

---

Beratung, Forschung & Entwicklung und Qualifizierung

---



Perspektiven für die Produktionstechnik | Jahresbericht 2016



"Der Mann mit einer neuen Idee ist ein Spinner,  
bis diese sich als erfolgreich erweist."

*Mark Twain, amerikanischer Schriftsteller und Humorist (1835-1910)*



---

# Vorwort

---

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die Digitalisierung ist eine der größten Herausforderungen für die deutsche Wirtschaft. Laut einer repräsentativen Umfrage im Auftrag des Digitalverbands Bitkom betrachten neun von zehn Unternehmern den digitalen Wandel als Chance – und trotzdem haben zwei Drittel das Gefühl, der Konkurrenz hinterherzuhinken. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, benötigen sie professionelle Unterstützung. Denn die heutigen Produktionsprozesse werden sich stark verändern.

In naher Zukunft arbeiten Mensch und Maschine Hand in Hand (Seite 44), Algorithmen legen Fertigungsprozesse aus (Seite 46) und sagen Absatzzahlen vorher (Seite 52). Produkte werden individuell nach Kundenwunsch gestaltet und trotzdem hocheffizient am Fließband hergestellt (Seite 54). Und die Fachkräfte von morgen nutzen Datenbrillen und intelligente Kleidung ebenso selbstverständlich wie Smartphones heute (Seite 60).

Wir sind davon überzeugt, dass sich diese Ideen als erfolgreich erweisen werden. Deshalb stellen wir die Digitalisierung nicht nur ins Zentrum der Forschung am IPH, sondern unterstützen Unternehmen auch ganz konkret dabei, ihre Produktion zu automatisieren und zu vernetzen. Auf dem Weg in Richtung Industrie 4.0 begleiten wir viele Unternehmen vom ersten Schritt an: Wir analysieren die Produktion und machen Vorschläge, welche Prozesse digitalisiert werden können – damit unsere Kunden der Konkurrenz nicht hinterherhinken, sondern vorangehen.

Kleine und mittlere Unternehmen unterstützen wir sogar kostenfrei. Gemeinsam mit dem Produktionstechnischen Zentrum Hannover steht das IPH an der Spitze von „Mit uns digital!“, dem Mittelstand-4.0-Kompetenzzentrum für Niedersachsen und Bremen (Seiten 15 und 17). In diesem Zentrum bündeln dutzende Forschungseinrichtungen und Unternehmen ihr Know-how. Gemeinsam mit unseren Partnern können wir Unternehmen helfen, sämtliche Hürden auf dem Weg zur digitalen Produktion zu meistern. Im Bereich Industrie 4.0 sind wir damit der wichtigste Ansprechpartner für den Mittelstand – nicht nur in Niedersachsen.



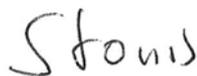
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis



Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer



Dr.-Ing. Malte Stonis



---

# Geschäftsführung und Beirat

---

## Geschäftsführung

---

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

| *Geschäftsführender Gesellschafter und Sprecher der Geschäftsführung* |

Dr.-Ing. Malte Stonis

| *Koordinierender Geschäftsführer* |

## Beirat

---

Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek

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

Dr. Sabine Johannsen

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

Dr.-Ing. Andreas Jäger

| *Geschäftsführer der Jäger Gummi und Kunststoff GmbH* |

Dr.-Ing. Kai Brüggemann

| *Hamburg Plant Management, Airbus Operations GmbH* |

Dr. Volker Müller

| *Hauptgeschäftsführer der Unternehmerverbände Niedersachsen e. V.* |

Dr. sc. techn. Andreas Sennheiser

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

---

# Inhaltsverzeichnis

---

5	Vorwort
7	Geschäftsführung und Beirat
8	Inhaltsverzeichnis

## Das war 2016

---

14	Minister Olaf Lies besucht das IPH...
15	... und eröffnet die Generalfabrik
16	Digitalisierung: Schulungen für KMU
18	Das IPH unter neuer Führung
19	Neue Ausstattung für das Messlabor
20	Ausgezeichnete Forschung
21	Exzellente Abschlussarbeit
22	IPH verleiht erstmals Zukunftspreis
23	Flüchtling unterstützt Forschung am IPH
24	Wirtschaft und Wissenschaft im Dialog
25	„phi“ informiert über Produktionstechnik
26	Veranstaltungen
28	Dissertationen
29	Zahlen und Fakten

## Ausgewählte Projekte

---

32	<b>Ein Lager für grüne Energie</b> <b>Produzierende Unternehmen können Strom speichern – und Geld sparen</b> Um Energiekosten zu sparen, können Unternehmen künftig Preisschwankungen ausnutzen. Ist der Strom gerade billig, arbeiten sie energieintensive Aufträge ab und speichern die günstige Energie sozusagen im Lager. Das IPH entwickelt dafür ein Modell zur Produktionsplanung.
34	<b>Mehr produzieren ohne Mehrarbeit</b> <b>IPH optimiert Fertigungsprozess mithilfe von Materialflusssimulationen</b> Will ein Unternehmen die Produktionsmenge erhöhen, kann es zusätzliche Maschinen anschaffen, Sonderschichten anordnen – oder schlicht die bestehende Produktionslinie effizienter gestalten. Materialflusssimulationen helfen dabei, verstecktes Potenzial aufzudecken.

- 36 **Um die Ecke geschmiedet**  
**Stahlkolben-Produktion: Neues Werkzeug ermöglicht Hinterschnitte**  
Kolben für Fahrzeugmotoren lassen sich künftig schneller und günstiger herstellen. Basis dafür ist ein Schmiedewerkzeug, das erstmals auch Hinterschnitte einbringen kann. Die Vorbohrungen für den Kolbenbolzen lassen sich damit schon während der Umformung erzeugen. Das erleichtert die Nachbearbeitung erheblich.
- 38 **Neues Layout für bestehende Fabrik**  
**IPH unterstützt Weserland bei der Standortzusammenführung**  
Aus zwei Produktionsstandorten wird einer: Die Weserland GmbH hat ihre Abfüll- und Etikettieranlagen von Nienburg nach Hannover verlagert. Das Layout für das neue Fabrikgebäude stammt vom IPH. Die Fabrikplanungsexperten halfen dabei, die bestehenden Anlagen auf einer kleineren Fläche optimal unterzubringen.
- 40 **Fernüberwachung von Schiffsgetrieben**  
**Sensoren sollen Verschleiß der Lamellenkupplung messen**  
Mit einem Condition-Monitoring-System für Schiffsgetriebe will das IPH Ausfällen vorbeugen und Wartungskosten sparen. Drahtlose, energieautarke Sensoren sollen den Verschleiß der Lamellenkupplung überwachen, die die Kraft des Motors an das Getriebe überträgt – um sie zum richtigen Zeitpunkt austauschen zu können.
- 42 **Windanlagen effizient demontieren**  
**Strategie zum kostengünstigen Rückbau veralteter Windparks**  
Wie lassen sich in die Jahre gekommene Windenergieanlagen kostengünstig abbauen? Das IPH entwickelt derzeit eine Strategie: Statt die Altanlagen komplett vor Ort zu demontieren, sollen sie in sogenannten Demontage-Netzwerken effizient zurückgebaut und recycelt werden.
- 44 **Gestatten: Kollege Gabelstapler**  
**Transportfahrzeug versteht menschliche Sprache und Gesten**  
Mensch und Maschine arbeiten künftig Seite an Seite. Nicht nur Roboter in der Montage, sondern auch Fahrzeuge in der Logistik lernen, Arbeitsanweisungen zu verstehen und selbstständig umzusetzen. Die Forscher am IPH tragen dazu bei: Sie haben eine Sprach- und Gestensteuerung für einen Schubmaststapler entwickelt.
- 46 **In Sekunden zur optimalen Vorform**  
**Evolutionärer Algorithmus legt querkeilgewalzte Bauteile aus**  
Schmiedeunternehmen können viel Material sparen, wenn sie querkeilgewalzte Vorformen einsetzen. Deren Auslegung ist jedoch äußerst zeitaufwendig und lohnt sich bei Kleinserien meist nicht. Das IPH hat jetzt einen Algorithmus entwickelt, der querkeilgewalzte Vorformen schnell automatisiert auslegt.

- 48      **Kraftwerks-Rückbau beschleunigen**  
**Demontage von Kernkraftwerken: IPH entwickelt Steuerungsverfahren**  
20 Jahre kann der Rückbau eines einzigen Kernkraftwerks dauern – weil die Dekontamination der Bauteile aufwendig ist und oft ineffizient abläuft. Das IPH hat mit Unterstützung eines Kraftwerksbetreibers ein Steuerungsverfahren entwickelt, das den Rückbau um ein ganzes Jahr beschleunigen könnte.
- 50      **Kurbelwellen heiß beschriften**  
**Alternatives Automatisierungskonzept für ein Schmiedeunternehmen**  
Wie lassen sich Kurbelwellen während der Herstellung so beschriften, dass das Bauteil nicht schadensanfälliger wird und die Buchstaben dennoch dauerhaft lesbar bleiben? Diese Herausforderung sollte das IPH für einen Kunden lösen. Die Ingenieure haben zahlreiche Ideen entwickelt – mit teils unkonventionellen Ansätzen.
- 52      **Absatzprognose mit Google und Co.**  
**Suchmaschinendaten helfen, Verkaufszahlen genauer vorauszusagen**  
Wie viele Produkte ein Unternehmen in Zukunft verkauft, lässt sich nicht zuverlässig vorhersagen. Bisherige Methoden zur Absatzprognose orientieren sich vor allem an Vorjahreszahlen und sind entsprechend ungenau. Suchmaschinen ermöglichen eine bessere Prognose: Denn was der Kunde heute googelt, könnte er morgen kaufen.
- 54      **Die Fabrik der Zukunft**  
**Vernetzte Maschinen, dezentrale Steuerung, intelligente Fördertechnik**  
Die Fabrik der Zukunft ist vollautomatisiert – und produziert trotzdem individuelle Waren in Losgröße 1. Wie von selbst finden die Produkte den günstigsten Weg durch die Fabrik, Förderbänder und Maschinen kommunizieren miteinander und treffen Entscheidungen, ohne dass der Mensch eingreifen muss.
- 56      **Schneller produzieren, pünktlicher liefern**  
**Optimierungspotenzial in der Bolzen-Herstellung**  
Wie lassen sich Bolzen für die Luftfahrt schneller produzieren? Ein Metall-Konzern hat sich diese Frage gestellt und das IPH mit einer Prozessanalyse beauftragt. Obwohl die Produktion bereits klar strukturiert ist, deckten die Ingenieure weiteres Verbesserungspotenzial auf.
- 58      **Gratlos Schmieden in drei Schritten**  
**Verkürzte Prozesskette zur Herstellung von Kurbelwellen**  
Beim gratlosen Schmieden komplizierter Bauteile ist das IPH führend: Seit mehr als 20 Jahren erforschen die Ingenieure das Umformverfahren. Jetzt ist ihnen ein weiterer großer Schritt gelungen: Sie haben die entscheidenden Grundlagen dafür gelegt, Kurbelwellen in Zukunft in nur drei Stufen gratlos schmieden zu können.

60

**Digitale Assistenten in der Produktion**

**Reifegradmodell unterstützt die Einführung von Tablets und Co.**

Digitale Assistenten erleichtern die Arbeit enorm. Von der Datenbrille bis zum Tablet existieren unzählige solcher Helfer. Jedoch fällt es gerade kleinen und mittleren Unternehmen schwer, die passende Technologie auszuwählen und einzuführen. Ein Reifegradmodell soll sie dabei in Zukunft unterstützen.

Projekte, Partner, Publikationen

---

64

Projekte 2016

70

Partner 2016

73

Publikationen 2016

81

Bildquellen

82

Impressum



---

Das war 2016

---



---

## Minister Olaf Lies besucht das IPH...

---

Das IPH forscht und entwickelt für den niedersächsischen Mittelstand – davon konnte sich Niedersachsens Wirtschaftsminister Olaf Lies bei einem Besuch im Februar 2016 überzeugen. Zwei Stunden lang schaute er den Ingenieuren über die Schulter. Dabei erfuhr er, wie sie wandlungsfähige Fabriken planen, Produktionsprozesse automatisieren und neue Fertigungsverfahren entwickeln.

Derzeit entwickeln die Forscher beispielsweise ein Herstellungsverfahren für hochbelastete Bauteile – etwa Antriebswellen für Fahrzeuge. Solche Bauteile werden bisher vollständig aus hochfestem, teurem Material hergestellt. Sparsamer wäre es, hochfesten Stahl nur für jene Stellen zu verwenden, die tatsächlich hohen Belastungen standhalten müssen, und den Rest des Bauteils aus günstigerem Material zu fertigen. Wie sich unterschiedliche Materialien zu einem Bauteil kombinieren lassen, untersuchen die IPH-Ingenieure gemeinsam mit der Leibniz Universität Hannover in einem Sonderforschungsbereich.

Wirtschaftsminister Lies war vor seiner politischen Karriere selbst in der Forschung tätig. Der Elektrotechnik-Ingenieur begeistert sich nach wie vor für die Technologien, die in den Werkstätten und Laboren niedersächsischer Forschungsinstitute entstehen – besonders, wenn sie der Wirtschaft zu Gute kommen. „Wenn wir wollen, dass Arbeitsplätze in Niedersachsen entstehen, dann brauchen wir die Technologien, die am IPH entwickelt werden“, so der Minister. „Die großen Unternehmen entwickeln ihre Technologien selbst. Aber der Mittelstand ist darauf angewiesen, moderne Verfahren nutzen zu können, die er nicht selbst entwickelt hat.“ Das Land Niedersachsen unterstützt dies auch finanziell: Seine jährliche Grundförderung erhält das IPH aus Landesmitteln.



---

## ... und eröffnet die Generalfabrik

---

Industrie-4.0-Lösungen für den Mittelstand zeigt die Generalfabrik auf dem Messegelände in Hannover, die Wirtschaftsminister Olaf Lies im April 2016 eröffnet hat. Unternehmen erfahren hier, wie sie ihre Produktion auch mit kleinem Budget digitalisieren können.

### **mit uns digital!**

Das Zentrum für Niedersachsen und Bremen

Betrieben wird die Generalfabrik von „Mit uns digital!“, dem Kompetenzzentrum für Niedersachsen und Bremen. Dabei handelt es sich um ein gemeinsames Projekt des Produktionstechnischen Zentrums Hannover (PZH) und des Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH). Die Experten wollen kleinen und mittleren Unternehmen anschaulich vermitteln, welchen praktischen Nutzen Digitalisierung und Vernetzung mit sich bringen. Zudem bieten sie kostenfreie Unterstützung bei der Umsetzung im eigenen Betrieb.

In der Generalfabrik werden Industrie-4.0-Lösungen an einem einfachen Beispiel vermittelt, der Produktion individueller Kugelschreiber. Die Besucher können ihr Produkt nach eigenen Wünschen konfigurieren und anschließend durch die Fertigung begleiten. Die vorgestellten Technologien – vom fahrerlosen Transportsystem bis zum Roboter für die Qualitätsprüfung – können auch Mittelständler nutzen, um ihre Produktion effizienter zu gestalten.

Minister Olaf Lies ist es wichtig, dass gerade kleine und mittlere Unternehmen die Chancen nutzen, die die Digitalisierung bietet: „Denn sie sind der Motor und die treibende Kraft für den Wirtschaftsstandort Niedersachsen.“

---

# Digitalisierung: Schulungen für KMU

---

Digitale Fabrikplanung, fahrerlose Transportfahrzeuge, Big Data: Zu diesen Themen bietet das IPH seit August 2016 Schulungen an. Mitarbeiter kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) können kostenlos daran teilnehmen. Finanziert werden die Schulungen vom Bundeswirtschaftsministerium.

## Fabriken digital planen

---

Ob Neubau oder Umstrukturierung: Schon vor dem ersten Spatenstich lässt sich überprüfen, wie effizient eine Fabrik in Zukunft sein wird. Mit moderner Software können Unternehmen komplexe Produktionsabläufe und Materialflüsse simulieren sowie Fabriklayouts in Virtual-Reality-Umgebungen darstellen.

Den Umgang mit dieser Software erlernen Fach- und Führungskräfte im eintägigen Seminar „Kästchen schieben war gestern – digitale Fabrikplanung und -bewertung“. Die Teilnehmer erwerben grundlegendes Know-how, um Fabriken digital zu planen, verschiedene Layoutvarianten zu vergleichen und letztlich zu entscheiden, ob eine Umstrukturierung oder ein Neubau sinnvoll ist.

## Transport fahrerlos organisieren

---

Lohnt sich der Einsatz von fahrerlosen Transportfahrzeugen auch in kleinen Unternehmen? Das erfahren Fach- und Führungskräfte in der Schulung „Intelligenter Materialtransport mit Fahrerlosen Transportsystemen (FTS)“.

Die Teilnehmer erhalten einen Überblick über verschiedene Technologien und erwerben erste praktische Erfahrungen im Umgang mit Fahrerlosen Transportfahrzeugen (siehe Foto). Nach der Schulung wissen sie, welche Systeme sich für welche Einsatzgebiete eignen, können Vor- und Nachteile besser beurteilen sowie den Einsatz von Fahrerlosen Transportsystemen im eigenen Unternehmen leichter planen.

## Datenschätze auswerten

---

Wie sich Produktionsdaten systematisch auswerten lassen und welche Werkzeuge zur Datenanalyse zur Verfügung stehen, lernen die Teilnehmer der Schulung „Wachsende Datenberge beherrschen lernen – Anwendungen von Big Data und Data Mining in Produktion und Logistik“. Von der Auftragsvergabe an Lieferanten über die Fertigung bis zum Versand fallen in jedem Unternehmen Unmengen von



Daten an, die jedoch meist nicht genutzt werden. Dabei ließe sich ein wahrer Datenschatz bergen: Wenn Unternehmen Informationen strukturiert auswerten, erkennen sie oftmals überraschende Zusammenhänge – und können mit diesem Wissen ihre Fertigung effizienter gestalten und Produkte verbessern. Welchen konkreten Nutzen Big Data für ihr Unternehmen bietet, erfahren Fach- und Führungskräfte in der Schulung.

„Mit uns digital!“ vermittelt Know-how für den Mittelstand

---

Weitere kostenlose Schulungen zum Thema Industrie 4.0 bietet „Mit uns digital! Das Zentrum für Niedersachsen und Bremen“ an. Das IPH und das Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) leiten das Zentrum, mehr als ein Dutzend weitere Institute und Unternehmen beteiligen sich daran. Ihr gemeinsames Ziel: Sie wollen Mittelständler in Niedersachsen und Bremen fit für den digitalen Wandel machen

## mit uns digital!

Das Zentrum für Niedersachsen und Bremen

und ihnen das nötige Know-how vermitteln, um ihre Produktion zu digitalisieren und zu vernetzen.

Bis Ende 2018 wollen die Experten rund 250 Schulungstermine anbieten. Die Themen reichen von einem generellen Überblick über Industrie-4.0-Technologien bis zu rechtlichen Fragen und IT-Sicherheit.



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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen 01-MF15002B wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Förderschwerpunkts Mittelstand-Digital gefördert.*

---



---

## Das IPH unter neuer Führung

---

Mit Dr. Malte Stonis hat das IPH einen neuen Geschäftsführer: Im September 2016 löste er Dr. Georg Ullmann ab, der das IPH fast fünf Jahre lang geleitet hat. Stonis ist zwar neu an der Spitze, kennt das IPH jedoch bereits seit elf Jahren sehr genau. Er war zunächst Projektingenieur und promovierte 2011 am IPH; außerdem leitete er die Abteilung Prozesstechnik und war Prokurist.

### Dienstleistungsangebot schärfen

---

In seiner neuen Rolle als koordinierender Geschäftsführer will Stonis vor allem das Dienstleistungsprofil des IPH schärfen. „Wir analysieren derzeit, welche Fragen sich die Industrie wirklich stellt und wo Unternehmen Hilfe benötigen“, sagt er. „Anschließend wollen wir unser Dienstleistungs-Angebot bedarfsorientiert anpassen.“

Zudem hat Stonis begonnen, ein Netzwerk von Experten aufzubauen. „Um unsere Kunden bestmöglich unterstützen zu können, brauchen wir starke Partner“, sagt er. Deshalb vertieft er die Kontakte zu Unternehmen und Forschungseinrichtungen, zu Wirtschaftsförderern und zu Entscheidern aus Politik und Verwaltung.

### Investitionen für die Forschung

---

Für die wissenschaftliche Arbeit will Stonis gezielt in hochwertige Ausstattung investieren. Anfang 2016 hat das IPH bereits einen neuen 3D-Scanner für das Messlabor angeschafft. „Doch das war erst der Anfang“, sagt Stonis. „Wenn wir weiter vorne mitspielen wollen, sind zusätzliche Investitionen nötig.“

---

# Neue Ausstattung für das Messlabor

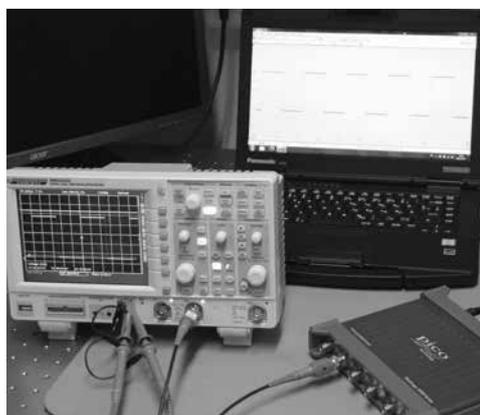
---

100.000 Euro hat das IPH in neue Ausstattung für das Messlabor investiert. Die Wissenschaftler haben 2016 einen 3D-Scanner sowie modernste Kamera- und Mikroskop-Objektive angeschafft. Damit lassen sich hochauflösende 2D- und 3D-Bilder erzeugen und auswerten.

Mit dem 3D-Scanner können die Wissenschaftler Bauteile auf 15 Mikrometer genau vermessen (siehe Foto links). Aus den Messdaten erzeugt der Rechner ein dreidimensionales, digitales Objekt, das sich anschließend mit der CAD-Konstruktion des Bauteils abgleichen lässt. Bei Schmiedeteilen können die Forscher die Formfüllung und den Verschleiß untersuchen, Schmiedefehler erkennen und überprüfen, ob der Gratanteil mit der Simulation übereinstimmt.

Die neu angeschafften Optiken nutzen die IPH-Mitarbeiter beispielsweise, um innovative Messsysteme zu erforschen – etwa im Forschungsprojekt „IntegrAD“. Gemeinsam mit Partnern haben die Wissenschaftler ein optisches Messverfahren entwickelt, mit dem sich berührungslos das Drehmoment und die absolute Drehwinkelposition einer Welle bestimmen lassen. Den Prototypen haben sie im Messlabor aufgebaut und getestet. Zur Signalanalyse stehen dort unter anderem verschiedene digitale Oszilloskope bereit (siehe Foto rechts).

Von den Investitionen profitiert einerseits die Forschung am IPH, andererseits kommt die neue Messtechnik teilweise auch der Industrie zu Gute. Seinen Kunden kann das IPH nun beispielsweise optische Qualitätsprüfungen anbieten. Unter dem Mikroskop können die Ingenieure verschiedene Proben automatisiert analysieren und Fehler auf der Oberfläche erkennen – etwa Kratzer und Risse, die bei der Produktion entstehen. Damit unterstützt das IPH seine Kunden, Herstellungsprozesse zu optimieren und die Bauteilqualität zu verbessern.



---

# Ausgezeichnete Forschung

---

Für ihre Forschungsergebnisse zur Wegenetz-Planung ist Sarah Uttendorf gleich mehrfach ausgezeichnet worden. Ihr Forschungsprojekt „FTS-Wegenetz“ schaffte es unter die drei Finalisten für den Otto von Guericke-Preis, zudem erhielt sie den Best Paper Award der Fachkonferenz IEEM.

## Otto von Guericke-Preis

---

Im Forschungsprojekt „FTS-Wegenetz“ hat Sarah Uttendorf eine Software entwickelt, mit der sich Wegenetze für Fahrerlose Transportsysteme vollautomatisch auslegen lassen. Bisher war dies ein aufwendiger manueller Prozess: Erfahrene Planer benötigten Wochen, um die optimalen Routen festzulegen, auf denen sich die Transportfahrzeuge durch die Fabrik bewegen sollten. Dank der Software sinken der Zeitaufwand und die Kosten für die Wegenetzplanung enorm. Zudem sind die computergenerierten Wegenetze effizienter als die manuell ausgelegten.

Die AiF hat „FTS-Wegenetz“ als Finalisten für den Otto von Guericke-Preis 2016 ausgewählt. Damit gehört das Forschungsvorhaben zu den drei besten von insgesamt rund 1.500 IGF-Projekten in ganz Deutschland.

## Best Paper Award

---

International ausgezeichnet wurden die Forschungsergebnisse ebenfalls: Bei der Fachkonferenz IEEM 2016 hat Sarah Uttendorf den Best Conference Paper Award gewonnen. In ihrem Konferenzbeitrag mit dem Titel „A Fuzzy Logic Expert System for the Automated Generation of Roadmaps for Automated Guided Vehicle Systems“ erklärt sie, wie die Wegenetz-Algorithmen genau funktionieren.

Herkömmliche Algorithmen berechneten lediglich mathematisch optimale Routen, die jedoch nicht praxistauglich waren. Oft führten sie kreuz und quer durch die Fabrikhalle, sodass die Wege viel Platz einnahmen und Zusammenstöße zwischen Fahrzeugen und Fabrikarbeitern drohten. Uttendorf hat die klassischen Wegfindungsalgorithmen um ein sogenanntes Fuzzy-Inferenz-System erweitert – und so künstliche Intelligenz mit menschlicher Logik gepaart.



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



---

## Exzellente Abschlussarbeit

---

IPH-Mitarbeiter Benjamin Küster hat den ersten Preis der Jungheinrich Excellence Awards gewonnen – mit seiner Masterarbeit über die „Entwicklung eines Systems zur echtzeitfähigen Gestenerkennung auf Basis eines Skelettmodells“.

Das Ziel seiner Arbeit war die Entwicklung eines Systems, das mithilfe einer 3D-Kamera in der Lage ist, Gesten in Echtzeit zu erkennen. So kann der Bediener einem Fahrerlosen Transportfahrzeug über Zeigegesten Transportaufträge erteilen – beispielsweise einem Gabelstapler. Die Gestenerkennung erfolgt auf Basis eines Skelettmodells.

Küster arbeitet seit Ende 2014 als Projektingenieur am IPH. Seine Masterarbeit hat er zuvor ebenfalls am Institut geschrieben. Die Ergebnisse flossen in das Forschungsprojekt „FTF out of the Box“ ein, ein Kooperationsprojekt der Jungheinrich AG mit dem IPH und weiteren Partnern.

Mit den Excellence Awards unterstützt die Dr. Friedrich Jungheinrich-Stiftung junge Talente der MINT-Studiengänge, die mit ihrer Abschlussarbeit herausragende Leistungen erbracht haben. Die Preisverleihung fand im Oktober 2016 statt. Im Beisein von 150 geladenen Gästen nahm Küster den Award, die Urkunde sowie einen Scheck über 6.000 Euro in der Jungheinrich-Konzernzentrale in Hamburg entgegen. Die Excellence Awards werden alle zwei Jahre verliehen; die nächste Preisverleihung findet im Herbst 2018 statt.

⇒ Mehr zum Forschungsprojekt „FTF out of the Box“ auf Seite 44



---

## IPH verleiht erstmals Zukunftspreis

---

500 Euro für die beste Abschlussarbeit: Mit diesem Preisgeld belohnt das IPH besonders engagierte Studenten. Im Oktober 2016 hat das Forschungsunternehmen zum ersten Mal den IPH-Zukunftspreis verliehen. Künftig soll damit jedes Jahr die beste studentische Abschlussarbeit ausgezeichnet werden, die im Laufe des Jahres am IPH geschrieben wurde.

---

### Beste Abschlussarbeit 2016: Optimierung von querkeilgewalzten Vorformen

---

Der IPH-Zukunftspreis 2016 ging an den Maschinenbau-Studenten Daniel Kampen. Er verfasste eine Bachelorarbeit über die Optimierung von querkeilgewalzten Vorformen. Darin ging er der Frage nach, wie sich Vorformen für verschiedene Bauteile so optimieren lassen, dass beim Schmieden möglichst wenig Material verschwendet wird. Dafür entwickelte er im Vorfeld einen Algorithmus, dessen Ergebnisse er für seine Arbeit mit der manuellen Auslegung von Vorformen verglich. Er kam zu dem Schluss, dass die Software nicht nur schneller, sondern auch präziser arbeitet als der Mensch.

IPH-Gesellschafter Professor Dr. Bernd-Arno Behrens lobte Kampens Arbeit bei der Preisverleihung als „herausragend“ und „absolut relevant für die Industrie“. Denn Schmiedeunternehmen könnten dank des Algorithmus in Zukunft nicht nur Zeit sparen, sondern auch Material: Der Algorithmus legt die Vorformen so aus, dass der sogenannte Gratanteil reduziert wird und beim Schmieden weniger Stahl eingesetzt werden muss.

⇒ Mehr zum Forschungsprojekt „Vorformoptimierung“ auf Seite 46

---

# Flüchtling unterstützt Forschung am IPH

---

Die Flüchtlingskrise hat 2016 ganz Deutschland betroffen. Allein in Hannover leben derzeit rund 3.900 Flüchtlinge. Die Menschen, die aus ihrer Heimat fliehen mussten, suchen hier in Deutschland eine Arbeit und Anschluss an die Gesellschaft. Darum hat auch das IPH Anfang 2016 einen Asylbewerber aus dem Iran eingestellt und damit einen wichtigen Beitrag zur Integration von Flüchtlingen geleistet.

Bevor er im Herbst 2015 nach Deutschland floh, hat Milad Younesi in seiner Heimat Maschinenbau studiert und am Flughafen als Konstruktionsingenieur gearbeitet. Im Februar 2016 kam Milad zunächst als Praktikant ans IPH – vermittelt über das Bildungswerk der Niedersächsischen Wirtschaft (BNW). Dort absolvierte er das Programm „Perspektiven für Flüchtlinge“, eine Mischung aus Berufsvorbereitung, Bewerbungstraining und Deutschunterricht.

Als Praktikant konstruierte Milad Montage-Roboter und Umformwerkzeuge, simulierte Schmiedeprozesse und erstellte Fabriklayouts. Er leistete so gute Arbeit, dass das IPH ein weiteres Praktikum über die Agentur für Arbeit ermöglichen konnte und gleichzeitig beantragt hat, ihn als wissenschaftliche Hilfskraft einstellen zu dürfen – ein großer bürokratischer Aufwand bei Flüchtlingen, die noch nicht offiziell anerkannt sind. Schließlich bekam Milad eine Arbeitserlaubnis und durfte zum 1. Juli den Vertrag unterschreiben.

Seine Hiwi-Tätigkeit hat er Ende September auf eigenen Wunsch wieder beendet – mit dem Ziel, zunächst intensiv Deutsch zu lernen und sich anschließend für ein Master-Studium einzuschreiben. Mit seinem Engagement und seiner positiven Art hat Milad das IPH sehr unterstützt.



---

# Wirtschaft und Wissenschaft im Dialog

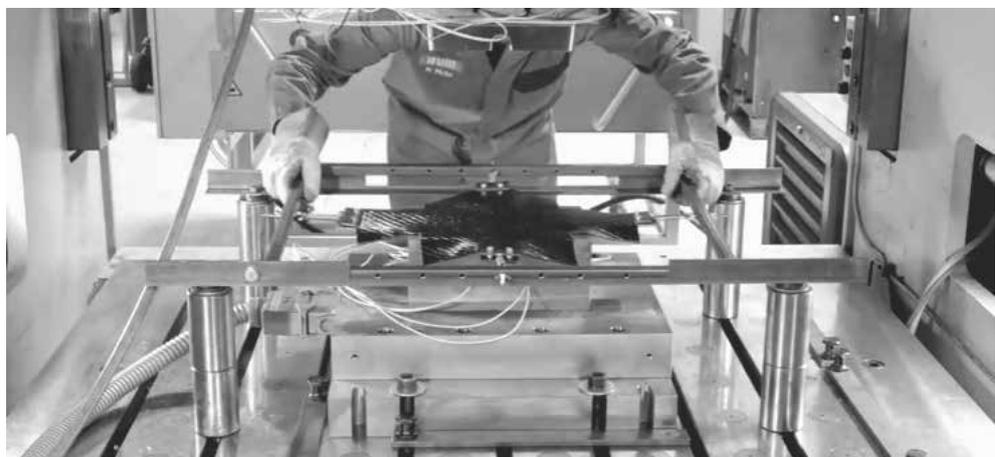
---

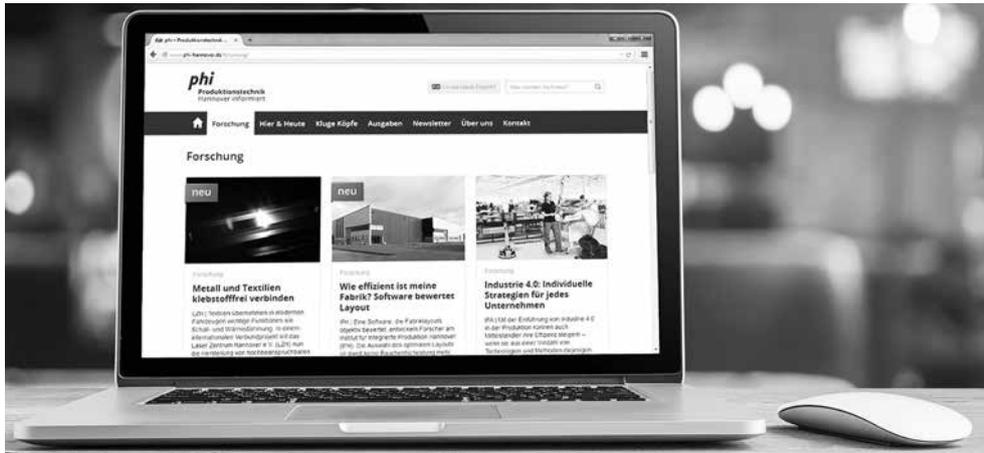
Neue Technologien für den Werkzeugbau stehen im Mittelpunkt des Niedersächsischen Industrieforums Werkzeugbau, das 2016 zum ersten Mal stattgefunden hat. Ins Leben gerufen wurde das Forum vom IPH in Zusammenarbeit mit Instituten des Produktionstechnischen Zentrums Hannover (PZH) der Leibniz Universität Hannover und dem Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs) der Technischen Universität Braunschweig. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA) unterstützt das Forum als Kooperationspartner.

Ziel des Forums ist, Wirtschaft und Wissenschaft zu vernetzen und gemeinsam neue Ideen für den Werkzeugbau zu erarbeiten. Hersteller und Anwender von Werkzeugen können mit Experten aus Forschung und Industrie diskutieren sowie gemeinsam neue Ideen und mögliche Lösungsansätze entwickeln. Beim Niedersächsischen Industrieforum Werkzeugbau werden außerdem Vorträge zu den Themen Entwicklung, Fertigung und Einsatz von Werkzeugen gehalten, die die Grundlage für anschließende Diskussionen bieten.

Das Niedersächsische Industrieforum Werkzeugbau findet künftig einmal pro Jahr statt. Somit bietet sich den Teilnehmern der Veranstaltung regelmäßig die Gelegenheit, sich mit anderen Unternehmen über die Technologien der Zukunft auszutauschen, die die Fertigungsprozesse beschleunigen und die Produktionsabläufe vereinfachen. Den Kern des Forums bilden die Chancen und Herausforderungen, die mit diesen Technologien einhergehen.

 [www.industrieforum-werkzeugbau.de](http://www.industrieforum-werkzeugbau.de)





---

## „phi“ informiert über Produktionstechnik

---

Geballte Informationen zur Produktionstechnik in Hannover bietet „phi“: Das Online-Magazin berichtet verständlich und praxisnah über aktuelle Projekte aus neun Forschungseinrichtungen und informiert über Veranstaltungen sowie Personalien.

Neuigkeiten für die Industrie und für ehemalige Mitarbeiter

---

Industrieunternehmen erfahren dank des Online-Magazins frühzeitig von neuen Technologien – vom klebstofffreien Fügen bis zur Software, die Fabriklayouts bewertet. Zudem informiert die Redaktion über Weiterbildungsangebote und Fachkonferenzen in Hannover. Ehemalige Mitarbeiter der produktionstechnischen Institute bleiben dank „phi“ ebenfalls auf dem Laufenden: Sie erfahren beispielsweise, wenn ihre einstigen Kollegen Preise gewinnen oder Start-ups gründen.

Gemeinsames Magazin von neun Forschungseinrichtungen

---

„phi“ steht für „Produktionstechnik Hannover informiert“. Die Redaktion besteht aus Mitarbeitern des Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH), des Laser Zentrums Hannover e. V. (LZH) und der sieben Institute des Produktionstechnischen Zentrums Hannover (PZH). Im Jahr 2000 als gedrucktes Magazin in deutscher Sprache gegründet, erscheint „phi“ seit 2014 ausschließlich digital und seit 2015 auch auf Englisch.

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

---

# Veranstaltungen

---

## Fachmessen und Tagungen

---

25.-29. April 2016 | Hannover

### **Hannover Messe**

Einen intelligenten Schubmaststapler hat das IPH bei der Hannover Messe vorgestellt: Das fahrerlose Fahrzeug orientiert sich selbstständig in Lager- und Fabrikhallen, versteht Sprachbefehle und erkennt Gesten.

7.-8. Juni 2016 | Berlin

### **ZUSE-Tage**

Zwei Tage, 62 Aussteller, mehr als 20 Vorträge: Bei den Zuse-Tagen hat sich Deutschlands Forschungsmittelstand erstmals gemeinsam der Öffentlichkeit präsentiert.

15. Juni 2016 | Garbsen

### **Niedersächsisches Industrieforum Werkzeugbau**

Neue Ideen für den Werkzeugbau haben Anwender und Entwickler beim Industrieforum im Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) ausgetauscht.

13. Oktober 2016 | Berlin

### **Digitale Innovationen für die Industrie**

Die Ergebnisse des Technologieprogramms AUTONOMIK für Industrie 4.0 standen im Mittelpunkt der Konferenz, zu der Bundeswirtschaftsministerium eingeladen hat.

20. Oktober 2016 | Hannover

### **Industrie 4.0 für Niedersachsen**

„Gemeinsam in die digitale Zukunft“ lautete das Motto der Fachtagung, die das Land Niedersachsen und NiedersachsenMetall gemeinsam organisiert haben.

25.-29. Oktober 2016 | Hannover

### **EuroBLECH**

Ein neues Leichtbauverfahren hat das IPH auf der EuroBLECH vorgestellt: Mit der Innenhochdruckumformung von Tailored Hybrid Tubes lassen sich künftig besonders leichte und dennoch belastbare Karosserieteile fertigen.

14. Dezember 2016 | Hannover

### **Digitalisierung hautnah – Ideen, Lösungen, Praxisbeispiele**

Digitalisierung für kleine und mittlere Unternehmen: Darüber haben sich die Teilnehmer der Mittelstand 4.0-Regionalkonferenz ausgetauscht.

## Internationale Konferenzen

---

3.-9. Januar 2016 | USA

**PLASTICITY**

International Conference on Plasticity, Damage, and Fracture

4.-5. Februar 2016 | Australien

**ICHE**

International Conference on Industrial and Information Engineering

25.-26. April 2016 | USA

**ICAMNA**

International Conference on Applied Mathematics and Numerical Analysis

23.-26. Mai 2016 | Korea

**ICIMSA**

International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications

21.-27. August 2016 | Portugal

**CIRP**

The International Academy for Production Engineering 66th General Assembly

12.-13. Oktober 2016 | Deutschland

**AST**

Symposium on Automated Systems and Technologies

8.-11. November 2016 | Malaysia

**AMPT**

Advances in Materials and Processing Technologies Conference

16.-17. November 2016 | USA

**IDTechEx Show!**

The Hottest Technologies. The Biggest Brands. All at One Event.

4.-7. Dezember 2016 | Indonesien

**IEEM**

International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management

# Dissertationen



Krause, A.: Eignung von wasserstoffhaltigen amorphen Kohlenstoffschichten zur Verschleißreduzierung in der Halbwarmmassivumformung. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 1/2016, TEWISS – Technik und Wissen GmbH, Garbsen 2016.

Baumgarten, S.: Dynamik in produktionslogistischen Prozessen. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 02/2016, TEWISS – Technik und Wissen GmbH, Garbsen 2016.



Langner, J.: Stoffflusssteuerung in der Warmmassivumformung durch eine variable Gratbahn. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 3/2016, TEWISS – Technik und Wissen GmbH, Garbsen 2016.

Erhältlich sind die Dissertationen über den PZH Verlag, den wissenschaftlichen Verlag der TEWISS – Technik und Wissen GmbH.

 [www.pzh-verlag.de](http://www.pzh-verlag.de)

---

# Zahlen und Fakten

---

## Umsatz (in Tausend Euro)

---

gesamt	3.245
Aufträge der Industrie	521
gemeinnützige Forschung	2.123
institutionelle Förderung	600

## Mitarbeiter (Jahresdurchschnitt)

---

gesamt	67
Wissenschaftliches Personal / Berater	28
Mitarbeiter in Verwaltung / EDV / Marketing	6
(studentische) Teilzeitbeschäftigte und Praktikanten	33

## Projekte

---

gesamt	46
Aufträge der Industrie	19
gemeinnützige Forschung	27



---

## Ausgewählte Projekte

---

---

# Ein Lager für grüne Energie

Produzierende Unternehmen können Strom speichern – und Geld sparen

---

*Um Energiekosten zu sparen, können Unternehmen künftig Preisschwankungen ausnutzen. Ist der Strom gerade billig, arbeiten sie energieintensive Aufträge ab und speichern die günstige Energie sozusagen im Lager. Das IPH entwickelt dafür ein Modell zur Produktionsplanung.*

Je mehr Energie aus erneuerbaren Quellen stammt, desto stärker schwankt das Angebot. An stürmischen Frühlingstagen speisen Solar- und Windparks mehr Energie ins Netz ein, als Fabriken und Haushalte verbrauchen, an windstillen Wintertagen ist es umgekehrt. Doch wo lässt sich überschüssige Energie am besten speichern? Eine Patentlösung gibt es noch nicht, aber viele Ideen: Als Energiespeicher könnten die Akkus von Elektrofahrzeugen dienen, die Wasser-Reservoirs von Pumpspeicherkraftwerken, das Gasnetz – oder die Lagerhallen produzierender Unternehmen. Diesen Ansatz untersucht das IPH gemeinsam mit Partnern im Projekt „LagBEaS“.

Die Idee: Unternehmen sollen energieintensive Produkte dann herstellen, wenn gerade viel Energie im Netz verfügbar ist. Den so aufgebauten Lagerbestand können sie wieder abbauen, wenn Solar- und Windparks nur wenig Strom liefern – und in dieser Zeit weniger energieintensive Produkte herstellen. So ließe sich überschüssige Energie im Warenlager speichern.

## Strompreis bestimmt die Produktionsreihenfolge

---

Unternehmen tragen damit nicht nur zur Energiewende bei, sondern können auch Geld sparen. Denn mit Angebot und Nachfrage schwankt auch der Strompreis. An der Leipziger Strombörse lässt sich das in Echtzeit beobachten: Weht der Wind und scheint die Sonne, sinkt der Preis, bei Flaute und wolkenverhangenem Himmel steigt er an. Nicht selten verdoppelt oder verdreifacht sich der Preis innerhalb weniger Stunden. Doch auch saisonal sind die Preisschwankungen enorm: Vergleichsweise billig ist Strom in den Sommerferien und an Feiertagen, weil dann in vielen Unternehmen die Produktion ruht und wenig Energie verbraucht wird.

Damit Unternehmen die schwankenden Preise nutzen können, entwickeln die Forscher ein neues Modell zur Produktionsprogrammplanung: Der Strompreis soll künftig mitbestimmen, welche Produkte in den kommenden Wochen und Monaten gefertigt werden. Sparen können besonders Unternehmen, deren Energiebedarf von



Produkt zu Produkt stark schwankt. Ein Beispiel ist die Drahtherstellung: Je dünner das Metall gezogen wird, desto mehr Energie wird benötigt. Bestellt ein Kunde dünnen Draht, sollte der Hersteller den Auftrag also auf einen stromgünstigen Zeitpunkt legen – während er dicke Drähte fertigen kann, wenn der Strom gerade teuer ist.

Auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) können auf diese Weise ohne große Investitionen ihre Stromkosten senken. Um die schwankenden Preise zu nutzen, müssten sie nicht einmal selbst an der Börse spekulieren, sondern könnten sich auch zu Energie-Einkaufsgemeinschaften zusammenschließen.

#### Balance zwischen Energie- und Lagerkosten

---

Als Grundlage für die Produktionsplanung wollen die Forscher eine Methode entwickeln, mit der sich die Strompreisschwankungen der kommenden Wochen zuverlässig vorhersagen lassen. Die Prognose soll auf den Strompreisen und Wetterdaten vergangener Jahre basieren. Zudem untersuchen die Forscher, wie Unternehmen die richtige Balance zwischen Energie- und Lagerkosten finden. Denn zurzeit ist die Produktionsplanung der meisten Unternehmen darauf ausgelegt, große Lagerbestände zu vermeiden. Wenn das Energiesparpotenzial besser erforscht ist, könnte sich eine entsprechende Lagerhaltung jedoch wieder lohnen.

 [lagbens.ipf-hannover.de](http://lagbens.ipf-hannover.de)

---

*Das IGF-Vorhaben 19073 N des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e. V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Mehr produzieren ohne Mehrarbeit

IPH optimiert Fertigungsprozess mithilfe von Materialflusssimulationen

---

*Will ein Unternehmen die Produktionsmenge erhöhen, kann es zusätzliche Maschinen anschaffen, Sonderschichten anordnen – oder schlicht die bestehende Produktionslinie effizienter gestalten. Materialflusssimulationen helfen dabei, verstecktes Potenzial aufzudecken.*

Im Auftrag eines Automatisierungstechnik-Unternehmens sollte das IPH die Zinkdruckgussfertigung analysieren und Konzepte entwickeln, wie sich die Produktionsmenge steigern lässt.

Das Unternehmen stellt im Zinkdruckgussverfahren Schrauben und Muttern für Elektronikkomponenten her. Dabei fließt flüssiges Zink unter hohem Druck durch Kanäle in eine Form. Das überschüssige Material, das in den Zuführkanälen erstarrt, bildet den sogenannten Anguss. Dieser wird anschließend vom eigentlichen Produkt, dem sogenannten Spritzling, getrennt – zunächst mechanisch in einer Trennanlage, danach örtlich in einer Separiermaschine. Anschließend wird in der Sandstrahlanlage die Produktoberfläche geglättet.

In einer Schneidmaschine werden die M8- und M12-Muttern noch mit einem Gewinde versehen. Schließlich werden die Produkte gereinigt, galvanisiert, verpackt und eingelagert. Das Galvanisieren übernimmt ein externer Dienstleister.

Materialflusssimulation bildet Ist-Zustand nach...

---

Diese komplexen Produktionsprozesse hat das IPH in einer Materialflusssimulation detailliert nachgebildet. In die Simulation floss der Produktionsplan eines ganzen Jahres ein, den der Auftraggeber zur Verfügung gestellt hatte. Anhand der Simulation konnten die IPH-Ingenieure zunächst den Ist-Zustand analysieren, versteckte Zusammenhänge erkennen und Verbesserungspotenziale aufdecken.

Anschließend haben die Ingenieure drei Soll-Konzepte entwickelt: Sie haben den Materialfluss verändert, das Fabriklayout angepasst sowie eine Automatisierungslösung entwickelt – und anschließend simuliert, wie sich diese Veränderungen jeweils auf die Effizienz auswirken.



... und zeigt, wie sich die Effizienz verbessern lässt

---

Anders als vermutet sind die meisten Maschinen in der Produktionshalle nicht ausgelastet. Den Engpass bildet der Gewindeschneidautomat: Er blockiert häufig und ist dadurch rund 20 Prozent der Zeit nicht einsatzfähig. Wegen der Blockaden kommt es mitunter zum Rückstau durch die gesamte Fertigung – so lange, bis auch die Zinkdruckgussmaschine ausfällt, weil der Nachschub nicht mehr verarbeitet werden kann.

Weil der Gewindeschneidautomat langsamer arbeitet als die anderen Maschinen, läuft er rund um die Uhr. Die bearbeiteten Muttern fallen in eine Trommel, die dann von einem Mitarbeiter zur nächsten Maschine gebracht werden muss. Ist die Trommel voll und wird nicht entfernt, blockiert der Automat. Zu langen Ausfällen kommt es deshalb vor allem nachts, wenn kein Mitarbeiter in der Produktionshalle ist.

Abhilfe schafft hier eine Automatisierungslösung, die das IPH vorgeschlagen hat: Künftig können bis zu drei volle Trommeln automatisiert gegen leere ausgetauscht werden. Somit kann der Gewindeschneidautomat die dreifache Menge an Muttern aufnehmen und rund um die Uhr arbeiten, ohne zu blockieren.

Mit dieser einfachen, kostengünstigen Lösung wird die Zinkdruckgussfertigung wesentlich effizienter – ohne dass die Mitarbeiter zusätzliche Schichten einlegen müssen.

---

# Um die Ecke geschmiedet

## Stahlkolben-Produktion: Neues Werkzeug ermöglicht Hinterschnitte

---

*Kolben für Fahrzeugmotoren lassen sich künftig schneller und günstiger herstellen. Basis dafür ist ein Schmiedewerkzeug, das erstmals auch Hinterschnitte einbringen kann. Die Vorbohrungen für den Kolbenbolzen lassen sich damit schon während der Umformung erzeugen. Das erleichtert die Nachbearbeitung erheblich.*

Mit herkömmlichen Schmiedewerkzeugen ist es unmöglich, sogenannte Hinterschnitte auszuformen. Dabei handelt es sich um Aussparungen oder Vorsprünge senkrecht zur Ausformrichtung, die verhindern würden, dass sich das Bauteil aus dem Werkzeug entnehmen lässt – beispielsweise die Kolbenbolzen-Bohrungen bei Stahlkolben für Fahrzeugmotoren. Bisher werden diese Hinterschnitte nach dem Schmieden erzeugt. Die spanende Nachbearbeitung wird dadurch sehr aufwendig.

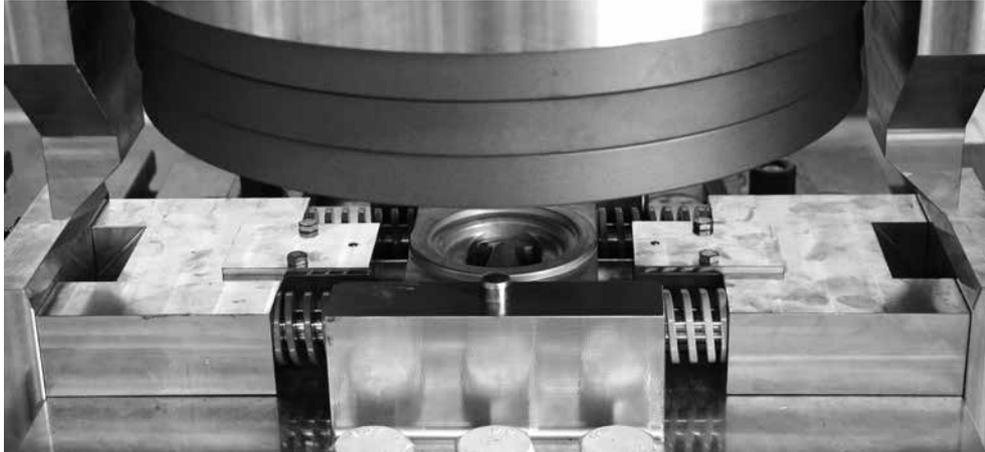
Eine Möglichkeit, bereits während des Schmiedens Vorbohrungen einzubringen, hat das IPH mit Partnern aus der Industrie entwickelt. Die Wissenschaftler haben ein Werkzeug ausgelegt und konstruiert, das über zwei bewegliche Stempel verfügt. Schließt sich das Gesenk (siehe Foto), wird die Umformkraft über zwei Keile umgelenkt und die Stempel pressen sich horizontal in den heißen Stahl, um so die Hinterschnitte einzubringen.

Damit wird es möglich, sozusagen um die Ecke zu schmieden und die Bohrungen für den Kolbenbolzen vorzuformen. Beim Öffnen des Gesenks fahren die Stempel wieder ein, sodass sich das Bauteil trotz Hinterschnittgeometrie entnehmen lässt.

Nachbearbeitungszeit sinkt, Qualität steigt

---

Das neue Schmiedeverfahren erleichtert die Nachbearbeitung enorm. Zwar muss der Kolben weiterhin spanend bearbeitet werden, um den Lauf mit extrem engen Toleranzen in der Zylinderbohrung zu ermöglichen. Allerdings lässt sich der Kolben an den eingeschmiedeten Vorbohrungen direkt im CNC-Bearbeitungszentrum einspannen. Bisher musste jeder Kolben aufwendig einzeln bearbeitet werden, um die Bohrung präzise zu positionieren. Dieser Aufwand entfällt künftig. Das beschleunigt die Nachbearbeitung und senkt die Kosten. Zudem sind etwa fünf Prozent weniger Stahl sowie weniger Energie zur spanenden Bearbeitung nötig, wenn die Vorbohrung bereits während des Schmiedens eingebracht wird. Die Herstellung von Stahlkolben wird dadurch nicht nur günstiger, sondern auch umweltfreundlicher.



Auch die Bauteilqualität könnte sich dank des neuen Schmiedeverfahrens verbessern. Denn die spanende Bearbeitung unterbricht den Faserverlauf im Material, die Massivumformung nutzt ihn dagegen aus. Dadurch verringert sich die schädliche Kerbwirkung. Ob der Kolben dadurch belastbarer wird, wollen die Wissenschaftler nun näher untersuchen.

---

Hinterschnittschmieden eignet sich nicht nur für Stahlkolben

---

Im Forschungsprojekt „Hinterschnittschmieden“ haben sich die Wissenschaftler auf Kolben aus hochfestem Stahl konzentriert. Sie werden für die Herstellung spritsparender Motoren immer wichtiger, weil sie aufgrund des höheren Verhältnisses von Festigkeit zu Dichte deutlich kleiner und leichter ausgeführt werden können als Kolben aus Aluminium. Das ermöglicht den Bau von kleinen, leistungsfähigen Turbo-Motoren, die weniger Kraftstoff benötigen.

Das neu entwickelte Schmiedewerkzeug basiert auf dem sogenannten mehrdirektionalen Umformen, einer Technologie, die das IPH seit fast zwanzig Jahren erforscht und die für Kurbelwellen bereits Anwendungsreife erreicht hat. Das Prinzip des Hinterschnittschmiedens lässt sich auch auf viele andere Bauteile übertragen, beispielsweise auf Kurbelwellen, um Erleichterungsbohrungen schon beim Schmieden einzubringen, oder für Lagersitze am Querlenker.

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

---

*Das IGF-Vorhaben 18162 N der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Neues Layout für bestehende Fabrik

## IPH unterstützt Weserland bei der Standortzusammenführung

---

*Aus zwei Produktionsstandorten wird einer: Die Weserland GmbH hat ihre Abfüll- und Etikettieranlagen von Nienburg nach Hannover verlagert. Das Layout für das neue Fabrikgebäude stammt vom IPH. Die Fabrikplanungsexperten halfen dabei, die bestehenden Anlagen auf einer kleineren Fläche optimal unterzubringen.*

Noch vor einem Jahr hatte die Weserland GmbH zwei Standorte für dasselbe Produkt. Am Hauptsitz in Hannover wurden Chemikalien angemischt, um Dichtmittel zur Reifen-Reparatur herzustellen. Im 40 Kilometer entfernten Werk in Nienburg wurde die Mischung in Flaschen abgefüllt – und dann zurück nach Hannover zum Kunden gebracht.

Um die Produktion an einem Standort zusammenzuführen, hat Weserland in Hannover eine neue Fabrikhalle gebaut und das IPH beauftragt, ein Fabriklayout zu entwerfen. Die Herausforderung: Die alten Abfüll- und Etikettieranlagen mussten auf einer kleineren Fläche als zuvor untergebracht werden. Zudem benötigte Weserland ausreichend Lagerflächen für leere Flaschen und Gebinde für den Transport.

### In drei Schritten zum Fabriklayout

---

Bei Fabrikplanungsprojekten geht das IPH systematisch vor. Im ersten Schritt werden stets gemeinsam mit dem Kunden die Anforderungen an die Fabrik definiert. Für Weserland waren insbesondere effiziente Materialflüsse und ein durchdachtes Lagerkonzept wichtig: Sämtliche Arbeitsplätze und Bereitstellungsflächen sollten gut zugänglich sein und die Produkte im Lager sollten sich eindeutig zuordnen lassen. Zudem musste die vorhandene Fläche optimal ausgenutzt werden – schließlich war das neue Gebäude bereits im Bau und die Größe der Halle fest vorgegeben.

Im zweiten Schritt folgt stets die Objekt- und Prozessanalyse. Die Fabrikplanungsexperten des IPH nehmen Daten zu Maschinen und Produkten, Materialflüssen und Beständen auf: Wie groß sind die Anlagen? Welche Produktvarianten werden in welcher Menge hergestellt? Wie viel Material fließt zwischen dem Flaschenlager, den beiden Abfüllanlagen, der Etikettieranlage und dem Fertigwarenlager? Gibt es Pufferflächen? Wie hoch sind die Bestandsspitzen im Lager?



All diese Informationen helfen, den Produktionsprozess zu verstehen – und anschließend im dritten Schritt das optimale Fabriklayout zu entwerfen. Für die Abfüllhalle entwickelte das IPH eine Layoutvariante mit möglichst hoher Materialflusseffizienz und kurzen Wegen sowie eine Alternative mit besserer Zugänglichkeit und mehr Platz zum Rangieren für die Staplerfahrer. Gemeinsam mit dem Kunden bewertete das IPH beide Varianten anhand der definierten Anforderungen. Weserland entschied sich für die bessere Zugänglichkeit.

Eine Herausforderung war die Lagerplanung: Weserland benötigt leere Flaschen in unterschiedlichen Größen, um das Dichtmittel abzufüllen. Diese Flaschen wurden bisher in sehr großen Mengen bestellt – zu viele für das Lager, das am neuen Standort zur Verfügung steht. Das IPH entwickelte daher ein Konzept, um den Bestellzyklus zu optimieren und Bestandsspitzen zu reduzieren. Die Flaschen müssen künftig zwar häufiger nachbestellt werden, doch die vorhandene Lagerfläche reicht aus. Für den Warenausgang entwickelte das IPH ebenfalls ein neues Konzept: Die Fertigwaren werden künftig nach Lastwagenladungen getrennt gelagert, damit später beim Beladen keine Fehler passieren.

#### Neues Layout ermöglicht höhere Produktionsmenge

---

Die Weserland GmbH hat das Fabriklayout des IPH inzwischen umgesetzt und mit der Produktion in der neuen Halle begonnen. Durch den Umzug spart das Unternehmen nicht nur die Kosten für das bisher angemietete Gebäude in Nienburg und die Transporte zwischen den beiden Werken ein, sondern profitiert auch von effizienteren Materialflüssen und geringeren Lagerhaltungskosten.

Dank der neuen Fabrik könnte Weserland künftig sogar deutlich mehr produzieren: Nach Berechnungen des IPH wäre es problemlos möglich, die Ausbringungsmenge von 1,3 Millionen auf 2 Millionen abgefüllte Flaschen pro Jahr zu steigern.

---

# Fernüberwachung von Schiffsgetriebenen

Sensoren sollen Verschleiß der Lamellenkupplung messen

---

*Mit einem Condition-Monitoring-System für Schiffsgetriebe will das IPH Ausfällen vorbeugen und Wartungskosten sparen. Drahtlose, energieautarke Sensoren sollen den Verschleiß der Lamellenkupplung überwachen, die die Kraft des Motors an das Getriebe überträgt – um sie zum richtigen Zeitpunkt austauschen zu können.*

Im Forschungsprojekt „CoMoGear“ entwickelt das IPH ein System weiter, an dem es bereits seit 2013 gemeinsam mit Partnern arbeitet. Im Vorgängerprojekt „DriveCoM“ ist es den Forschern gelungen, Drehzahlen, Drehmomente, Temperaturen und Schwingungen am Gehäuse eines Schiffsgetriebenen zu überwachen. Mithilfe dieser Daten lassen sich Lagerschäden im Vorfeld zuverlässig erkennen.

Nun wollen die Forscher das System so erweitern, dass sich auch der Verschleißzustand der drehmomentübertragenden Bauteile im Inneren des Getriebenen messen lässt, beispielsweise der Lamellenkupplung. Nutzen sich die Reibbeläge auf den Lamellen ab, kann die Kupplung die Kraft nicht mehr an das Getriebe übertragen – im Extremfall fällt das Getriebe aus und kann nicht mehr geschaltet werden. Das ist nicht nur gefährlich für die Besatzung, sondern auch teuer für den Reeder: Er muss sein Schiff abschleppen lassen und bringt die Fracht nicht pünktlich ans Ziel.

## Sensoren funken Messdaten an Bordcomputer

---

Miniaturisierte Sensorknoten sind der Kern des Condition-Monitoring-Systems, das das IPH gemeinsam mit der REINTJES GmbH, der Bachmann Monitoring GmbH, der Microsensus GmbH und der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e. V. entwickelt. Die Sensorknoten werden im Inneren des Getriebenen installiert und funken regelmäßig Messdaten an den Bordcomputer.

Bei der Entwicklung stehen die Forscher vor zwei Herausforderungen: Zum einen müssen die Sensoren im Inneren des ölumspülten Getriebenen funktionieren und nicht nur – wie bisher – an der Außenseite des Gehäuses. Zum anderen soll das Condition-Monitoring-System drahtlos und energieautark funktionieren, da das zusätzliche Unterbringen von Kabeln zum und im Getriebe aufwendig ist. Die nötige Energie soll es deshalb aus der Umgebung generieren – mithilfe von Energy-Harvesting-Technologien.



### Energieerzeugung direkt im Getriebe

---

Die bisher entwickelten Sensoren am Getriebegehäuse gewinnen ihre Energie aus dem Temperaturunterschied zwischen Getriebe und Umgebung. Thermische Energiewandler erzeugen daraus genug Strom, um alle 20 Minuten Messwerte an den Bordcomputer zu funken.

Im Inneren des Getriebes gibt es jedoch keine großen Temperaturunterschiede, die sich ausnutzen lassen. Für die neuen Sensoren wollen die Forscher deshalb verschiedene Ansätze untersuchen, um Strom zu erzeugen – beispielsweise aus der Rotationsenergie im Getriebe.

Mit einem solchen energieautarken, drahtlosen Sensornetzwerk ließe sich der Verschleißzustand der Lamellenkupplung dauerhaft aus der Ferne überwachen. Reedereien könnten damit ihre Wartungsintervalle besser planen und das Bauteil zum richtigen Zeitpunkt austauschen – das spart Kosten und erhöht die Sicherheit.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen 03SX417A wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Forschungsprogramms „Maritime Technologien der nächsten Generation“ gefördert und vom Projektträger Jülich (PTJ) betreut.*

---

---

# Windanlagen effizient demontieren

## Strategie zum kostengünstigen Rückbau veralteter Windparks

---

*Wie lassen sich in die Jahre gekommene Windenergieanlagen kostengünstig abbauen? Das IPH entwickelt derzeit eine Strategie: Statt die Altanlagen komplett vor Ort zu demontieren, sollen sie in sogenannten Demontage-Netzwerken effizient zurückgebaut und recycelt werden.*

20 bis 25 Jahre hält eine Windenergieanlage im Schnitt – dann hat sie ihre technische oder wirtschaftliche Lebenszeit erreicht. Nach dem Bau-Boom um die Jahrtausendwende wird also in wenigen Jahren ein Rückbau-Boom folgen: Dann werden tausende Windenergieanlagen demontiert. Das IPH möchte die Windbranche auf diese Herausforderung vorbereiten und entwickelt eine Strategie, um Altanlagen möglichst effizient zurückzubauen. Dafür arbeiten die Forscher mit Windpark-Betreibern, Logistik-Unternehmen und Recycling-Spezialisten zusammen.

### Ineffizient: Der Rückbau auf der grünen Wiese

---

Derzeit werden Windenergieanlagen komplett vor Ort demontiert. Die Rotorblätter werden zersägt und zerkleinert, die Turmsegmente werden aufgetrennt (siehe Foto). Vieles lässt sich recyceln: das Kupfer aus den Kabeln etwa oder der Stahl aus den oberen Turmsegmenten. Der Beton aus Fundament und Turm kann stark zerkleinert im Straßenbau verwendet werden, Komponenten wie Getriebe oder Schaltschränke werden aufbereitet und als Ersatzteile verkauft.

Den kompletten Rückbau vor Ort zu erledigen ist jedoch nicht besonders effizient. Schließlich muss die gesamte Infrastruktur auf die grüne Wiese gebracht werden und ist dort nicht immer optimal ausgelastet. Das macht die Demontage derzeit so aufwendig und teuer: Der Abbau einer einzigen Windenergieanlage dauert gut zwei Wochen und kostet um die 25.000 Euro, die Einnahmen aus dem Verkauf der Rohstoffe schon mitgerechnet.

Effizienter wäre es nach Ansicht der Forscher, Altanlagen vor Ort nur grob zu zerlegen und die Einzelteile in spezialisierte Demontagefabriken zu bringen – beispielsweise zu Recyclingunternehmen oder auf Schrottplätze, wo das Material zerkleinert und verwertet werden kann. Bei diesem Ansatz steigen zwar die Kosten für den Abtransport von Turmsegmenten, Gondel oder Stahlteilen. Dafür sinken jedoch die Baustellenkosten, weil weniger Maschinen und Personal vor Ort benötigt werden.



---

### Transport- versus Demontagekosten: Goldener Mittelweg gesucht

---

In Netzwerken aus mehreren spezialisierten Demontagefabriken ließen sich Altanlagen kostengünstig und schnell demontieren, vermuten die Wissenschaftler. Zudem ließe sich mehr Material recyceln, der Rückbau würde also umweltfreundlicher. Im Projekt „DemoNetXXL“ gehen die Forscher deshalb der Frage nach, wie solche Netzwerke kostenoptimal gestaltet werden können.

Dabei kommt es insbesondere auf die optimale Demontagetiefe an – also wie weit die Altanlagen vor Ort zerlegt werden. Beispiel Betonturm: Werden die riesigen Turmsegmente unbearbeitet zur Demontagefabrik gebracht, entstehen hohe Transportkosten. Werden sie dagegen vollständig vor Ort zerkleinert, dann fallen hohe Personal- und Maschinenkosten an.

Zudem wollen die Forscher herausfinden, welche Standorte sich für die Demontagefabriken eignen und wie viele Fabriken überhaupt benötigt werden. Wenige, zentral gelegene Demontagefabriken wären dauerhaft ausgelastet und effizient, allerdings wären die Anfahrtswege lang und die Transportkosten hoch.

Um den optimalen Mittelweg zu finden und die Gesamtkosten zu minimieren, entwickeln die Forscher einen Algorithmus, der sämtliche Kostenfaktoren einfließen lässt und eine optimale Lösung ermittelt – sowohl für die Demontagetiefe als auch für die Transportkosten. Damit kann die Windbranche hohe Kosten einsparen.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen UL 419/6-1 wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Gestatten: Kollege Gabelstapler

Transportfahrzeug versteht menschliche Sprache und Gesten

---

*Mensch und Maschine arbeiten künftig Seite an Seite. Nicht nur Roboter in der Montage, sondern auch Fahrzeuge in der Logistik lernen, Arbeitsanweisungen zu verstehen und selbstständig umzusetzen. Die Forscher am IPH tragen dazu bei: Sie haben eine Sprach- und Gestensteuerung für einen Schubmaststapler entwickelt.*

Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) bringen Bauteile vollautomatisch vom Lager in die Montage und transportieren fertige Waren aus der Produktion zum Versand. Die Logistik im Unternehmen wird dadurch deutlich effizienter. Je nach Technologie bewegen sich die FTF entweder auf festen Routen, die beispielsweise mit Magnet-sensoren oder Führungslinien auf dem Boden markiert werden, oder sie orientieren sich eigenständig an natürlichen Landmarken – beispielsweise an Regalen oder anderen markanten Objekten in der Umgebung.

Bisher ist diese Art von Transportsystem jedoch teuer und unflexibel – vor allem, weil die Einrichtung und starre Beauftragung durch eine übergeordnete Leitsteuerung oft einen hohen Aufwand mit sich bringt. Aus diesem Grund setzt die große Mehrheit der produzierenden Unternehmen noch keine fahrerlosen Transportsysteme ein, sondern nutzt weiterhin Gabelstapler, bei denen ein Mensch am Steuer sitzt.

Fahrzeug findet sich selbstständig zurecht ...

---

Ein System, das sowohl effizient als auch flexibel ist, haben Forscher im Projekt „FTF out of the Box“ entwickelt – einem Kooperationsprojekt zwischen der Jungheinrich AG, dem IPH, der Götting KG, der Basler AG sowie dem Institut für Technische Informatik der Universität zu Lübeck. Die Forscher haben einen Schubmaststapler der Firma Jungheinrich mit Kamera- und Sicherheitstechnik ausgestattet sowie Algorithmen zur Navigation und Kommunikation entwickelt.

Der fahrerlose Schubmaststapler findet sich in Fabriken und Lagerhallen zurecht und erfasst seine Umgebung mit 3D-Kameras. Dabei orientiert er sich ähnlich wie ein Mensch: indem er sich markante Punkte im Raum merkt. Verändert sich die Umgebung, weil etwa ein Regal umgestellt wird, kann sich das Fahrzeug daran anpassen. Vorgegebene Wege benötigt es nicht – dadurch ist es in der Lage, sich frei zu bewegen und flexibel auf Hindernisse zu reagieren. Auch ist die Einrichtung unkomplizierter und günstiger als bei bisherigen fahrerlosen Transportsystemen,



weil keine übergeordnete Leitsteuerung notwendig ist. Nach einer kurzen Einweisungsfahrt findet sich der Schubmaststapler allein zurecht. Dadurch lohnt sich der Einsatz auch für kleine und mittlere Unternehmen: Sie können ihre Intralogistik ohne großen Planungsaufwand effizienter gestalten.

... und reagiert auf Sprache und Gesten

---

Zudem versteht das Fahrzeug menschliche Sprache und Gesten – dank der intuitiven Mensch-Maschine-Interaktion, die das IPH im Projekt entwickelt hat. Um Transportaufträge zu erteilen, müssen die Lagerarbeiter nicht programmieren können, sondern können einfach mit dem Stapler sprechen – beinahe wie mit einem Kollegen.

Das Fahrzeug reagiert auf einen festen Satz von Sprachbefehlen wie beispielsweise „Nimm diese Palette vom Boden auf“ oder „Lagere die Palette in Regal 3, Zeile 1, Spalte 8“. Dabei versteht das Fahrzeug nicht nur die Worte, sondern erkennt auch, auf welche Palette die Person zeigt. So kann ein einziger Lagerarbeiter in Zukunft mehrere Stapler dirigieren, ohne selbst am Steuer sitzen zu müssen.

 [www.ftf-out-of-the-box.de](http://www.ftf-out-of-the-box.de)

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen 01MA13005E war Teil des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Technologieprogramms Autonomik 4.0. Projektträger war das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).*

---

---

# In Sekunden zur optimalen Vorform

Evolutionärer Algorithmus legt querkeilgewalzte Bauteile aus

---

*Schmiedeunternehmen können viel Material sparen, wenn sie querkeilgewalzte Vorformen einsetzen. Deren Auslegung ist jedoch äußerst zeitaufwendig und lohnt sich bei Kleinserien meist nicht. Das IPH hat jetzt einen Algorithmus entwickelt, der querkeilgewalzte Vorformen schnell automatisiert auslegt.*

Dank des Algorithmus sparen Schmiedeunternehmen viel Zeit und Material. Querkeilgewalzte Vorformen lassen sich künftig in weniger als einer Minute auslegen; bisher benötigen selbst erfahrene Konstruktionsingenieure dafür Stunden oder gar Tage. Mit den automatisch ausgelegten Vorformen lässt sich zudem der Gratanteil beim Schmieden deutlich senken.

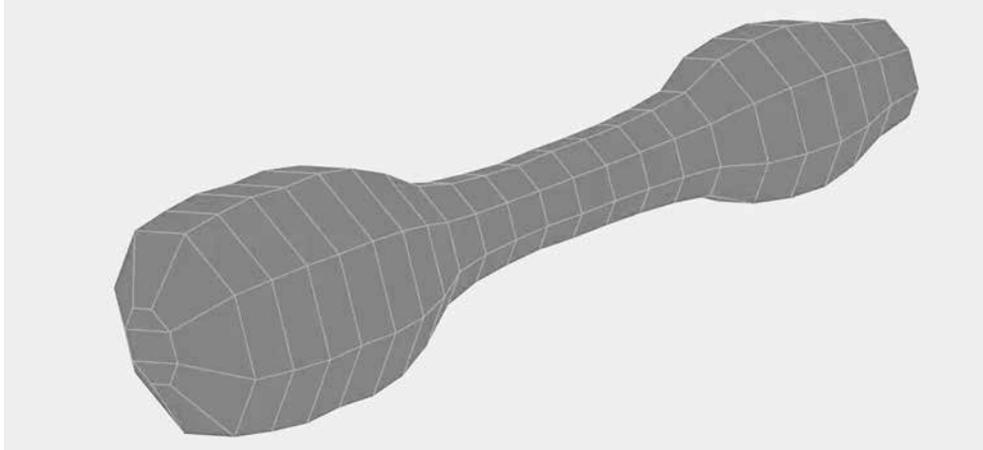
## Sparpotenzial für die gesamte Schmiedebranche

---

Im Praxistest beim Projektpartner hat sich der Algorithmus bereits bewährt: Die Hammerwerk Fridingen GmbH hat eine Vorform für ein Fahrwerksbauteil automatisiert ausgelegt und die Ergebnisse mit dem heutigen Stand ohne Vorform verglichen. Bei der automatisierten Auslegung war der Gratanteil 48,9 Prozent geringer und ein optimal gleichmäßiger, kleiner Gratumlaufl vorhanden.

Für die gesamte Schmiedebranche bedeutet das ein enormes Einsparpotenzial – schließlich wurden in Deutschland im Jahr 2015 rund 1,95 Millionen Tonnen Stahl in der Warmmassivumformung eingesetzt. Die meisten Bauteile sind Langteile. Diese werden mit Materialüberschuss geschmiedet, um sicherzustellen, dass die Form vollständig gefüllt wird. Das überschüssige Material fließt zu den Seiten ab und bildet den sogenannten Grat. Er wird nach dem Schmieden entfernt und eingeschmolzen. Geht man grob geschätzt von einem Gratanteil von durchschnittlich 10 Prozent aus, so wurden in der Warmmassivumformung innerhalb eines Jahres 195.000 Tonnen Stahl verschwendet. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die vor allem Kleinserien herstellen, schmieden mit besonders hohem Gratanteil.

Mit querkeilgewalzten Vorformen ließe sich besonders viel Material sparen, da es sich beim Querkeilwalzen um ein höchst effizientes Verfahren handelt, bei dem keinerlei Grat entsteht. Die manuelle Auslegung solcher Vorformen kostet jedoch viel Zeit, die Schmiedeunternehmen nicht haben: Wenn sie einen Auftrag erhalten, müssen sie oft innerhalb von Tagen mit der Produktion beginnen. Und selbst wenn



genug Zeit vorhanden wäre, ist der finanzielle Anreiz gering: Da ein Kilogramm Stahl nur rund 50 Cent kostet, nehmen viele Schmiedeunternehmen eher einen hohen Gratanteil beim Schmieden in Kauf, als Stunden oder Tage in die Optimierung einer Vorform zu investieren, die dann einen geringeren Gratanteil bei Schmieden erzeugt. Mit dem Algorithmus, den das IPH entwickelt hat, lohnt sich die Vorformoptimierung künftig in jedem Fall. Denn der Ingenieur muss lediglich die CAD-Konstruktion des Fertigteils laden und erhält das Ergebnis innerhalb von 60 Sekunden.

#### Optimierung nach den Regeln der Evolution

---

Die Berechnung der optimalen querkeilgewalzten Vorform erfolgt nach den Regeln der Evolution. Zunächst erzeugt der evolutionäre Algorithmus eine Startpopulation aus mehreren zufällig generierten Vorformen. Eine Fitnessfunktion bewertet die Qualität dieser Vorformen nach verschiedenen Kriterien – wie beispielsweise Formfüllung, Faltenbildung, Komplexität und Volumen – und berechnet daraus den Fitnesswert.

Die besten Vorformen – also jene mit der höchsten Qualität – werden anschließend zufällig variiert oder miteinander kombiniert, sodass eine neue Population entsteht. Diese wird erneut bewertet, variiert und kombiniert. Nach einigen Durchläufen kristallisiert sich so die optimale Vorform heraus, beispielsweise eine querkeilgewalzte Vorform für eine Pleuelstange (siehe Bild). Schmiedeunternehmen können mit dem Algorithmus aufwandsarm optimale querkeilgewalzte Vorformen auslegen.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen BE 1691/177-1; OV 36/22-1 wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Kraftwerks-Rückbau beschleunigen

Demontage von Kernkraftwerken: IPH entwickelt Steuerungsverfahren

---

*20 Jahre kann der Rückbau eines einzigen Kernkraftwerks dauern – weil die Dekontamination der Bauteile aufwendig ist und oft ineffizient abläuft. Das IPH hat mit Unterstützung eines Kraftwerksbetreibers ein Steuerungsverfahren entwickelt, das den Rückbau um ein ganzes Jahr beschleunigen könnte.*

Das letzte deutsche Kernkraftwerk soll 2022 vom Netz gehen. Doch bis die Meiler endgültig aus der Landschaft verschwinden, wird es noch einmal Jahrzehnte dauern – denn der Rückbau ist extrem aufwendig. Schließlich können die Kraftwerke nicht einfach abgerissen werden. Sämtliche Bauteile müssen dekontaminiert, also von radioaktiver Strahlung befreit werden. Ein Großteil des Materials wird anschließend recycelt oder als normaler Abfall entsorgt, nur etwa zwei Prozent gelangen ins Endlager.

## Schwankende Auslastung führt zu Verzögerungen

---

Wird ein Kernkraftwerk stillgelegt, wird in seinem Inneren zunächst ein Kontrollbereich aufgebaut, in dem die Bauteile dekontaminiert werden können. Dann zerlegen Demontearbeiter das Kraftwerk von innen nach außen. Zu Beginn nehmen die Mitarbeiter nicht mehr benötigte Systeme auseinander, damit für die späteren Arbeiten mehr Platz zur Verfügung steht. Anschließend demontieren sie Großkomponenten wie den Dampferzeuger und den Reaktordruckbehälter. Zum Schluss reißen sie Wände ein. Sämtliches Material bringen sie zur Dekontamination in den Kontrollbereich.

Reibungslos läuft der Rückbau nur dann ab, wenn Demontage und Dekontamination im gleichen Tempo arbeiten. Derzeit sind die beiden Bereiche nur schlecht aufeinander abgestimmt. Das führt zu Verzögerungen beim Rückbau: Wird zu schnell demontiert, gelangt mehr Material in den Kontrollbereich, als die Mitarbeiter bewältigen können – und das Material staut sich auf der ohnehin schon sehr begrenzten Fläche. Wird dagegen zu langsam demontiert, sind die Mitarbeiter in der Dekontamination nicht ausgelastet. Da der Aufwand zur Nachbearbeitung nicht für jedes Bauteil gleich hoch ist, lässt sich der Arbeitsaufwand nur schlecht vorhersagen.



---

### Neues Steuerungsverfahren beschleunigt Rückbau um 5 Prozent

---

Im Projekt „DemoSVer“ hat das IPH das erste Steuerungsverfahren speziell für den Rückbau von Kernkraftwerken entwickelt. Der Algorithmus bestimmt die optimale Reihenfolge der Demontage-Schritte so, dass Auslastungslücken geschlossen werden und der Rückbau insgesamt schneller geht.

Wie stark sich der Rückbau dadurch beschleunigen lässt, zeigen Computersimulationen des IPH. Ein Kraftwerksbetreiber hat den Wissenschaftlern Daten aus einem aktuellen Rückbauprojekt zur Verfügung gestellt, sodass sie die Abläufe realistisch darstellen konnten. Ihren Steuerungsalgorithmus haben die Wissenschaftler in der Software PlantSimulation hinterlegt und damit eine fünfjährige Rückbauphase simuliert. Zum Vergleich haben sie die gleiche Simulation auf Basis eines herkömmlichen Steuerungsverfahrens durchgeführt, das zwar in der Industrie etabliert ist, aber nicht speziell für den Kraftwerksrückbau entwickelt wurde.

Das Ergebnis der Simulationen: Dank des neu entwickelten Steuerungsverfahrens lässt sich die Auslastung der Mitarbeiter erhöhen und der Rückbau um bis zu 5 Prozent beschleunigen. Bei einer Rückbau-Dauer von derzeit rund 20 Jahren könnten die Atommeiler also ein ganzes Jahr früher aus der Landschaft verschwinden.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen UL 419/3-1 wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Kurbelwellen heiß beschriften

## Alternatives Automatisierungskonzept für ein Schmiedeunternehmen

---

*Wie lassen sich Kurbelwellen während der Herstellung so beschriften, dass das Bauteil nicht schadensanfälliger wird und die Buchstaben dennoch dauerhaft lesbar bleiben? Diese Herausforderung sollte das IPH für einen Kunden lösen. Die Ingenieure haben zahlreiche Ideen entwickelt – mit teils unkonventionellen Ansätzen.*

Wann und wo ein Fahrzeugteil hergestellt wurde, von welchem Zulieferer und auf welcher Maschine: Das lässt sich mit einer Kennnummer eindeutig nachvollziehen. Bei Problemen lässt sich so schneller die Ursache finden und notfalls die gesamte Charge aus dem Verkehr ziehen. Besonders wichtig ist das bei sicherheitsrelevanten Bauteilen, etwa im Motor: Stimmt die Qualität einer einzigen Charge nicht, steigt das Unfallrisiko für tausende Fahrzeuge.

Bei Kurbelwellen wird die Beschriftung aktuell meist eingestanzt, beispielsweise auf der Grundwange (siehe Foto). Noch während des Schmiedens wird ein Stempel in den glühend heißen Stahl gedrückt. Um immer leichtere Fahrzeuge und sparsamere Motoren herzustellen, werden auch Kurbelwellen immer kompakter ausgelegt. Eine eingestanzte Beschriftung könnte möglicherweise die Dauerfestigkeit gefährden – deshalb hat ein Schmiedeunternehmen das IPH beauftragt, eine Alternative zur eingestanzten Beschriftung zu entwickeln.

### Die Bauteilqualität zählt

---

Die Herausforderung: Die Kurbelwelle muss im glühend heißen Zustand beschriftet werden – während oder nach dem letzten Schmiedeschritt, dem sogenannten Kalibrieren. Anschließend wird die Oberfläche durch Sandstrahlen nachbearbeitet; dabei darf die Beschriftung nicht wieder entfernt werden. Zudem müssen die Buchstaben jahrzehntelang lesbar bleiben, während der gesamten Lebensdauer des Motors. Und die Beschriftung darf die Lebensdauer des Bauteils nicht verringern.

Auch die Taktzeit muss eingehalten werden: Im Werk des Auftraggebers werden die Kurbelwellen im Abstand von wenigen Sekunden fertiggestellt. Daher muss auch die Beschriftung vollautomatisiert innerhalb dieser Zeit aufgebracht werden.



### Ein Problem, viele Lösungen

---

In Automatisierungsprojekten gehen die Ingenieure des IPH systematisch vor. Gemeinsam mit dem Kunden nehmen sie zunächst Anforderungen auf und erstellen ein Lastenheft. Dann recherchieren sie mögliche technische Ansätze und entwickeln Lösungskonzepte. Mit einer Nutzwertanalyse bewerten sie schließlich, welches Konzept die Anforderungen am besten erfüllt.

Zur Beschriftung von Kurbelwellen haben die IPH-Ingenieure 16 unterschiedliche Lösungsvorschläge entwickelt: vom schlichten Farbdruk über Lasermarkierungen bis zum aufgelöteten Etikett. Auch unkonventionelle Verfahren hat das IPH vorgeschlagen, etwa ein passives Aufschmelzen der Beschriftung. Dabei wird ein Metallpulver unter Schutzgas auf die heiße Kurbelwelle aufgetragen und verschmilzt beim Abkühlen mit der Bauteiloberfläche. Statt die Beschriftung als Pulver aufzusprühen, ließen sich die Buchstaben auch spiegelverkehrt vorformen und wie ein Abziehbild auf dem heißen Stahl anbringen. Durch das Anschmelzen entsteht eine erhabene Beschriftung, die stoffschlüssig mit der Kurbelwelle verbunden ist und dauerhaft lesbar bleibt.

Um unkonventionelle Lösungen zu entwickeln, hilft oft der Blick von außen. Während die Verantwortlichen innerhalb des Unternehmens oft von vermeintlichen Prozessgrenzen eingeengt werden, können unbeteiligte Experten freier denken. Sie schauen über den Tellerrand, lassen sich von anderen Branchen inspirieren und finden oft überraschende Lösungen. Welches der vorgeschlagenen Konzepte umgesetzt wird – diese Entscheidung liegt letztlich beim Auftraggeber.

---

# Absatzprognose mit Google und Co.

Suchmaschinendaten helfen, Verkaufszahlen genauer vorausszusagen

---

*Wie viele Produkte ein Unternehmen in Zukunft verkauft, lässt sich nicht zuverlässig vorhersagen. Bisherige Methoden zur Absatzprognose orientieren sich vor allem an Vorjahreszahlen und sind entsprechend ungenau. Suchmaschinen ermöglichen eine bessere Prognose: Denn was der Kunde heute googelt, könnte er morgen kaufen.*

Suchanfragen und Verkaufszahlen hängen eng zusammen. Das zeigt ein Blick auf die Absatzdaten des iPhones und der Playstation 4, die im Netz frei verfügbar sind: Wenn in der Vergangenheit die Zahl der Suchanfragen zunahm, stiegen kurz darauf auch die Verkaufszahlen an.

Wissenschaftler des IPH wollen diesen Effekt nutzen, um in Zukunft genauere Absatzprognosen erstellen zu können. Im Forschungsprojekt „ProSuma“ entwickeln sie eine neue Prognosemethode, die nicht nur auf historischen Absatzdaten basiert, sondern zusätzlich Suchmaschinendaten einbezieht.

## Bisherige Modelle sind zu ungenau

---

Konventionelle Prognosemodelle sind nicht besonders detailliert, weil sie sich hauptsächlich an den Absätzen vergangener Zeiträume orientieren. So lässt sich zwar vorhersagen, dass die Nachfrage nach Laufschuhen generell im Frühjahr steigt und sich Fernsehgeräte oder Kaffeemaschinen in der Vorweihnachtszeit am besten verkaufen. Schlecht prognostizieren lassen sich dagegen kurzfristige Absatzschwankungen – etwa wie stark die Nachfrage nach einer erfolgreichen Promotion-Aktion oder einem positiven Testbericht steigt. Auch auf spezifizierter Produktebene lassen sich die Absatzmengen mit konventionellen Methoden kaum vorhersagen. Diese Lücken sollen künftig Suchmaschinendaten schließen.

Im Forschungsprojekt „ProSuma“ analysieren die Wissenschaftler zunächst die Suchanfragen nach ganz bestimmten Produkten vom Kopfhörer bis zum Cross-trainer. Vier Unternehmen stellen dafür ihre Absatzdaten bereit: Ein Sportgerätehersteller, ein Chemiekonzern, ein Elektronikunternehmen und ein Hersteller von Haushaltsgeräten. Für die Prognose zählt jedoch nicht nur die Anzahl der Suchanfragen. Eine Rolle spielt zudem der Kontext – also ob ein potenzieller Kunde den Produktnamen in Zusammenhang mit „Testbericht“ oder „Preisvergleich“ in die Suchmaske eingibt oder nach bestimmten Produktmerkmalen sucht.



Gemeinsam mit Produktmanagern der beteiligten Unternehmen wollen die Wissenschaftler herausfinden, welche Suchbegriffe sich für eine möglichst genaue Absatzprognose am besten eignen. Ihr neues Prognosemodell wollen sie anschließend mit konventionellen Modellen vergleichen.

---

#### Genauere Prognose spart Kosten

---

Für Unternehmen ist eine zuverlässige Absatzprognose viel wert. Denn sie wollen weder Ladenhüter produzieren noch riskieren, dass ihre Kunden vor leeren Regalen stehen – sondern exakt so viele Produkte herstellen, wie sie auch verkaufen können. Überschätzen Unternehmen die Absatzmenge, müssen sie die schlecht verkäuflichen Produkte im Schlussverkauf unter Wert anbieten oder so lange im Lager behalten, bis die Nachfrage wieder steigt. Produzieren sie hingegen zu wenig, ist das ebenfalls schlecht fürs Geschäft, weil Versorgungsengpässe drohen und potenzielle Kunden bei der Konkurrenz kaufen.

Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Suchmaschinendaten eine deutlich genauere Vorhersage ermöglichen als bisherige Modelle – und Unternehmen damit ihre Logistikleistung steigern und Kosten sparen können.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen UI419/7-1 wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Die Fabrik der Zukunft

Vernetzte Maschinen, dezentrale Steuerung, intelligente Fördertechnik

---

*Die Fabrik der Zukunft ist vollautomatisiert – und produziert trotzdem individuelle Waren in Losgröße 1. Wie von selbst finden die Produkte den günstigsten Weg durch die Fabrik, Förderbänder und Maschinen kommunizieren miteinander und treffen Entscheidungen, ohne dass der Mensch eingreifen muss.*

Im netkoPs-Lab lässt sich die Fabrik der Zukunft schon heute besichtigen. Das Labor zeigt das Ergebnis des Forschungsprojekts „Vernetzte, kognitive Produktionssysteme (netkoPs)“ – eine Zukunftsvision, an der sieben Partner drei Jahre lang gearbeitet haben. Beteiligt waren fünf Industrieunternehmen, das Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) sowie das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) in Garbsen. Dort haben die Forscher auch das netkoPs-Lab aufgebaut.

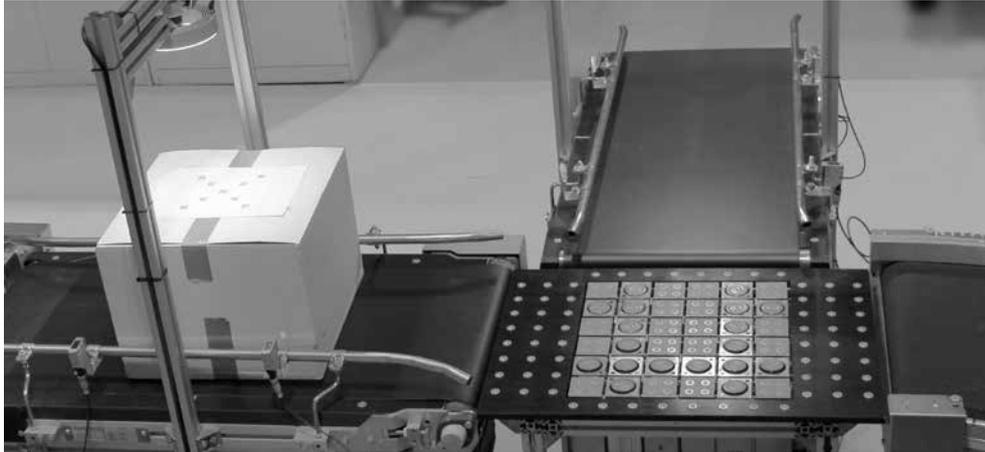
## Digitaler Zwilling und intelligente Routenplanung

---

In der Labor-Fabrik sind sämtliche Produktionsmittel dezentral vernetzt. Jedes Förderband, jede Maschine ist mit einer eigenen Intelligenz ausgestattet. So können sie miteinander kommunizieren und Entscheidungen treffen – und dafür sorgen, dass jedes einzelne Produkt die richtigen Maschinen in der richtigen Reihenfolge ansteuert.

Sobald ein Produkt zum ersten Mal auf das Band gelegt wird, wird es gescannt und identifiziert. Dabei baut sich der sogenannte Datenschatten auf: ein digitaler Zwilling. Er enthält neben Transportdaten wie Größe, Breite und Gewicht auch eine Liste der Maschinen, die das Produkt ansteuern muss. Dabei ist der Datenschatten nicht physisch mit dem Produkt verbunden. Im netkoPs-Lab werden die Produkte zwar über einen QR-Code identifiziert – einmal gescannt, kann die digitale Kopie jedoch vorausgeschickt werden und so dafür sorgen, dass die Maschinen schon einsatzbereit sind, sobald das physische Produkt dort ankommt.

Die optimale Route durch die Fabrik bestimmen Routing-Algorithmen. Sie wählen aus vielen möglichen Wegen den individuell günstigsten aus. Denn in der Fabrik der Zukunft gehören starre Transportsysteme der Vergangenheit an. Fließbänder sind keine Einbahnstraßen mehr, sondern können sich in beide Richtungen bewegen.



An jeder Kreuzung befindet sich eine intelligente Fördermatrix (siehe Foto): Sie kann Produkte in alle vier Himmelsrichtungen schleusen und benötigt dabei wesentlich weniger Platz als ein herkömmlicher Ausschleuser. In Zukunft soll die Fördermatrix außerdem in der Lage sein, die Produkte zu drehen, zu sortieren und zu puffern.

Dank der flexiblen Fördermodule kann jedes Produkt eine eigene Route durch die Produktion nehmen und jeweils individuelle Bearbeitungsstationen ansteuern. Kommt es zu Störungen, kann es zudem jederzeit umgeleitet werden und auf einer neuen Route zu einer alternativen Maschine transportiert werden.

#### Vollautomatisierte Fertigung für individuelle Produkte

---

Die Technologien im netkoPs-Lab zeigen, wie Produktionsstrecken in Zukunft aussehen können. Während heute nur Massenware vollautomatisiert gefertigt werden kann, lassen sich künftig ebenso effizient individuelle Produkte anfertigen. Bis es so weit ist, ist zwar noch weitere Forschungsarbeit nötig – interessierte Unternehmen können die Labor-Fabrik jedoch schon heute besichtigen.

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

---

*Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes Forschung für die Produktion von morgen (02PJ2685) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT), betreut.*

---

---

# Schneller produzieren, pünktlicher liefern

## Optimierungspotenzial in der Bolzen-Herstellung

---

*Wie lassen sich Bolzen für die Luftfahrt schneller produzieren? Ein Metall-Konzern hat sich diese Frage gestellt und das IPH mit einer Prozessanalyse beauftragt. Obwohl die Produktion bereits klar strukturiert ist, deckten die Ingenieure weiteres Verbesserungspotenzial auf.*

Das Unternehmen stellt Bolzen für die Luftfahrtbranche her, mit denen sich beispielsweise Tragflächen am Rumpf eines Flugzeugs befestigen lassen. Nachdem das Fabrik- und Maschinenlayout bereits modernisiert worden war, sollten die Experten des Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) sowie des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) bei der Suche nach weiteren Optimierungsmöglichkeiten unterstützen.

Durchlaufzeit: Wochen in der Theorie, Monate in der Praxis

---

Verbessern wollte der Bolzen-Hersteller insbesondere die Durchlaufzeit und die Termintreue in der Produktion, um künftig noch mehr produzieren sowie schneller und pünktlicher liefern zu können. Die Kunden – vor allem Hersteller von Flugzeugen und Hubschraubern – müssen derzeit mit extrem hohem Vorlauf bestellen; die vertragliche Lieferzeit beträgt beinahe ein halbes Jahr.

Dabei könnte das Unternehmen deutlich schneller produzieren – zumindest in der Theorie. Ein Auftrag könnte innerhalb von drei Wochen erledigt sein, wenn alle Maschinen frei wären und keine konkurrierenden Aufträge dazwischenkommen. In der Praxis dauert es dagegen dreimal so lange, bis ein Auftrag abgearbeitet ist, nämlich durchschnittlich zweieinhalb Monate. Woran das liegt, sollten die Ingenieure des IPH und des IFA mit einer systematischen Prozessanalyse herausfinden.

Die Bolzen-Produktion erfolgt in vier Abschnitten. Zunächst wird das Material vorbereitet: Der Draht wird zurechtgeschnitten, gereinigt und gehärtet. Diesen ersten Abschnitt durchläuft jeder einzelne Auftrag. Für den zweiten Abschnitt, die eigentliche Bolzen-Herstellung, werden die Aufträge dann auf drei Produktionsbereiche aufgeteilt. Danach werden die Bolzen beschichtet; das übernimmt ein externer Dienstleister. Abschließend durchlaufen die fertigen Produkte die Qualitätsprüfung.



#### Verbesserungspotenzial: Personalplanung, Priorisierung, Transparenz

---

Der Produktionsprozess ist klar strukturiert. Warum ist die Durchlaufzeit in der Praxis dann trotzdem so viel höher als in der Theorie? Dafür haben IPH und IFA drei Gründe gefunden.

Zum einen war das Personal oft nicht zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Dadurch kam es zu Wartezeiten – etwa, wenn ein bestimmter Bearbeitungsschritt nicht durchgeführt werden konnte, weil der Maschinenführer gerade mit einer anderen Aufgabe beschäftigt war. Genügend Fachkräfte waren zwar vorhanden, ihr Einsatz musste aber besser geplant werden.

Zudem entstanden lange Wartezeiten bereits ganz am Anfang des Produktionsprozesses: bei der Materialvorbereitung. Denn dort konnten die Mitarbeiter quasi selbst entscheiden, welchen Auftrag sie als nächstes bearbeiten. So konnte es passieren, dass einzelne Aufträge versehentlich wochenlang liegen bleiben – dieser Rückstand ließ sich später kaum noch aufholen. Werden die Aufträge dagegen schon zu Beginn priorisiert und die festgelegte Reihenfolge dann auch eingehalten, geht die gesamte Produktion schneller.

Verbesserungspotenzial gab es auch bei der Qualitätsprüfung. Dieser Abschnitt war bisher eine „Black Box“: Niemand wusste genau, wie viele Produkte die Mitarbeiter pro Stunde schaffen. Deshalb ließ sich nur schlecht vorhersagen, wann genau ein bestimmter Auftrag fertiggestellt wird. Durch die Auswertung vorhandener Daten kann der Bolzen-Hersteller hier für mehr Transparenz und Planungssicherheit sorgen.

Mit einer verbesserten Personalplanung, Priorisierung und Transparenz kann das Unternehmen nun die Durchlaufzeit und die Termintreue in der Bolzen-Produktion deutlich verbessern – und seine Kunden schneller beliefern.

---

# Gratlos Schmieden in drei Schritten

## Verkürzte Prozesskette zur Herstellung von Kurbelwellen

---

*Beim gratlosen Schmieden komplizierter Bauteile ist das IPH führend: Seit mehr als 20 Jahren erforschen die Ingenieure das Umformverfahren. Jetzt ist ihnen ein weiterer großer Schritt gelungen: Sie haben die entscheidenden Grundlagen dafür gelegt, Kurbelwellen in Zukunft in nur drei Stufen gratlos schmieden zu können.*

Beim konventionellen Schmieden geht viel Material verloren. Um Bauteile wie Kurbelwellen oder Querlenker herzustellen, verwenden die meisten Schmiedeunternehmen mehr Stahl als nötig. So stellen sie sicher, dass die Form vollständig ausgefüllt wird. Das überschüssige Material, der sogenannte Grat, wird anschließend entfernt und eingeschmolzen. Um Ressourcen zu sparen, erforscht und entwickelt das IPH Möglichkeiten zum gratlosen Schmieden von unterschiedlichen Bauteilen.

Zur gratlosen Herstellung von Kurbelwellen waren bisher vier Schmiedeschritte notwendig: Querkeilwalzen, Querfließpressen, mehrdirektionales Schmieden und Fertigschmieden. Jetzt ist es dem IPH gelungen, ohne das Querfließpressen eine gratlose Kurbelwellenvorform direkt nach dem mehrdirektionalen Schmieden herzustellen. Eine Verkürzung der gesamten Kurbelwellenherstellung auf nur drei Schritte ist damit greifbar nah.

### Vom Querkeilwalzen zum mehrdirektionalen Schmieden

---

Bei der dreistufigen Prozesskette wird die querkeilgewalzte Vorform direkt in das mehrdirektionale Schmiedewerkzeug eingelegt. Dieser Übergang ist kritisch: Denn querkeilgewalzte Vorformen sind immer rotationssymmetrisch, Kurbelwellen dagegen asymmetrisch. Das Querfließpressen diente bisher dazu, die Massenanhäufungen der rotationssymmetrisch gewalzten Vorform asymmetrisch zu verschieben, um die anschließende Umformung einfacher zu gestalten. Fehlt dieser Schritt, kommt es leicht zu Schmiedefehlern und Gratbildung.

Im Forschungsprojekt „ProKomb“ haben die IPH-Ingenieure untersucht, ob es möglich ist, querkeilgewalzte Vorformen direkt mehrdirektional umzuformen, ohne dass es zu einer Gratbildung oder Schmiedefehlern wie Falten kommt. Dafür haben sie die Geometrie der querkeilgewalzten Vorformen systematisch variiert, unterschiedliche Varianten eines mehrdirektionalen Werkzeugs getestet sowie die Umformtemperatur und -geschwindigkeit verändert.



Insgesamt haben die Forscher 32 Prozess-Varianten experimentell untersucht. Das Ergebnis: Die mehrdirektionale Umformung querkeilgewalzter Vorformen kann gelingen, ohne dass Grat entsteht – wenn man die Parameter richtig wählt. So sollte eine Vorform mit flachem Schulterwinkel und geringer Querschnittsflächenreduktion gewählt werden. Zudem sollte das Bauteil bei niedriger Temperatur und geringer Geschwindigkeit mehrdirektional umgeformt werden, um Gratbildung zu verhindern.

---

#### Kürzerer Schmiedeprozess spart Zeit und Kosten

---

Kurbelwellen finden sich in jedem Verbrennungsmotor. Mehrere Millionen Exemplare werden allein in Deutschland jedes Jahr hergestellt. Aktuell werden sie jedoch mit Grat geschmiedet, weil vielen Unternehmen noch die Erfahrung fehlt, gratlose Schmiedeprozesse auszulegen.

Das IPH erforscht das Gratlosschmieden seit mehr als 20 Jahren, entwickelt Werkzeuge und unterstützt Unternehmen bei der Auslegung der Prozesse – mit dem Ziel, die Ressourceneffizienz der Schmiedebbranche zu steigern. Durch die neu entwickelte, dreistufige Prozesskette wird das Gratlosschmieden zukünftig noch effizienter. Wenn Schmiedeunternehmen in absehbarer Zeit auf das Querfließpressen verzichten können, benötigen sie ein Werkzeug weniger, das gerüstet werden muss und verschleißt. Somit sparen sie nicht nur Material, sondern auch Werkzeug- und Rüstkosten – und sie verkürzen die Produktionszeit.

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

---

*Das Projekt mit dem Förderkennzeichen STO 1011/5-1 wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Digitale Assistenten in der Produktion

Reifegradmodell unterstützt die Einführung von Tablets und Co.

---

*Digitale Assistenten erleichtern die Arbeit enorm. Von der Datenbrille bis zum Tablet existieren unzählige solcher Helfer. Jedoch fällt es gerade kleinen und mittleren Unternehmen schwer, die passende Technologie auszuwählen und einzuführen. Ein Reifegradmodell soll sie dabei in Zukunft unterstützen.*

Datenbrillen helfen bei der Schulung neuer Mitarbeiter, indem sie jeden Arbeitsschritt ins Sichtfeld einblenden. RFID-Handschuhe unterstützen bei der Kommissionierung: Greift der Lagerarbeiter zum falschen Paket, vibriert oder piept der Handschuh. Intelligente Kleidung misst den Puls und die Muskelanspannung und fordert überlastete Arbeiter auf, eine Pause zu machen. Und auf einem Tablet lassen sich Stücklisten oder Regalnummern anzeigen – papierlos und jederzeit aktuell.

Solche interaktiven Assistenzsysteme erleichtern und beschleunigen die Arbeit enorm – in der Montage ebenso wie im Versand, im Service und in der Logistik. Trotzdem zögern gerade kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die neuen Technologien einzuführen. Nicht nur, weil sie die Kosten scheuen, sondern vor allem, weil ihnen der Überblick über die zahlreichen Systeme und Anbieter fehlt und weil sie nicht wissen, wie sie bei der Einführung vorgehen sollen.

## Technologie-Kompodium verschafft Überblick

---

Genau dabei wollen das Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) und das International Performance Research Institute gGmbH (IPRI) aus Stuttgart kleine und mittlere Unternehmen unterstützen. Im Forschungsprojekt „4.0-Ready“ entwickeln die Forscher eine Übersicht der verschiedenen Technologien sowie ein Reifegradmodell, das die erfolgreiche Einführung sicherstellen soll.

In dem Technologie-Kompodium, das die Forscher herausgegeben haben, stellen sie mehr als ein Dutzend interaktiver Assistenzsysteme in Steckbriefen vor. Kleine und mittlere Unternehmen können sich damit schnell einen Überblick verschaffen: Welche Technologien eignen sich für meinen Anwendungsfall? Wie schnell lässt sich der Umgang mit dem Gerät erlernen? Wie teuer ist die Anschaffung? Benötigt das Gerät W-LAN? Und wie sieht es mit dem Datenschutz aus?



---

### Reifegradmodell unterstützt bei der Einführung

---

Allerdings ist es nicht damit getan, Datenbrillen oder Tablets anzuschaffen und an die Mitarbeiter zu verteilen. Um interaktive Assistenzsysteme erfolgreich zu etablieren, müssen Unternehmen zahlreiche Voraussetzungen erfüllen. Beispielsweise müssen die Geräte mit dem vorhandenen Computersystem kompatibel sein, die Mitarbeiter müssen geschult und Arbeitsprozesse digitalisiert werden.

Ob ein Unternehmen bereit ist für die Einführung von Assistenzsystemen, lässt sich mit dem Reifegradmodell bewerten, das die Forscher im Projekt „4.0-Ready“ entwickeln. Technologische, menschliche und organisatorische Voraussetzungen werden zunächst einzeln bewertet und anschließend zu einer Kennzahl, dem Reifegrad, zusammengefasst. Je höher der Reifegrad, desto problemloser lassen sich interaktive Assistenzsysteme im Unternehmen etablieren. Ist der Reifegrad dagegen zu niedrig, muss das Unternehmen nachbessern – und erhält konkrete Handlungsempfehlungen, um seinen Reifegrad zu erhöhen.

Mit dem Technologie-Kompendium und dem Reifegradmodell sind kleine und mittlere Unternehmen zukünftig in der Lage, die passenden Industrie-4.0-Lösungen auszuwählen sowie schnell und zielgerichtet einzuführen.

 [www.ipri-institute.com/40ready](http://www.ipri-institute.com/40ready)

---

*Das IGF-Vorhaben 18897 N der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---



---

## Projekte, Partner, Publikationen

---

---

## Projekte 2016

---

Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau (AKWZB)  
Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 04/1997  
 [www.akwzb.de](http://www.akwzb.de)

Arbeitskreis XXL-Produkte (AKXXL)  
Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 09/2010  
 [www.xxl-produkte.net](http://www.xxl-produkte.net)

Auswahl eines Kapazitätsplanungstools  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 07/2016 – 03/2017

Automatisierte Auslegung des Wegenetzes für Fahrerlose Transportsysteme (FTS-Wegenetz)  
Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 04/2014 – 07/2016  
 [www.fts-wegenetz.de](http://www.fts-wegenetz.de)

S. 50-51 Beschriftung geschmiedeter Kurbelwellen  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/2016 – 04/2016

S. 36-37 Einbringen von Hinterschnitten in hochbelastete Bauteile durch mehrdirektionales Schmieden am Beispiel von Stahlkolben (Hinterschnittschmieden Stahlkolben)  
Auftraggeber: AiF/FOSTA | Laufzeit: 04/2014 – 09/2016  
 [www.hinterschnittschmieden.de](http://www.hinterschnittschmieden.de)

Einsatznahe Charakterisierung des Laufverhaltens angetriebener und konventioneller Tragrollen für (Schüttgut-)Förderanlagen (EiLaT)  
Auftraggeber: AiF/GVB | Laufzeit: 10/2016 – 09/2018  
 [eilat.iph-hannover.de](http://eilat.iph-hannover.de)

Entwicklung einer Methode für die qualitätsorientierte Belegungsplanung unter Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen zur Reduzierung von produktbezogenen Fehlerkosten (QualiBel)  
Auftraggeber: AiF/FQS | Laufzeit: 10/2014 – 09/2016  
 [www.qualibel.de](http://www.qualibel.de)

S. 48-49 Entwicklung eines Fertigungssteuerungsverfahrens zur kombinierten Steuerung von Demontage- und Nachbearbeitungsprozessen im Anlagenrückbau (DemoSVer)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/2014 – 10/2016  
 [demosver.iph-hannover.de](http://demosver.iph-hannover.de)

- S. 52-53 Entwicklung eines Prognosemodells zur Bestimmung des kurz- und mittelfristigen Absatzes mittels Suchmaschinendaten (ProSuma)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 06/2016 – 05/2018  
 [prosuma.iph-hannover.de](http://prosuma.iph-hannover.de)
- Entwicklung eines Qualitätssystems zur inhaltlichen Bewertung von 8D-Reports (QuSys)  
 Auftraggeber: AiF/GFal | Laufzeit: 11/2014 – 10/2016  
 [www.qusys.de](http://www.qusys.de)
- S. 60-61 Entwicklung eines Reifegradmodells zur Steigerung der Industrie 4.0-Befähigung in Produktion und Logistik am Beispiel von interaktiven Assistenzsystemen (4.0-Ready)  
 Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 12/2015 – 11/2017  
 [www.ipri-institute.com/40ready](http://www.ipri-institute.com/40ready)
- S. 42-43 Entwicklung eines Wirkmodells für eine effiziente Gestaltung von Demontagenetzwerken für XXL-Produkte (DemoNetXXL)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/2016 – 12/2017  
 [demonetxxl.iph-hannover.de](http://demonetxxl.iph-hannover.de)
- S. 46-47 Entwurf optimaler Vorformstufen zum Herstellen von Schmiedebauteilen unter Anwendung von stochastischen Optimierungsverfahren (Vorformoptimierung Transferprojekt)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/2015 – 05/2016  
 [vorformoptimierung.iph-hannover.de](http://vorformoptimierung.iph-hannover.de)
- Flittergratvermeidung beim Präzisionsschmieden von Aluminium entlang der Prozesskette (ProGrAl)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/2014 – 01/2017  
 [progral.iph-hannover.de](http://progral.iph-hannover.de)
- Hybridschmieden – Monoprozessuales Umformen und Fügen von Blech- und Massiv-Elementen (Hybridschmieden 2)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 11/2015 – 10/2016  
 [hybridschmieden2.iph-hannover.de](http://hybridschmieden2.iph-hannover.de)
- Inkrementelle Umformung hybrider Halbzeuge mittels Querkeilwalzen (SFB 1153 B1)  
 Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 07/2015 – 06/2019  
 [www.sfb1153.uni-hannover.de](http://www.sfb1153.uni-hannover.de)

Innenhochdruckumformen laserstrahlgelöteter Tailored Hybrid Tubes aus Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau (IHU-THT)

Auftraggeber: AiF/FAT | Laufzeit: 02/2014 – 07/2016

 [www.ihu-tht.de](http://www.ihu-tht.de)

Integrierter optischer Absolutgeber und Drehmomentmesser (IntegrAD)

Auftraggeber: AiF/DFAM | Laufzeit: 05/2014 – 12/2016

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

KI-basierte Prognose der Ergebnisse von Massivumformsimulationen (KImulation)

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 04/2015 – 03/2018

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

Koordination von Forschungsaktivitäten

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/2014 – 03/2017

Lagerreorganisation

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/2015 – 02/2016

S. 38-39 Layoutplanung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/2016 – 06/2016

Machbarkeitsstudie zum Querkeilwalzen hohler Ventilformen

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 09/2016 – 12/2016

Materialflusssimulation

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/2015 – 09/2016

Metamodell Werkzeugentwicklung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/2016 – 02/2017

S. 15-17 Mit uns digital! Das Zentrum für Niedersachsen und Bremen (Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum, Hannover)

Auftraggeber: BMWi | Laufzeit: 12/2015 – 11/2018

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

S. 32-33 Nutzung von Lagerbeständen als Energiespeicher (LagBEnS)

Auftraggeber: AiF/IUTA | Laufzeit: 03/2016 – 02/2018

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

Optimierung eines Querkeilwalzprozesses  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 11/2015 – 10/2016

Planung dynamischer Layouts in der Baustellenmontage von XXL-Produkten bei konkurrierenden Flächenbedarfen (DynaFaPXXL)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/2015 – 12/2016  
 [dynafapxxl.iph-hannover.de](http://dynafapxxl.iph-hannover.de)

Potentialstudie bei einer Werkstoffherstellung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/2016

Produktionslogistische Auswirkungsanalyse  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/2016 – 04/2016

S. 56-57 Prozessanalyse für ein Konzept zur Produktionsplanung- und Steuerung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 09/2016 – 03/2017

S. 58-59 Prozesskombination Querkeilwalzen mit mehrdirektionaler Umformung (ProKomb)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 06/2014 – 05/2016  
 [prokomb.iph-hannover.de](http://prokomb.iph-hannover.de)

Quantitative, mehrdimensionale ad hoc Fabrikbewertung mittels mathematischer Modellierung von fabrikplanungsrelevanten Eigenschaften (QuaMFaB)  
Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 05/2015 – 03/2017  
 [www.quamfab.de](http://www.quamfab.de)

Rail Transport Mobilität Optimierung – Erweiterung (RTMO Erweiterung)  
Auftraggeber: FFG | Laufzeit: 10/2015 – 10/2016  
 [rtmo2.iph-hannover.de](http://rtmo2.iph-hannover.de)

Ressourcenschonung von wertvollen Materialien durch ein hocheffizientes Umformsystem (CoVaForm)  
Auftraggeber: EU | Laufzeit: 01/2014 – 02/2016  
 [www.covaform.eu](http://www.covaform.eu)

S. 34-35 Restrukturierung Zinkdruckgussfertigung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 05/2016 – 02/2017

- S. 44-45 Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF out of the Box)  
Auftraggeber: BMWi | Laufzeit: 10/2013 – 09/2016  
 [www.ftf-out-of-the-box.de](http://www.ftf-out-of-the-box.de)
- Tragrollenprüfungen  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/2016 – 09/2016
- Tragrollenprüfungen  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 02/2016 – 03/2016
- Untersuchung von exzentrischen Querkeilwalzprozessen  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/2016 – 03/2017
- Untersuchung von Rissentstehung beim Schmieden  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 09/2015 – 10/2016
- Verfahren zur kostenoptimalen Losgrößenbildung unter Berücksichtigung des Verschleißes von Schmiedewerkzeugen (LöWe)  
Auftraggeber: AiF/GVB | Laufzeit: 09/2015 – 08/2017  
 [loewe.iph-hannover.de](http://loewe.iph-hannover.de)
- S. 54-55 Vernetzte, kognitive Produktionssysteme (netkoPs)  
Auftraggeber: BMBF | Laufzeit: 11/2013 – 12/2016  
 [www.netkops.de](http://www.netkops.de)
- Wirtschaftlicher Einsatz von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen unter Berücksichtigung der Perspektive der anbietenden und nachfragenden Unternehmen (Betreiber3D)  
Auftraggeber: AiF/GVB | Laufzeit: 09/2015 – 02/2017  
 [betreiber3D.iph-hannover.de](http://betreiber3D.iph-hannover.de)
- Workshop Fabrikplanung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 02/2016 – 02/2016
- S. 40-41 Zustandsdiagnose von Schiffsgetriebenen durch ein drahtloses, energieautarkes Sensornetzwerk (CoMoGear)  
Auftraggeber: BMWi | Laufzeit: 08/2016 – 07/2018  
 [comogear.iph-hannover.de](http://comogear.iph-hannover.de)

## Abkürzungen

---

AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BVL	Bundesvereinigung Logistik e. V.
DFAM	Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e. V.
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.
EU	Europäische Union
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
FOSTA	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
FQS	Forschungsgemeinschaft Qualität e. V.
GFaI	Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.
GVB	Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e. V.
IUTA	Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
IPH	Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

---

## Partner 2016

---

3D Systems Software GmbH, Ettlingen | AIRBUS Operations GmbH, Bremen | Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V., Köln | AREVA Wind GmbH, Bremerhaven | Basler AG, Ahrensburg | BENTELER Steel/Tube GmbH, Paderborn | Beratung Wink e.K., Neunkirchen-Seelscheid | Bergmann Stahlformenbau GmbH, Sprockhövel | BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Beckum | BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, Bremen | BLG LOGISTICS GROUP AG & Co. KG, Bremen | BLG WindEnergy Logistics GmbH & Co. KG, Bremerhaven | Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin | Bundesvereinigung Logistik, Bremen | CIMA Institut für Regionalwirtschaft GmbH, Hannover | cirp GmbH, Heimsheim | Compose 2 Compete GmbH, Rastede | Continental Automotive GmbH, Regensburg | CutMetall Komponenten GmbH, Bamberg | D2T GmbH, Darmstadt | DEPA Gesellschaft für Kranauslegerbauteile mbH, Leverkusen | Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V., Bonn | Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e. V., Frankfurt | Dornburger Kunststoff-Technik GmbH, Dornburg/Camburg | Dr. Bergfeld Schmiedetechnik GmbH, Solingen | Dr. R. Zwicker TOP Consult GmbH, Nürnberg | Dream Chip Technologies GmbH, Garbsen | E&KAutomation GmbH, Rosengarten | e.optimum AG, Offenburg | ECC Automotive, Eschweiler | Erwin Quarder Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG, Espelkamp | ESCHA GmbH & Co. KG, Halver | Europäische Union | Europa-Universität Viadrina Frankfurt (Oder), Frankfurt / Oder | EVO-tech GmbH, Schörfling am Attersee (Österreich) | Festo AG & Co. KG, Esslingen | FIBRO GmbH, Hassmersheim | fischer Hydroforming GmbH, Menden | Forschungsgemeinschaft Qualität e. V., Frankfurt | Forschungskuratorium Maschinenbau e. V., Frankfurt | Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V., Frankfurt | Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf | Fraunhofer Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik (AGP), Rostock | Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart | GEMAC – Gesellschaft für Mikroelektronikanwendung Chemnitz mbH, Chemnitz | Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e. V., Rohr | Gesenkschmiede Schneider GmbH, Aalen | GFal – Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., Berlin | GIGATRONIK Technologies GmbH, Stuttgart | GMF Umformtechnik GmbH, Bielefeld | Götting KG, Lehrte | Gräbener Maschinenteknik GmbH & Co. KG, Netphen-Werthenbach | GREAN GmbH, Garbsen | GTT Gesellschaft für Technologie Transfer mbH, Hannover | HAGEDORN GmbH, Gütersloh | HAMMERWERK FRIDINGEN GmbH, Fridingen / Donau | hannoverimpuls GmbH, Hannover | HARTING KGaA, Espelkamp | Herfurth & Partner Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, Hannover | Hirschvogel Holding GmbH, Denklingen | HIT Hafen- und Industrietechnik GmbH, Wardenburg | Hochschule Hannover, Fakultät I – Elektro- und Informationstechnik, Hannover | HOMAG Group AG, Schopfloch | HR-Energie GmbH,

Duisburg | ibk IngenieurConsult GmbH, Hannover | IFA – Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Garbsen | IFUM – Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Garbsen | Industrie- und Handelskammer Hannover, Hannover | Industrie- und Handelskammer, Hannover | Industrie-Club Hannover e. V., Hannover | Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V., Duisburg | Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft e. V. (HSG-IMIT), Villingen-Schwenningen | Institut für Technische Informatik (ITI) der Universität zu Lübeck, Lübeck | Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank, Hannover | IPO.Plan GmbH, Leonberg | IPRI – International Performance Research Institute gGmbH, Stuttgart | ITA – Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Garbsen | J. Müller Stahl & Projekt Terminal GmbH & Co. KG, Brake | Jäger Gummi und Kunststoff GmbH, Hannover | JessenLenz GmbH, Lübeck | Johnson Controls GmbH, Burscheid | Jungheinrich AG, Norderstedt | Karl Groll GmbH & Co. KG | KB Schmiedetechnik GmbH, Hagen | KIRCHHOFF Automotive Deutschland GmbH, Attendorn | KS Kolbenschmidt GmbH, Neckarsulm | KUKA Roboter GmbH, Augsburg | Laser on demand GmbH, Langenhagen | Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH), Hannover | Lech-Stahlwerke GmbH, Meitingen | Leibniz Universität Hannover, Hannover | Lenze SE, Aerzen | Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach an der Riß | LMB GmbH, Iserlohn | logical line GmbH, Hannover | MFL Maschinen & Formenbau Leinetal GmbH, Neustadt | microsensys GmbH, Erfurt | MLR Soft GmbH, Ludwigsburg | MTU Maintenance Hannover GmbH, Langenhagen | NiedersachsenMetall – Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e. V., Hannover | Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover | Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Hannover | Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Hannover | Nuyts GmbH, Buxheim | OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg | On-Tec Software Solutions AG, Wien (Österreich) | Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Wien (Österreich) | Paul Beier GmbH Werkzeug- und Maschinenbau & Co. KG, Kassel | Paul Hafner GmbH Werkzeugbau, Wellendingen | phi Engineering Services GmbH, Norderstedt | Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg | Poppe + Potthoff Präzisionsstahlrohre GmbH, Werther | PrämaB GmbH, Burg | PreciTorc GmbH, Bremen | Produktionstechnisches Zentrum Hannover, Garbsen | PROFACTOR GmbH, Wien (Österreich) | Progress-Werk Oberkirch AG, Oberkirch | PWS GmbH Sondermaschinenbau und Automatisierungstechnik, Ravensburg | PZH – Produktionstechnisches Zentrum der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Reintjes GmbH, Hameln | Reutter GmbH, Leutenbach-Nellmersbach | RISC Software GmbH, Hagenberg (Österreich) | RMA | Reichardt-Maas-Assoziierte Architekten GmbH & Co. KG, Essen | RULMECA GERMANY GmbH, Leipzig | RWE Power AG, Frechen | Saarstahl AG, Völklingen | Scansonic IPT GmbH, Berlin | Schraubenwerk Zerbst GmbH, Zerbst | Sennheiser elec-

tronic GmbH & Co. KG, Wedemark | SET Ltd., Seelze | SLF Oberflächentechnik GmbH, Emsdetten | Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) e. V., Göttingen | Sport-Thieme GmbH, Grasleben | STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG, Holzminden | STILL GmbH, Hamburg | STM Stahl Service Center GmbH, Gräfelfing | Takraf GmbH, Lauchhammer | Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), Braunschweig | Teckentrup Stanztechnik GmbH & Co. KG, Herscheid | TECNALIA, Bizkaia (Spanien) | TEWISS GmbH, Garbsen | ThyssenKrupp Gerlach GmbH, Homburg | Tower Automotive GmbH & Co. KG, Bergisch-Gladbach | Transnorm System GmbH, Harsum | Ubimax GmbH, Bremen | Unternehmerverbände Niedersachsen e. V. (UVN), Hannover | VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf | VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V., Frankfurt | Veolia Umweltservice West GmbH, Herford | VERMDOK GmbH, Berlin | Volkswagen AG, Wolfsburg | VSB Neue Energien Deutschland GmbH, Dresden | Werkzeugbau Siegfried Hofmann GmbH, Lichtenfels | Weserland GmbH, Hannover | WESSLING GmbH, Neuried | WFT GmbH & Co. KG, Sulzbach-Rosenberg | Wilco Wilken Lasertechnik GmbH & Co. KG, Wadersloh | windConsultant, Düsseldorf | WIV GmbH, Geschäftsbereich wind-turbine.com, Gelnhausen

---

# Publikationen 2016

---

Behrens, B.-A.; Stonis, M.; Blohm, T.; Rütger, T.; Güzey, G.: Investigation of Simulation Parameters for Flash-Reduced Forging of Two-Cylinder Crankshafts. In: steel research international, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, vol. 86 (2015), DOI: 10.1002/srin.201500279.

Behrens, B.-A.; Stonis, M.; Rasche, N.: Influence of the forming angle in cross wedge rolling on the multi-directional forging of crankshafts. In: International Journal of Material Forming. Springer-Verlag France vol. 9 (2016), DOI: 10.1007/s12289-016-1326-3.

Blohm, T.; Reichert, S.: IPH entwickelt neuen Schmiedeprozess: Querkeilwalzen spart 20% Stahl bei der Produktion von Common-Rails. In: Stahl und Eisen, Verlag Stahleisen GmbH, Jg. 136 (2016), H. 7, S. 52-53.

Blohm, T.; Richter, J.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Investigating the effects of cross wedge rolling preforming operation and die forging with flash brakes on forging titanium hip implants. In: International Journal of Material Forming, Springer-Verlag France (2016), DOI: 10.1007/s12289-016-1329-0

Burggräf, P.; Reuter, C.; Böning, C.; Wagner, J.; Schmitz, T.; Prinzhorn, H.; Ebertz, J.: Monetäre Bewertung von Montageplänen. In: wt Werkstattstechnik online, Springer-VDI-Verlag, 106. Jg. (2016), Heft 4, S. 236-242.

Ebert, R.-E.; Küster, B.: Mehr Qualität bei den 8D-Reports. In: Digital Manufacturing, WIN-Verlag GmbH & Co. KG, (2016), H. 6, S. 36-37.

Eilert, B.: Automatisierte Konstruktion und Kalkulation von Folgeverbundwerkzeugen. 1. Niedersächsisches Industrie Forum Werkzeugbau, PZH - Produktionstechnisches Zentrum Hannover, 15. Juni 2016, Hannover.

Eilert, B.: Dezentrale, verteilte Steuerung flexibler Fördersysteme für den innerbetrieblichen Materialfluss. 2. VDI-Fachkonferenz Autonome Systeme in Produktion und Logistik 2016, 05.07.2016, Karlsruhe/Ettlingen.

Eilert, B.: Out of the box: Flexible fahrerlose Transportfahrzeuge für den Mittelstand. BVL-Forum Solution Technology: Smarte Konzepte im Praxiseinsatz, 01.06.2016, Hannover.

Eilert, B.: Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge – FTF out of the box. 11. Hamburger Staplertagung, Helmut-Schmidt-Universität, 07.07.2016, Hamburg.

Eilert, B.; Dohrmann, L.; Podszus, F.; Overmeyer, L.: Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge. In: Bruns, R. Ulrich, S. (Hrsg.): Tagungsband 11. Hamburger Staplertagung. Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Hamburg 2016, S. 33-40, ISBN: 978-3-86818-084-8

Hund, E. C.; Rochow, P.; Mach, F.; Nyhuis, P.: Quantitative controlling approach of time synchronicity in convergent supply processes. In: Production Engineering, First online: 01. April 2016, ISSN 1863-7353; DOI 10.1007/s11740-016-0671-x.

Hund, E.; Oleff, A.; Böning, C.; Maurer, T.: Betreibermodelle für 3D-Drucker. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016) H. 1/2, S. 45-47. ISSN 0947-0085

Kasselmann, S.; Willeke, S.: Interaktive Helfer für die Produktion. In: IT&Production, TeDo Verlag, 17. Jg. (2016) H. 06, S. 81-82. ISSN 1439-7722

Knust, J., Stonis M., Behrens, B.-A. : Feature based prediction of formfilling for pre-forming optimization of hot forging processes. In: Advancements in Theoretical and Applied Plasticity, NEAT PRESS, 2016, pp. 211-213. Editor: Akhtar S. Khan. ISBN 978-0-9911654-7-6

Knust, J.: In 60 Sekunden zur Vorform mit evolutionären Algorithmen. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter Nr. 11 / Juni 2016, ISSN: 2198-1922

Knust, J.; Podszus, F.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.; Overmeyer, L.; Ullmann, G.: Pre-form optimization for hot forging processes using genetic algorithms. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer London, Vol. 85 (2016). DOI:10.1007/s00170-016-9209-9.

Knust, J.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Preform optimization for hot forging processes using an adaptive amount of flash based on the cross section shape complexity. Production Engineering (2016). doi: 10.1007/s11740-016-0702-7.

Küster, B.; Eilert, B.; Overmeyer, L.: Automated Quality Evaluation of 8D reports in Context of Complaint Processing. In: Overmeyer, L. (Hrsg.): AST – Symposium on Automated Systems and Technologies. PZH Verlag, Hannover 2016, S. 77-80.

Küster, B.; Ullmann, G.: Mehr Qualität für „die Qualität“ – Qualitätssicherung von 8D-Reports. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Carl Hanser Verlag, 61. Jg. (2016), H. 2, S. 40-41.

Lorisch, S.; Dohrmann, L.; Podszus, F.; Overmeyer, L.: Interaktion per Sprache und Geste - Kostengünstiger Einsatz eines neuen Bedienkonzepts für FTF. In: Hebezeuge Fördermittel, HUSS-MEDIEN GmbH, 56. Jg. (2016), H. 5, S. 26-28.

Menke, T. et al.: Development of a combined measurement system for torque and angular position. In: Procedia Technology, vol. 26 (2016), pp. 136–143.

Menke, T. et al.: Image Processing of an Absolute Rotary Encoder for Determining Torque. In: Overmeyer, L. (Hrsg.): AST – Symposium on Automated Systems and Technologies. PZH Verlag, Hannover 2016, S. 83-86.

Overmeyer, L.; Podszus, F.: Multimodal speech and gesture control of AGVs, including EEG-based measurements of cognitive workload. 2016 CIRP General Assembly, 24. August 2016, Guimaraes, Portugal.

Overmeyer, L.; Podszus, F.; Dohrmann, L.: Multimodal speech and gesture control of AGVs, including EEG-based measurements of cognitive workload. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 65 (2016), no. 1, pp. 425-428.

Podszus, F.; Dohrmann, L.; Overmeyer, L.: Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge. In: Hebezeuge Fördermittel, Forschungskatalog Flurförderzeuge 2016, HUSS-MEDIEN GmbH, 56. Jg. (2016), H. 6, S. 39.

Prinzhorn et al.: Optimization Model for Identification of Assembly Alternatives of Large-Scale, Make-to-Order Products. In: International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering, Vol. 10, Nr. 4, pp. 197-207.

Prinzhorn, H.; Richter, J.; Böning, C.; Nyhuis, P.: Losgrößenabhängiger Werkzeugverschleiß. ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 7-8, S. 425-429. ISSN 0947-0085.

Prinzhorn, H.; Zenker, M.; Sporrer, R.; Nyhuis, P.: Nutzung von Flexibilitätspotenzialen im Störungsmanagement. In: Werkstatttechnik online. Springer-VDI-Verlag Düsseldorf (2016), H. 9, S.631-636.

Rasche, N.: Kurbelwellen lassen sich gratlos herstellen. In: MM Maschinenmarkt – Das Industriemagazin, Vogel Business Media, o. Jg. (2016), H. 35, S. 24-27.

Reichert, S.: "Mit uns digital!" bietet Schulungen von Big Data bis IT-Sicherheit. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter Nr. 12 / September 2016, ISSN: 2198-1922

Reichert, S.: Fördertechnik auf dem Prüfstand: IPH testet Tragrollen. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter Nr. 6 / März 2015, ISSN: 2198-1922

Reichert, S.: Industrie 4.0: Kostenlose Qualifizierung für den Mittelstand. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter Nr. 11 / Juni 2016, 01.06.2016. ISSN 2198-1922

Richter, J., Stonis M., Behrens, B.-A. : Numerical and Experimental Investigations of thin flash generation in Aluminum Forging. In: Advancements in Theoretical and Applied Plasticity, NEAT PRESS, 2016, pp. 229-231. Editor: Akhtar S. Khan. ISBN 978-0-9911654-7-6

Schirmacher S.; Rasche, N.: Kurbelwellen-Schmieden: Mit künstlicher Intelligenz Massivumformung simulieren. In: IT&Production, TeDo Verlag, 17. Jg. (2016) H. 03, S. 96-97. ISSN 1439-7722.

Schirmacher, S.; Overmeyer, L.; Lorsch, S.: Wireless condition monitoring of a marine gearbox. In: Ship Technology Research: Schiffstechnik, Taylor & Francis Group, vol. 63 (2016), no. 1, pp. 38-49.

Schweers, D.; Ullmann, G.; Nyhuis, P.: Nutzung von Lagerbestand als Energiespeicher. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 7-8, S. 421-424. ISSN 0947-0085.

Sohrt, S.; Heinke, A.; Shchekutin, N.; Eilert, B.; Overmeyer, L.; Krühn, T.: Kleinskalige, cyber-physische Fördertechnik. In: Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T. und ten Hompel, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.3: Logistik, Springer Berlin Heidelberg, 2. Auflage (2016), S. 1-25, ISBN: 978-3-662-45537-1.

Stichweh, H.; Theßeling, M.; Sohrt, S.; Heinke, A.; Overmeyer, L.: Intelligent routen, fördern und verteilen: Die Conveyor Matrix für die kognitive Produktion der Zukunft. In: Tagungsband zum 25. Deutschen Materialfluss-Kongress, VDI-Verlag, Düsseldorf 2016, S. 127-142. ISSN 0083-5560, ISBN 978-3-18-092275-1

Stonis, M.; Blohm, T.; Behrens, B.-A.; Güzey, G.; Eratz, H.: Kostengünstige Querkeilwalzmaschine für Kleinserien. In: Massivumformung, Industrie MassivUMFORMUNG e. V. Verlag, Hagen, o. Jg. (2016), H. 2, S. 62-66.

Ullmann, G.: Industrie 4.0 - Innovationen für die industrielle Praxis. Praxisforum Industrie 4.0, Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank, 10. Juni 2016, Hannover.

Ullmann, G.; Kopelke, J.: Industrie 4.0 – Vernetzte Maschinen und intelligente Fahrzeuge. Zuse-Tage 2016, Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e. V., 07. Juni 2016, Berlin.

Uttendorf, S.; Eilert, B.; Overmeyer, L.: A fuzzy logic expert system for the automated generation of roadmaps for automated guided vehicle systems. In: 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), (2016), p.977-981. DOI: 10.1109/IEEM.2016.77980232016.

Uttendorf, S.; Overmeyer, L.: Automatisierte Auslegung von Wegenetzen für Fahrerlose Transportsysteme (FTS-Wegenetz). In: Hebezeuge Fördermittel, Forschungskatalog Flurförderzeuge 2016, HUSS-MEDIEN GmbH, 56. Jg. (2016), H. 6, S. 14.

Wesebaum, S.; Mach, F., Ullmann, G.: Grundzüge einer objektiven, mehrdimensionalen Fabrikbewertung. In: VDI-Z Integrierte Produktion, Springer-Verlag, 158. Jg. (2016), H.9, S. 86-88.

Wesebaum, S.; Mach, F.: Fabrikbewertung durch mathematische Modellierung. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 3, S. 100-103. ISSN 0947-0085.

Wesebaum, S.; Willeke, S.: Evaluation of Batch Splitting in the Context of Load Scattering. In: ICIE 2016: 18th International Conference on Industrial and Information Engineering, Melbourne Australia 04-05.02.2016, 18 (2) Part III, S.432. EISSN: 1307-6892

Wesebaum, S.; Willeke, S.; Nyhuis, P.: Losteilung zur Reduzierung der Belastungsstreuung. In: wt Werkstattstechnik online, Springer-VDI-Verlag, 106. Jg. (2016), Heft 1/2., S. 94 - 98.

Wesebaum, S.; Willeke, S.; Nyhuis, P.: Mathematische Quantifizierung der Belastungsstreuung. In: Industrie Management, GITO Verlag, 32. Jg. (2016), H.1. ISSN: 1434-1980, S. 25 - 29.

Westbomke, M.; Prinzhorn, H.; Nyhuis, P.: Effiziente Gestaltung von Demontage-netzwerken. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 5, S. 272-275. ISSN 0947-0085.

Westbomke, M.; Reichert, S.: Effiziente Demontage von ausgedienten Windkraftanlagen. In: Umwelt Magazin, Springer VDI Verlag 46. Jg. (2016), H. 6, S. 16-17 . ISSN 0173-363 X.

Willeke, S.: Einführung interaktiver Assistenzsysteme mittels Reifegradmodellen. Go-Visual – Visuelle Assistenz in der Produktion, Fraunhofer-Forum, 21. Oktober 2016, Berlin.

Willeke, S.: Fertigungssteuerung berücksichtigt dynamische Strompreise. In: ti - Technologie-Informationen, o. Jg. (2016), H. 3, S. 28.

Willeke, S.: Method for an Energy-Cost-Oriented Manufacturing Control to Reduce Energy Costs. 2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications (ICIMSA), 25. May 2016, Jeju Island, Korea.

Willeke, S.; Kasselmann, S.: Einführung interaktiver Assistenzsysteme über Reifegradmodelle. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, 111. Jg. (2016), H. 11, S. 691-695. ISSN 0947-0085

Willeke, S.; Ullmann, G.; Nyhuis, P.: Method for an Energy-Cost-Oriented Manufacturing Control to Reduce Energy Costs. In: 2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications (ICIMSA), Jeju Island, Korea, 23.-26. Mai 2016, S. 193-197, ISBN: 978-1-5090-1671-6.

Willeke, S: Interaktive Assistenzsysteme – Fähigkeitsverstärker in der Produktion und in der Logistik. In: unternehmermagazin, Unternehmer Medien, 64. Jg. (2016), H. 3/4, S. 26, ISSN 00226416.

Zenker, M.: Optimale Anordnung großer Montageobjekte. In: VDMA Nachrichten, VDMA Verlag GmbH, o. Jg. (2016) H. 9, S.78.

Zenker, M.: XXL-Produkte platzsparend montieren dank dynamischer Layouts. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, Newsletter Nr. 13 / Dezember 2016, ISSN: 2198-1922



---

# Bildquellen

---

Titelbild: © Photocreo Bednarek / Fotolia  
Seite 14: © Johannes Stein / IPH  
Seite 15: © Ralf Büchler  
Seite 17: © Susann Reichert / IPH  
Seite 18: © China Hopson, Susann Reichert; Montage: Judith Kebbe / IPH  
Seite 19: © Judith Kebbe / IPH  
Seite 20: © Susann Reichert / IPH  
Seite 21: © Jungheinrich AG  
Seite 22: © Ralf Büchler  
Seite 23: © China Hopson  
Seite 24: © Setareh Bihamta / IPH  
Seite 25: © nirutff / Fotolia; Montage: Susann Reichert / IPH  
Seite 33: © kalafoto / Fotolia  
Seite 35: © v.poth / Fotolia  
Seite 37: © Susann Reichert / IPH  
Seite 39: © Weserland GmbH  
Seite 41: CC0 Public Domain  
Seite 43: © Dennis Wiebe / IPH  
Seite 45: © Philipp Cartier / IPH  
Seite 47: © Daniel Kampen / IPH  
Seite 49: © Christian Schwier / Fotolia  
Seite 51: © Judith Kebbe / IPH  
Seite 53: © Rawpixel.com / Fotolia  
Seite 55: © Judith Kebbe / IPH  
Seite 57: © peshkov / Fotolia  
Seite 59: © Philipp Cartier / IPH  
Seite 61: © zapp2photo / Fotolia

---

# Impressum

---

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

 +49 (0)511 27976-0

 [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. Malte Stonis

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

Sitz der Gesellschaft: Hannover  
Amtsgericht Hannover HRB 50530

© IPH 2016. Alle Rechte vorbehalten.

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

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verzichten wir auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten selbstverständlich für beiderlei Geschlecht.

Redaktion, Satz und Layout: Susann Reichert, IPH



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

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