Layoutplanung zur Unterstützung einer Investitionsentscheidung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/11 – 09/11

Durchführung eines Workshops zum Review von Layoutkonzepten für eine Endmontagehalle

Auftraggeber: Industrie | 02/11 – 02/11

- Dynamische Losgrößen als Basis einer Methode zur Fertigungssteuerung S. 58-59  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/08 – 02/11
- Einführung und Anpassung einer softwarebasierten Methode zur Serviceunterstützung S. 42-43  
 Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 11/10; 01/11 – 09/11
- Energie- und materialflusseffiziente Fabrikplanung  
 Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 08/11 – 07/13  
 [www.fabrik-a-plusplus.de](http://www.fabrik-a-plusplus.de)
- Energiekostenorientierte Belegungsplanung  
 Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 08/11 – 07/13  
 [www.energiekostenorientierte-belegungsplanung.de](http://www.energiekostenorientierte-belegungsplanung.de)
- Entscheidungsunterstützung zur Bestimmung der Bauweise (klein- vs. großskalig) und Komponentengröße von großskaligen Bauteilen auf Basis von Lebenszykluskosten am Beispiel von Verkehrsflugzeug-Flügeln (SkalkomP) S. 60-61  
 Auftragsgeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/11 – 06/13  
 [www.skalkompxxl.xxl-produkte.net](http://www.skalkompxxl.xxl-produkte.net)
- Entwicklung einer mehrstufigen Prozesskette für IHU-Bauteile aus Titanhohlprofilen S. 62-63  
 Auftraggeber: AiF/EFB | Laufzeit: 12/10 – 09/12  
 [www.ihu-titan.de](http://www.ihu-titan.de)
- Entwicklung einer Stadienfolge zum gratlosen Präzisionsschmieden  
 Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/10 – 12/11
- Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Positionierung der Lager- und Beschaffungslogistik zwischen Fehlmengen und Servicegrad am Beispiel von Hydraulikkomponenten S. 64-65  
 Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 09/09 – 06/11  
 [www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de](http://www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de)
- Entwicklung eines Konzepts für die Einkaufsrestrukturierung S. 46-47  
 Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/11 – 09/11

Entwicklung eines Metriksystems für das Reklamationsmanagement (MeSys)  
Auftraggeber: AiF/FQS | Laufzeit: 01/09 – 03/11

Entwicklung eines Produktschutzkonzeptes in der Elektronikindustrie  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/11 – 09/11

FEM-Simulationen und Querkeilwalzen von Aluminium auf IPH-Teststand  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/11

S. 48-49 Funktionsbasierte Angebotsplanung von komplexen Unikatprodukten  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/09 – 07/12

S. 52-53 Gestaltung und Bewertung von Lieferketten zur Herstellung von XXL-Produkten  
Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 10/11 – 09/13  
 [www.scd.xxl-produkte.net](http://www.scd.xxl-produkte.net)

S. 50-51 Gratloses Schmieden von Metall-Matrix-Kompositen auf Aluminiumbasis  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 07/11 – 06/13

Großskalierung umformtechnischer Fertigungsverfahren an ihre physikalischen Grenzen  
Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/10 – 06/12  
 [www.formlimit.xxl-produkte.net](http://www.formlimit.xxl-produkte.net)

S. 32-33 Hybridschmieden – Monoprozessuales Fügen und Umformen von Blech- und Massivbauteilen am Beispiel von Verbundstrukturbauteilen  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/11 – 12/11

IdentOverLight – Auto-ID mit sichtbarem Licht in der Intralogistik  
Auftraggeber: AiF/IFL | Laufzeit: 05/11 – 04/13  
 [www.identoverlight.de](http://www.identoverlight.de)

Innovative Maschinen- und Werkzeugtechnologien zum Präzisionsschmieden  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/00 – 12/11

Intelligente Schmiedewerkzeuge zur Fehlerreduktion in der Massivumformung

Auftraggeber: AiF/FSV | Laufzeit: 05/11 – 04/13

 [www.intelligente-schmiedewerkzeuge.de](http://www.intelligente-schmiedewerkzeuge.de)

Intelligente Schnittstellen in wandlungsfähigen Lieferketten (ISI-WALK)

Auftraggeber: BMBF | Laufzeit: 07/10 – 06/13

 [www.isi-walk.de](http://www.isi-walk.de)

Interdisziplinäres Weiterqualifizierungsprojekt "Kooperatives Produktengineering"

Auftraggeber: IPH | Laufzeit: seit 07/98

 [www.kpe.iph-hannover.de](http://www.kpe.iph-hannover.de)

Isolationskonzepte – thermische Isolierung von Umformwerkzeugen

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/11 – 06/11

Keramik-Stahl-Werkstoffverbundschichten als Verschleißschutz in der Aluminiummassivumformung

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 07/09 – 06/11

Konfiguration von Lean-Methoden für unternehmensindividuelle Produktionssysteme zur Herstellung von XXL-Produkten (ProSys XXL)

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/10 – 06/12

 [www.prosysxxl.xxl-produkte.net](http://www.prosysxxl.xxl-produkte.net)

Konzept zur Speiser-Handhabung und -Montage

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 09/11 – 10/11

Leichtbau bei XXL-Produkten am Beispiel von gewichtsoptimierten XXL-Turmsegmenten

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/10 – 06/12

 [www.leitu.xxl-produkte.net](http://www.leitu.xxl-produkte.net)

Mechanismen zur Steuerung einer variablen Gratbahn und deren Einfluss auf die verschleiß- und volumenschwankungsabhängige Formfüllung beim Gesenk Schmieden

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/11 – 07/13

Planung und Steuerung flexibler Lieferketten zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Bauteile

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/00 – 12/11

Potenzialanalyse Schmiede

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/11 – 09/11

Praxisseminar Fabrikplanung

Auftraggeber: IPH | Laufzeit: 09/11

 [www.praxisseminar-fabrikplanung.de](http://www.praxisseminar-fabrikplanung.de)

Rahmenvertrag (Werkzeug zum mehrdirektionalen Schmieden)

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/11 – 03/14

Reduzierte Kapitalbindung für die Montage durch abgestimmte Termintreue bei der Materialbereitstellung aus Beschaffung, Lager und Fertigung

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 05/11 – 02/13

 [www.kapitalbindung-montage.de](http://www.kapitalbindung-montage.de)

S. 34-35 Reifegradbasierte Entwicklungsrichtlinien für die Erhöhung der Logistikleistung in Produktionsnetzwerken zur Herstellung von großskaligen Produkten (LORG)

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 04/11 – 03/13

 [www.lorg.xxl-produkte.net](http://www.lorg.xxl-produkte.net)

Sozio-technisches Controlling in der Auftragsabwicklung (SoConAu)

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 04/10 – 12/11

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

Steigerung der Anlageneffektivität in der Blechumformung durch rechnergestützte Erfahrungsrückgewinnung (ESTER)

Auftraggeber: AiF/EFB und GFaI | Laufzeit: 02/10 – 04/12

Steigerung der Zuverlässigkeit der Zustandsprognose von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) durch den Einsatz von Data Mining-Verfahren

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/10 – 06/12

 [www.steigprog.xxl-produkte.net](http://www.steigprog.xxl-produkte.net)

Studie zur Kostenabschätzung der umformtechnischen Herstellung eines Bauteils  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/10 – 11/11

S. 38-39

Synchronisation der logistischen Reaktionsfähigkeit in Lieferketten (SyReal)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 04/09 – 03/11

Unterstützung bei der Einführung einer elektronischen Produktkennzeichnung von  
Kokillen mittels RFID  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/10 – 06/12

Unterstützung bei der Entwurfsplanung für die Umstrukturierung eines Produktions-  
standorts  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/11 – 12/11

Unterstützung bei der Herstellerauswahl  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/10 – 09/11

Untersuchungen zum wirkmedienbasierten Schmieden von gratlosen Hohlbauteilen  
aus Aluminium mit großen Hinterschneidungen  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/09 – 12/11

Untersuchungen zur Vorformung von Stahl im Halbwarmtemperaturbereich mit  
modifizierten kohlenstoffbasierten Schichtsystemen  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 09/09 – 12/11

XXL-Montagehilfen – Entwicklung und Systematisierung von generischen Prinzipien  
zur Unterstützung der Montage von Großbauteilen  
Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 10/11 – 09/13

## Abkürzungen

---

AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BVL	Bundesvereinigung Logistik e. V.
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.
EFB	Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
FQS	Forschungsgemeinschaft Qualität e. V.
FSV	Forschungsgesellschaft Stahlverformung e. V.
GFal	Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.
IPH	Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH
MW	Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
MWK	Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

---

# Partner 2011

---

ACATEC Software GmbH, Gehrden | ACIDA GmbH, Herzogenrath | Actemium Controlmatic GmbH, Bottrop | Airbus Operations GmbH, Bremen | Aksan Steel Forging Inc., Akyurt, Ankara (Türkei) | Aljo Aluminium-Bau Jonuscheit GmbH, Berne | Amberger Werkzeugbau GmbH, Sulzbach-Rosenberg | Ammann AG, Oberentfelden (Schweiz) | Bartscher Logistik GmbH, Salzkotten | Bemers & Co. Sprühtechnik und Vorrichtungsbau GmbH, Kaarst-Büttgen | BIK - Institut für integrierte Produktentwicklung der Universität Bremen, Bremen | BLG Contract Logistics GmbH & Co. KG, Bremen | Bluhm Systeme GmbH, Rheinbreitbach | Braun GmbH, Kronberg/Taunus | Buderus Edelstahl Schmiedetechnik GmbH, Wetzlar | Carl Bechem GmbH, Hagen | Chemex GmbH, Delligsen | Continental Teves AG & Co. oHG, Gifhorn | Daimler AG, Hamburg | Dr.-Ing. K. Brankamp System Prozessautomation GmbH, Erkrath | Egon Grosshaus GmbH & Co. KG, Lennestadt | FILZEK TRIBOtech, Mühlthal | Finow Automotive GmbH, Eberswalde | Götting KG, Lehrte/Röddensen | GRAFIX GmbH, Stuttgart | GTT Gesellschaft für Technologie Transfer mbH, Hannover | hannoverimpuls GmbH, Hannover | Hofmann Werkzeugbau GmbH, Heiligenstadt | Höft & Wessel AG, Hannover | Horst Witte Gerätebau Barskamp KG, Bleckede | HPE-Mertens GmbH, Wedemark | Industrie- und Handelskammer Hannover, Hannover | InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG, Burgkirchen | inotec Barcodes Security GmbH, Neumünster | Institut für Bauphysik (IFBP) der Leibniz Universität Hannover, Hannover | Institut für Elektroprozesstechnik (ETP) der Leibniz Universität Hannover, Hannover | Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover, Hannover | Institut für Oberflächentechnik (IOT) der Technischen Universität, Braunschweig | Institut für Stahlbau der Leibniz Universität Hannover, Hannover | Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen, Aachen | Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Institut für Werkstoffkunde (IW) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank, Hannover | IPRI International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH, Stuttgart | Jäger Gummi und Kunststoff GmbH, Hamburg | Johann Hay GmbH & Co. KG, Bad Sobernheim | Jungheinrich AG, Hamburg | Kappa optotronics GmbH, Gleichen | KB Schmiedetechnik GmbH, Hagen | Koenig & Bauer AG, Radebeul | Koller Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Celle | Komatsu Hanomag GmbH, Hannover | Laser Zentrum Hannover e. V., Hannover | Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Siegen, Siegen | Leiber Group GmbH & Co. KG, Emmingen | LinogistiX GmbH, Dortmund | Ludwig Ingenieurbüro für Stanztechnologie, Freiburg | Lufthansa Technik AG, Hamburg | MAHLE Brockhaus GmbH, Stuttgart | Mahle Motorkomponenten GmbH, Albershausen | Mannan Shahid Forgings Ltd., Daroghawala, Lahore (Pakistan) | MBS Unternehmergeellschaft, Neustadt | Metav-Cercetare Dezvoltare S.A., Bucharest (Rumänien) | MFL Maschinen- & Formenbau Leinetal GmbH, Neustadt/Basse | MTU Maintenance Hannover GmbH, Hannover | Nexans Deutschland GmbH, Hannover | Nömo Apparatebau GmbH, Villingendorf | OMTAŞ Otomotiv Transmisyon Aksami San. Ve Tic. A.S., Gebze/Kocaeli (Türkei) | Paul Beier Werkzeug- und Maschinenbau GmbH & Co. KG, Kassel-Rothenditmold | PFW Aerospace AG, Speyer | Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg | PMD Technologies GmbH, Siegen | PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen | Progress-Werk Oberkirch AG, Oberkirch | prolng Begemann & Drabow GbR, Garbsen | PSI Logistics GmbH, Hamburg | RoodMicrotec Nördlingen GmbH & Co. KG, Nördlingen | Salzgitter Hydroforming GmbH & Co. KG, Crimmitschau | Sartorius AG, Göttingen | Schubert Software & Systeme KG, Amberg | Schwer + Kopka GmbH, Weingarten | SeaCom Digitale Mess- und Übertragungssysteme GmbH, Herne | Seaports of Niedersachsen GmbH | Seissenschmidt AG, Plettenberg | simcon kunststofftechnische Software GmbH, Würselen | software4production GmbH, Garching b. München | Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Holzminde | STILL GmbH, Hamburg | Teckentrup Stanztechnik GmbH & Co. KG, Herscheid | ThyssenKrupp Umformtechnik GmbH, Bielefeld | Tower Automotive GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach | VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V., Frankfurt/Main | Videc GmbH, Bremen | Volkswagen AG, Wolfsburg | Werkzeugbau Siegfried Hofmann GmbH, Lichtenfels | Wessel Hydraulik GmbH, Wilhelmshaven | WESTFALIA Presstechnik GmbH & Co. KG, Crimmitschau | WILCO Wilken Lasertechnik GmbH & Co. KG, Wadersloh-Diestedde | Wistro Elektro-Mechanik GmbH, Langenhagen | Wohlenberg Buchbindesysteme GmbH, Verden/Aller | WSB Service GmbH, Dresden | ZPF therm Maschinenbau GmbH, Siegelsbach



---

## Veröffentlichungen und Vorträge

---

---

## Veröffentlichungen 2011

---

Astitouh, M.; Overmeyer, L.; Tönshoff, H. K.: Sensor-integrated tools for grinding process monitoring. In: Proceedings of the 1st International Conference on Stone and Concrete Machining (ICSCM), Editors: Denkena, B.; Bach, F.-W.; Tillmann, W.; Theisen, W., PZH, Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 201, pp. 71-78.

Astitouh, M.; Overmeyer, L.; Tönshoff, H. K.: Überwachungssystem für einen Trennschleifprozess. In: dihw – Diamant Hochleistungswerkzeuge, o. Jg. (2011), H. 2, S. 36-43.

Baumgarten, S.; Nickel, R.; Nyhuis, P.: Dynamik in Produktionsnetzen. In: Productivity Management, GITO-Verlag, 16. Jg. (2011), H. 1, S. 41-43.

Behrens, B.-A.; Gruß, D.; Jenicek, A.: Stud welding within sheet metal working tools. In: Production Engineering, Research and Development, Springer Verlag, vol. 5 (2011), no. 3, pp. 283-292.

Behrens, B.-A.; Nickel, R.; Kerkeling, J.: Combined forging and punching of long pieces. In: International Journal of Material Forming.

 [www.springerlink.com/content/y181155r17867416/](http://www.springerlink.com/content/y181155r17867416/)

Behrens, B.-A.; Overmeyer, L.; Nyhuis, P.; Meyer, M.: Großskalige Produkte – Forschung und Entwicklung im Bereich der großskaligen Produktion. In: wt Werkstatttechnik online, Springer VDI-Verlag, 101. Jg. (2011), H. 6, S. 446-448.

 [www.werkstattstechnik.de/wt/get\\_article.php?data\[article\\_id\]=61333](http://www.werkstattstechnik.de/wt/get_article.php?data[article_id]=61333)

Eilert, B.; Heißmeyer, S.: Die Grenzen von RFID. In: Logistra, Huss Verlag, 23. Jg. (2011), H.1-2, S. 26-28.

Faßnacht, P.; Kerkeling, J.; Nickel, R.: Keep cool mit KI. In: Kunststoff-Magazin, Hoppenstedt, o. Jg. (2011), H. 9, S. 18-19.

 [www.kunststoff-magazin.de/epaper/km0911/km\\_0911/blaetterkatalog/index.htm](http://www.kunststoff-magazin.de/epaper/km0911/km_0911/blaetterkatalog/index.htm)

Faßnacht, P.; Kerkeling, J.; Nickel, R.: Künstlich-intelligent statt manuell. In: Plasterarbeiter, Hüthing, 62. Jg. (2011), H. 3, S. 72-73.

Faßnacht, P.; Nyhuis, P.; Richter, M.: Sieben Schritte. In: Logistik heute, Huss-Verlag GmbH, 33. Jg. (2011), H. 6, S. 26-27.

Faßnacht, P.; Overmeyer, L.: Automatisierte Temperiersystemauslegung mit naturanalogen Verfahren. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag München, 106. Jg. (2011), H. 11, S. 868-872.

Goudarzi, M.: Hochhinaus: Leichtbaukonzepte für Windenergieanlagen. In: phi - Produktionstechnik Hannover informiert, PZH-Verlag, 12. Jg. (2011), H. 1, S. 12.

Heißmeyer, S.; Meers, S.: Leuchtfeuer im Lagerbereich – Optische Technologien zur Indoor-Ortung von Flurförderzeugen. In: ti - Technologie-Informationen, o. Jg. (2011), H. 1, S. 7.

Heißmeyer, S.; Renken, V.; Overmeyer, L.; Ströbel, G.; Goch, G.: Maschine lernt mit. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Carl Hanser Verlag, 56. Jg. (2011), H. 1, S. 54-55.

Heißmeyer, S.; Renken, V.; Ströbel, G.; Overmeyer, L.; Goch, G.: Voraussagende Instandhaltung mit der Digitalen Maschinenakte. In: Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): FQS-DGQ-Band 83-06, 1. Aufl., Frankfurt am Main 2011.

Kache, H.; Krause, A.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Querkeilwalzen mit Flachbackenwerkzeugen steigert Ressourceneffizienz in der Kleinserie. In: Schmiede-Journal, Industrieverband Massivumformung e. V., o. Jg. (2011), H. 2, S. 56-58.

Kache, H.; Krause, A.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Querkeilwalzen mit Flachbackenwerkzeugen steigert Ressourceneffizienz in der Kleinserie. In: Schmiede-Journal, Industrieverband Massivumformung e. V., o. Jg. (2011), H. 2, S. 56-58.

Kache, H.; Nickel, R.; Behrens, B.-A.: An innovative cross wedge rolling preforming operation for warm forging. In: 4th Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2011), October 2nd – 5th 2011, Montreal, Canada, pp. 310-315.

Kerkeling, J.; Behrens, B.-A.: Pierced forgings: tool development for a combined single step process. In: Production Engineering, Research and Development, Springer Verlag, vol. 5 (2011), no. 2, pp. 201-207.

Kerkeling, J.; Faßnacht, P.: Neuronal statt manuell. In: AutoCAD und Inventor Magazin, WIN-Verlag, 24. Jg. (2011), H. 8, S. 62-63.

Kerkeling, J.; Müller, K.; Nickel, R. Behrens, B.-A.: Novel Forging Tool Design Improves Efficiency. In: Forge, BNP Media, Troy, Michigan (USA), January 2011, pp. 15-17.

 [www.forgemag.com/Articles/Feature\\_Article](http://www.forgemag.com/Articles/Feature_Article)

Krause, A. et al.: Aluminium-MMC in der Schmiedeindustrie. In: Aluminium Praxis, Giesel Verlag, 16. Jg. (2011), H. 11, S. 14.

Krause, A.; Kache, H.: Unvergänglich und verschleißmindernd: Diamanten. In: phi - Produktionstechnik Hannover informiert, PZH-Verlag, 12. Jg. (2011), H. 1, S. 12.

Lücke M., Krause A., Behrens B.-A.: Forging complex parts without flash. In: Proceedings of the 14th International ESAFORM Conference on Material Forming, AIP Conf. Proc. 1353, Belfast, Ireland 2011, pp. 386-390.

Marchenko, M.; Ullmann, G.: Reklamation! In: pzh2011, Das Magazin des Produktionstechnischen Zentrums der Leibniz Universität Hannover / Jahresbericht 2010, S. 60-63.

Meers, S.; Heißmeyer, S.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L.: Intelligente Schnittstellen machen Lieferketten wandlungsfähig. In: VDI-Z Integrierte Produktion, Springer VDI-Verlag, 153. Jg. (2011), H. 10, S. 59-61.

Meyer, M.; Lücke, M.; Nickel, R.; Behrens, B.-A.: Flashless Forging of a Two-Cylinder Crankshaft with Secondary Form Elements. In: Forging, Penton Media Inc., vol. 21 (2011), no. 1, pp. 14-17.

 [www.forgingmagazine.com/frontpage/feature/86912/flashless\\_forging\\_of\\_a\\_twocylinder\\_crankshaft\\_with\\_secondary\\_form\\_elements](http://www.forgingmagazine.com/frontpage/feature/86912/flashless_forging_of_a_twocylinder_crankshaft_with_secondary_form_elements).

Münzberg, B.; Schmidt, M.; Rochow, P.; Nyhuis, P.: Logistisches Montagecontrolling. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag München, 106. Jg. (2011), H. 12, S. 969-973.

Nickel, R.; Eilert, B.; Nejd, W.; Zenz, G.: Unterstützung von Serviceabteilungen durch Semantic Web-Technologien. In: Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): FQS-DGQ-Band 83-05, 1. Aufl., Frankfurt/Main 2011.

Nyhuis, P.; Richter, M.: In acht Schritten zum Geschäftssystem. In: it & production, TeDo-Verlag GmbH, 12. Jg. (2011), H. 6, S. 38-41.

Papežík, M.; Šrom, M.; Kache, H.: Development of warm forging process – project De-VaPro. In: Kovárenství, May 2011/41, Opravy a údržba v kovárnách - Collection of 8th forging conference SKČR, 11th-12th May 2011, Jihlava, Czech Republic, Svaz kováren ČR o.s., pp. 105-108.

Potthast J.-M.; Baumgarten S.: Lean-Production-Methods for XXL-Products. In: Logistics Journal, Wissenschaftliche Gesellschaft für Technische Logistik, o. Jg. (2011).

 [www.logistics-journal.de/not-reviewed/2011/10/3142](http://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2011/10/3142)

Rüther, T.; Meyer, M.; Behrens, B.-A.: Grenzen der Umformung von XXL-Produkten – Effekte bei der Großskalierung konventioneller Fertigungsverfahren. In: VDI-Z Integrierte Produktion, Springer VDI Verlag, 153. Jg. (2011), H. 11/12, S. 31-33.

Schachmanow, J.; Overmeyer, L.; Nickel, R.: Projekt „Dezentrale, agentenbasierte Selbststeuerung von FTS“ – Agenten im „soften“ Einsatz der Intralogistik. In: Hebezeuge Fördermittel, Huss Verlag, o. Jg. (2011), H. 12, S. 688-689.

Selaouti, A.; Baumgarten, S.; Nickel, R.: Effizienter Werkzeugeinsatz beim Präzisions schmieden – Ein Ansatz für eine verbesserte Abstimmung zwischen Werkzeug-instandhaltung und Produktionsplanung und -steuerung. In: Industrie Management, Gito Verlag, 27. Jg. (2011), H. 6, S. 73-76.

Ullmann, G.; Marchenko, M.: Fehlerfreier Fehlerbericht - Qualitätsbewertung von 8D-Berichten mittels Text Mining. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Carl Hanser Verlag, 56. Jg. (2011), H. 7, S. 58-59.

Wrobel, G.; Buse, C.; Kerkeling, J.; Rüther, T.: Software-unterstützte Störungsbehebung. In: A & D Kompendium – Vorsprung Automation, publish industry, 14. Jg. (2011), S.77-79.

---

## Vorträge 2011

---

Askri, M.-A: Funktionsbasierte Angebotskalkulation im Spritzgießwerkzeugbau durch Methoden der Ähnlichkeitssuche. Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau, 15. Juni 2011, Hannover.

Astitouh, A.: Sensor-Integrated grinding tool, Innovations in Production Technology - The Hannover Center for Production Technology at the EMO 2011. EMO 2011, 23. September 2011, Hannover.

Eilert, B.: Einsatzpotenziale und Grenzen von RFID. Branchenforum Produktionstechnik, 7. April 2011, Hannover.

Krause, A.: Improved wear resistance by DLC coatings. The Minerals, Metals & Materials Society, 140th Annual Meeting & Exhibition (TMS 2011), 27th February – 3rd March 2011, San Diego, California (USA).

Marchenko, M.; Ullmann, G.: Exzellentes Reklamationsmanagement - Automatisierte Qualitätsbewertung von 8D-Berichten. PDAP7 Anwendertreffen, Jessen Lenz GmbH, 15. April 2011, Thierstein.

Stonis, M.: Mehrdirektionales Schmieden als Vorformverfahrens für Langteile. In: Buchmayer, B.; Behrens B.-A. (Hrsg.): Workshop Schmiedewerkzeuge Technologien – Entwicklungen – Anwendungen. S. 137-151. 24.-25. Oktober 2011, Salzburg, Österreich.



---

# Impressum

---

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH  
Hollerithallee 6 | 30419 Hannover

 +49 (0)511 27976-0

 +49 (0)511 27976-888

 [info@iph-hannover.de](mailto:info@iph-hannover.de)

 [www.iph-hannover.de](http://www.iph-hannover.de)

Geschäftsführung: Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens | Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis | Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer | Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Rouven Nickel (bis 12/2011) / Dr.-Ing. Georg Ullmann (seit 01/2012)

Vorsitzender des Beirats: Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

Sitz der Gesellschaft: Hannover AG HRB 50530

© IPH 2012. Alle Rechte vorbehalten.

Hinweis: Soweit Produktnamen, Markennamen, Handelsbezeichnungen und Warenzeichen im Text genannt werden, erkennt das IPH die jeweiligen Rechte der Rechtsinhaber ausdrücklich an.

Konzeption, Satz und Layout: Meike Wiegand, IPH

## Bildnachweise

---

Titelseite: Joseph Helfenberger / Fotolia.com | S. 18/19: alle IPH | S. 20 oben: Mona Goudarzi | S. 20 unten: IPH | S. 21: IPH | S. 22: Rabanus / Bahlsen GmbH & Co. KG | S. 23: RMA Reichardt Maas Assoziierte Architekten | S. 24/25: alle IPH | S. 26: Airbus | S. 27: alle PZH Verlag GmbH | S. 33: IPH | S. 35: Günni80 / Fotolia.com | S. 37: Götting KG | S. 39: IPH | S. 41: IPH | S. 43: IPH | S. 45: IPH | S. 47: th-photo / Fotolia.com | S. 49: IPH | S. 51: IPH | S. 53: pixeltrap / Fotolia.com | S. 55: Paul Beier GmbH & Werkzeug- und Maschinenbau & Co. KG | S. 57: IPH | S. 59: Dr. Georg Ullmann | S. 61: Jens Knigge | S. 63: IPH | S. 65: Alterfalter / Fotolia.com | S. 67: BLG Logistics Solutions GmbH



IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover  
gemeinnützige GmbH  
Hollerithallee 6  
30419 Hannover

 [www.iph-hannover.de](http://www.iph-hannover.de)