

---

Beratung, Forschung & Entwicklung und Qualifizierung

---



Perspektiven für die Produktionstechnik | Jahresbericht 2013



„Die Zukunft kann man am besten voraussagen,  
wenn man sie selbst gestaltet.“

*Alan Kay, amerikanischer Informatiker (\* 1940)*



---

# Vorwort

---

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

vom Internet hatten die wenigsten schon einmal gehört, als das IPH im Jahr 1988 gegründet wurde. Es gab weder DSL noch Smartphones, Online-Shopping war bestenfalls eine ferne Zukunftsvision. Computer hielten ja gerade erst Einzug in die Fabriken: Damals galt es als fortschrittlich, Produktionsprozesse per Rechner zu planen, zu steuern und zu überwachen. Mit dem sogenannten Computer Integrated Manufacturing beschäftigte sich auch unser Institut in den Anfangsjahren. Ein Vierteljahrhundert ist das jetzt her: 2013 hat das IPH seinen 25. Geburtstag gefeiert.

Heute sind Computer aus keiner Fabrik, aus keinem Haushalt mehr wegzudenken, wir tragen sie sogar in unseren Hosentaschen. Computer Integrated Manufacturing hat sich längst durchgesetzt. Wir am IPH setzen unseren Schwerpunkt inzwischen auf Industrie 4.0: Wir wollen Fabriken miteinander vernetzen und Maschinen das Denken beibringen. Für fahrerlose Transportsysteme haben wir bereits eine Selbststeuerung entwickelt, die es ihnen ermöglicht, eigene Entscheidungen zu treffen (siehe Seite 38). Und wir helfen Unternehmen dabei, ihre Produkte zu verbessern, indem sie mittels Data Mining große Mengen an Informationen auswerten (Seite 40).

Auch bei der Auseinandersetzung mit XXL-Produkten sind wir heute führend. Wir haben ein Tagebau-Unternehmen dabei unterstützt, die Instandhaltung einer der größten Maschinen der Welt zu planen (Seite 46), wir haben erforscht, wie Unternehmen bei Großprojekten effizient zusammenarbeiten können (Seite 44) und untersucht, bei welchen XXL-Produkten sich die Fertigung am Fließband lohnt (Seite 36). 2013 war in dieser Hinsicht ein besonderes Jahr, denn wir haben das Verbundprojekt „Innovationen für die Herstellung großskaliger Produkte“ abgeschlossen, das vom Land Niedersachsen gefördert wurde und uns mehrere Jahre lang begleitet hat.

Auch in Zukunft werden wir uns mit XXL-Produkten beschäftigen, ebenso wie mit Industrie 4.0. Wir wollen einen Beitrag dazu leisten, dass das Internet Einzug in die Fabriken hält. In 25 Jahren wird es dort so wenig wegzudenken sein wie heute die Smartphones aus unseren Hosentaschen – davon sind wir überzeugt. Denn die Zukunft kann man am besten voraussagen, wenn man sie selbst gestaltet.



Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis



Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer



Dr.-Ing. Georg Ullmann



---

# Geschäftsführung und Beirat

---

## Geschäftsführung

---

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

| *Geschäftsführender Gesellschafter und Sprecher der Geschäftsführung* |

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

| *Geschäftsführender Gesellschafter* |

Dr.-Ing. Georg Ullmann

| *Koordinierender Geschäftsführer* |

## Beirat

---

Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

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

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

| *Niedersachsenprofessor für Werkstofftechnik-Rückbautechnologie* |

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 Unternehmensverbände 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 2013

---

14	25 Jahre IPH: Jubiläum mit 120 Gästen
16	Die Grenze zwischen „groß“ und „XXL“
18	Experten im Dienst der Industrie
20	IPH schult Fabrikplaner – mit Erfolg
21	Zwei neue Mitglieder im Beirat
22	Dissertationen
23	Zahlen und Fakten

---

## Ausgewählte Projekte

---

26	<b>Öko? Ja bitte!   Anlieferkonzepte sollen umweltfreundlicher werden</b> <i>Öko liegt im Trend, Nachhaltigkeit wird immer wichtiger – das gilt auch für Produktionsprozesse. Da in vielen Unternehmen die Logistik einen Großteil der negativen Umweltauswirkungen verursacht, etwa durch Emissionen, muss gerade in diesem Bereich noch viel verbessert werden.</i>
28	<b>Meister gegen den Verschleiß   Wie mehrdirektionale Schmiedewerkzeuge länger halten</b> <i>Dass sich das IPH mit mehrdirektionaler gratloser Umformung auskennt, ist auch über die europäischen Grenzen hinaus bekannt. Einen Kunden aus Asien haben die Ingenieure dabei unterstützt, die Standzeit seiner Schmiedewerkzeuge zu verbessern – und somit Geld zu sparen.</i>
30	<b>Drahtlos und energieautark   Innovative Zustandsüberwachung von Schiffsgetriebenen</b> <i>Ein Schiffsgetriebe muss hohe Belastungen aushalten, denn die Zuverlässigkeit des gesamten Schiffsantriebs hängt von diesem Element zwischen Dieselmotor und Propelleranlage ab. Damit das Getriebe nicht ausfällt, wird es ständig überwacht – in Zukunft soll das sogar drahtlos möglich sein.</i>

- 32 **Agenten als Lokführer | Simulation eines Rangierbahnhofs ermöglicht Optimierung**  
*„Wer zuerst kommt, mahlt zuerst“ – das ist nicht unbedingt die beste Strategie zum Betrieb eines Rangierbahnhofs und seiner Be- und Entladeeinrichtungen. Welche Strategien sich wirklich eignen, hat das IPH im Rahmen eines internationalen Industrieprojekts untersucht.*
- 34 **Das Geheimnis der Temperatur | Wie eine inhomogene Erwärmung das Umformverhalten verändert**  
*In der Massivumformung ist eine hohe Materialausnutzung besonders wichtig – allerdings sind spezielle Vorformaggregate für Klein- und Mittelserien in der Regel teuer. Doch auch ohne solche Aggregate könnte sich das Material in Zukunft effizient nutzen lassen: mittels Stauchen von inhomogen erwärmten Rohteilen.*
- 36 **XXL-Produktion im Fluss | Fließfertigung lohnt sich auch für Hersteller von großskaligen Produkten**  
*XXL-Produkte wie Windkraftanlagen oder Schiffe werden in der Regel in Form einer Baustellenfertigung hergestellt – das heißt, Material und Mitarbeiter werden zum Produkt bewegt statt umgekehrt. Die Fertigung am Fließband bietet dagegen zahlreiche Vorteile, bringt aber auch Herausforderungen mit sich.*
- 38 **Fahrerlos, aber nicht planlos | Leistungsfähigere FTS durch mehr Selbstständigkeit**  
*Bisher werden Fahrerlose Transportsysteme von einem zentralen Computer gesteuert, der Leitsteuerung. Die Fahrzeuge selbst führen lediglich kleinere Aufgaben durch, etwa die Hinderniserkennung. Gemeinsam mit dem Oldenburger Institut für Informatik (OFFIS) hat das IPH ein dezentrales Steuerungskonzept erarbeitet.*
- 40 **Innovation leicht gemacht | Data Mining hilft bei Entwicklung neuer Produkte**  
*Innovationen sind kein Zufall: Neue Produkte entstehen oft aus der Kombination bereits vorhandener technischer Lösungen. Wer innovativ sein will, sollte also systematisch Daten auswerten und das daraus gewonnene Wissen nutzen. In einem aktuellen Forschungsprojekt entwickelt das IPH Methoden dazu.*
- 42 **Snowmobilmfahren mit gutem Gewissen | Industriereife ressourceneffiziente Fertigung von Kurbelwellen**  
*Kurbelwellen für Sonderfahrzeuge werden in Kleinstserien mit sehr großem Materialüberschuss geschmiedet. Das IPH entwickelt deshalb einen innovativen, ressourceneffizienten Schmiedeprozess, der aus mehreren Erwärmungsschritten, gratlosem Vorformen und gratreduziertem Fertigformen besteht.*

- 44 **Reif für Leistung? | Die Logistikleistung in Produktionsnetzwerken verbessern**  
*XXL-Produkte bestehen aus Unmengen von Bauteilen, die häufig in Kleinserien oder gar als Unikate hergestellt werden. Weil die Produkte so komplex sind, schließen sich meist mehrere Unternehmen zu einem Produktionsnetzwerk zusammen. Kann das reibungslos und ohne Fehlabbimmungen funktionieren?*
- 46 **Groß, größer, Tagebau | Prozessvisualisierung zur Instandhaltung einer Förderbrücke**  
*Als Experte für Tagebautechnik stand die Takraf GmbH vor der Herausforderung, die Instandhaltung einer Abraumförderbrücke zu planen und alle Gewerke effizient zu koordinieren, die an dieser komplexen Aufgabe beteiligt sind. Das IPH hat dabei unterstützt und eine 3D-Simulation des geplanten Ablaufs erstellt.*
- 48 **Geschickte Pressenbelegung spart Geld | Monetäre Bewertung von Umbelegungsszenarien**  
*Wenn für einen Flug mehr Tickets verkauft wurden als Plätze vorhanden sind, kann das für die Airline teuer werden. Möglich wäre die Umbuchung auf einen anderen Flug oder der Einsatz eines Extraflugzeugs. Wichtig ist, die Kosten der Alternativen zu kennen. Die gleiche Fragestellung lag einem Projekt mit der Daimler AG zugrunde – nur dass es dabei um Umformpressen ging.*
- 50 **Wegweiser für Stahl | Stofffluss während der Umformung aktiv beeinflussen**  
*Der Umformprozess von Schmiedeteilen dauert meist nicht länger als eine Zehntelsekunde. Trotzdem kann in dieser kurzen Zeit der Stofffluss beeinflusst werden – dank eines neuartigen Werkzeugkonzepts. Es bietet das Potential, das eingesetzte Material zu reduzieren und die Bauteilqualität zu verbessern.*
- 52 **Auf den Punkt synchron | Abstimmung von Montage-Versorgungsprozessen in einem Netzwerk**  
*Bei der Montage komplexer Produkte wie etwa Spezialmaschinen kommt es auf abgestimmte Zulieferprozesse an. Gelingt es, diese Prozesse pünktlich und synchron zu gestalten, lassen sich hohe Bestandskosten und Terminverzögerungen vermeiden. Vorbild kann dabei der Boxenstopp in der Formel 1 sein.*
- 54 **Manchmal hilft ein Blick von außen | Als unabhängiger Partner unterstützt das IPH bei der MES-Einführung**  
*Die Auswahl und Einführung von MES ist oft nicht leicht – schließlich gibt es unzählige Systeme und Anbieter auf dem Markt. Bei einem weltweit führenden Technologie- und Industriekonzern hat das IPH den Auswahlprozess kritisch unter die Lupe genommen, um Unterstützung für eine erfolgreiche MES-Einführung zu leisten.*

- 56 **Korrosionsbeständig, leicht und fest | Neues Verfahren ermöglicht Innenhochdruckumformen von Titanrohren**  
*Moderne Abgasanlagen im Automobilbau sind hohen korrosiven und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Gleichzeitig müssen sie möglichst leicht sein, um ihren Beitrag zur Gewichtsreduktion zu leisten. Eine Möglichkeit, entsprechende Bauteile zu erzeugen, ist das Innenhochdruckumformen von Titanrohren.*
- 58 **Flugzeugbau nach dem Lego-Prinzip | Kosten senken durch eine modulare Bauweise**  
*XXL-Produkte wie beispielsweise Flugzeugflügel bestehen oftmals aus einer monolithischen Grundstruktur, also aus einem Stück. Ob sie sich auch modular nach dem Baukasten-Prinzip fertigen lassen, haben Ingenieure des IPH in einem Forschungsprojekt untersucht – denn dadurch ließen sich Kosten sparen.*
- 60 **(Belastungs-)Flexibel in die Zukunft | Wie Unternehmen schwankende Nachfrage klug ausgleichen können**  
*Der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt ist eine der großen Herausforderungen, der sich Unternehmen zukünftig stellen müssen. Ein stark schwankender Kundenbedarf verlangt den Unternehmen steigende Mengen- und Terminflexibilität ab. Dadurch gewinnt die Belastungsflexibilität an Bedeutung.*

Projekte, Partner, Publikationen

---

- 64 Projekte 2013  
71 Partner 2013  
73 Publikationen 2013  
77 Bildquellen  
78 Impressum



---

Das war 2013

---

---

## 25 Jahre IPH: Jubiläum mit 120 Gästen

---

Mit vielen Gästen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft hat das IPH im September 2013 sein 25-jähriges Bestehen gefeiert. Einen Tag lang konnten die rund 120 Besucher hinter die Kulissen des Forschungsunternehmens schauen und einem "roten Faden" durchs Gebäude folgen: Die Markierung auf dem Boden führte zu 14 Stationen, an denen aktuelle Projekte vorgestellt wurden.

Dort erfuhren die Gäste beispielsweise, wie Gabelstapler in Zukunft per Indoor-Navi das richtige Regal finden und mit welchen Leichtbau-Methoden sich Windenergieanlagen noch höher bauen lassen. In der Versuchshalle konnten sie aus der Nähe beobachten, wie 1200 Grad heißes Metall geschmiedet wird. Und sie erfuhren, was Butterkekse mit erfolgreicher Fabrikplanung zu tun haben.

---

### Von der CIM-Fabrik zum IPH

---

Als Ehrengäste waren bei der Jubiläumsfeier auch die Gründerväter des IPH zu Gast: Professor Hans Kurt Tönshoff und Professor Hans-Peter Wiendahl hatten das Institut im Jahr 1988 zusammen mit dem inzwischen verstorbenen Professor Eckart Doege gegründet.

In den Anfangsjahren trug das Institut noch den Namen CIM-Fabrik Hannover und widmete sich ganz dem „Computer Integrated Manufacturing“. Die Steuerung von Fabrikationsprozessen durch Computer war damals eines der Zukunftsthemen der Produktionstechnik.





Heute beschäftigen sich die IPH-Ingenieure mit ganz unterschiedlichen Forschungsprojekten aus der Produktionsautomatisierung, Umformtechnik und Logistik. Zudem sind sie sehr erfolgreich im Auftrag der Industrie tätig: So war das IPH beispielsweise an der Restrukturierung der Bahlsen-Keksfabrik in Barsinghausen beteiligt, die 2011 als "Fabrik des Jahres" ausgezeichnet wurde.

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts haben sich in dem Vierteljahrhundert seines Bestehens immer wieder verändert. Doch das wichtigste Ziel ist stets geblieben: Das IPH will Theorie und Praxis vernetzen und damit die Produktionstechnik immer weiter verbessern. Mit dem Know-How aus der Forschung unterstützt das Institut vor allem kleine und mittlere Unternehmen – doch auch Großkonzerne gehören zu seinen Kunden, darunter Continental, Volkswagen und Airbus.

#### Partner, Förderer und Ehemalige gratulierten

---

Bei der Jubiläumsfeier war unter anderem Dr. Kai Brüggemann zu Gast, Werkleiter am Airbus-Standort Hamburg-Finkenwerder, der auch dem Beirat des Instituts angehört. In seinem Gastvortrag über "Die Zukunft des Fliegens" sprach Brüggemann von umweltfreundlichen Flugzeugen, die mit Algen-Treibstoff fliegen, und von selbstheilenden Strukturen, die bei Schäden in ihre Ursprungsform zurückkehren können.

Zum Geburtstag gratulierten dem IPH auch Hauke Jagau, Präsident der Region Hannover, und Hannovers Erster Bürgermeister Bernd Strauch. Unter den 120 Jubiläumsgästen waren zudem Projektpartner, Förderer, Mitarbeiter befreundeter Institute sowie viele ehemalige Mitarbeiter, die in den vergangenen 25 Jahren am IPH promoviert haben.

 [25jahre.iph-hannover.de](http://25jahre.iph-hannover.de)

---

# Die Grenze zwischen „groß“ und „XXL“

---

400 Meter lange Containerschiffe, Flugzeuge für 500 Passagiere, Windkraftanlagen mit mehr als 150 Metern Rotordurchmesser: Produkte, die jedes normale Maß überschreiten, werden auch als XXL-Produkte bezeichnet. Doch wo verläuft die Grenze zwischen „groß“ und „XXL“? Bisher war das nicht eindeutig festgelegt, nun existiert erstmals eine Definition – dank Wissenschaftlern des IPH.

---

## Nano ist eindeutig, XXL ist relativ

---

XXL ist, wenn der Mensch an seine technischen Grenzen stößt: So lautet etwas verkürzt die Definition, die IPH-Mitarbeiter im Wissenschafts-Journal *Production Engineering* veröffentlicht haben. Mit dem Aufsatz „Towards a definition of large scale products“ wagten sich die Autoren im Jahr 2013 auf wissenschaftliches Neuland und erhielten dafür viel positives Echo.

Während sich kleinste Strukturen bereits eindeutig abgrenzen lassen – unter den Begriff Nano-Technologie fällt alles, was kleiner als hundert Nanometer ist – fehlte bisher eine Definition für das andere Ende der Größenskala. Anhand ihrer absoluten Größe lassen sich XXL-Produkte nicht definieren, denn die Grenze zwischen „groß“ und „XXL“ ist relativ und verschiebt sich mit der Zeit. So lag beispielsweise der maximale Rotordurchmesser von Windkraftanlagen im Jahr 1982 noch bei 15 Metern, inzwischen hat er sich auf 154 Meter vergrößert.

Fest steht allerdings: Wenn ein Produkt eine bestimmte Größe übersteigt, wird unter anderem die Herstellung teurer, weil dafür größere Maschinen und Fabrikhallen benötigt werden. Viele XXL-Produkte lassen sich zudem nicht hocheffizient am Fließband fertigen, sondern werden als Unikate in Baustellenfertigung hergestellt (siehe Seite 36). Und oft genug müssen erst neue Materialien und Leichtbauweisen entwickelt werden, um noch größere Produkte überhaupt möglich zu machen.

---

## Wenn der Mensch an seine Grenzen stößt

---

Während sich konventionell große Produkte mit bewährten Mitteln herstellen und transportieren lassen, bringen XXL-Produkte den Menschen „an seine technischen, organisatorischen und damit wirtschaftlichen Grenzen“ – so lautet die Definition der IPH-Wissenschaftler. Signifikant für XXL-Produkte sei „ein überproportionaler Anstieg des Aufwandes“, sobald ein „charakterisierendes Merkmal des Produktes“ noch weiter vergrößert wird. Also wenn beispielsweise der Rotorblatt-Flügel noch länger werden oder das Flugzeug noch mehr Sitze haben soll.



Mit den Produkten wachsen allerdings auch die Maschinen und Fabriken, und es werden ständig neue Methoden entwickelt, um großskalige Produkte in Serie zu fertigen. Was heute noch als XXL gilt, ist vielleicht morgen schon ganz normal. Auch das größte Containerschiff der Welt (Foto) mit fast 400 Metern Länge könnte schon in wenigen Jahren von noch gigantischeren Schiffen übertroffen werden.

Die Ingenieure am IPH tragen dazu bei, dass sich die Grenze zwischen „normal“ und „XXL“ immer weiter verschiebt. Bereits seit 2008 befasst sich das Institut aus wissenschaftlicher Sicht und branchenübergreifend mit XXL-Produkten – als einzige Forschungseinrichtung in Europa.

#### Arbeitskreis ermöglicht Austausch

---



Zudem hat das IPH den Arbeitskreis XXL-Produkte ins Leben gerufen und damit ein überregionales Kooperationsnetzwerk geschaffen, das einen engen Dialog zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ermöglicht.

Zu den Mitgliedern zählen Hersteller und Zulieferer von großskaligen Produkten aus ganz unterschiedlichen Branchen sowie Forschungseinrichtungen, die sich mit XXL-Produkten beschäftigen. Sie treffen sich zweimal im Jahr, diskutieren über aktuelle technologische und organisatorische Herausforderungen und entwickeln gemeinsam Lösungsansätze. Denn ob es um Flugzeuge, Förderanlagen, Schiffe oder Windkraftanlagen geht: Sobald „groß“ zu „XXL“ wird, stößt der Mensch an seine Grenzen.

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

---

# Experten im Dienst der Industrie

---

Ein reines Forschungsinstitut war das IPH noch nie: Seit seiner Gründung im Jahr 1988 versteht es sich auch als Dienstleister für die Industrie. Produzierende Unternehmen profitieren vom umfangreichen Expertenwissen der IPH-Mitarbeiter auf ganz unterschiedlichen Gebieten – von Automatisierungstechnik bis hin zu innovativen Fertigungsverfahren.

Damit potenzielle Kunden wissen, bei welchen konkreten Problemen das IPH Unterstützung anbietet, hat der Forschungs- und Beratungsdienstleister im Jahr 2013 erstmals ein detailliertes Dienstleistungs-Portfolio erarbeitet. Darin hat das IPH sechs Kompetenzbereiche von Auto-ID bis Umformtechnik abgesteckt. In jedem Kompetenzbereich bietet das IPH unterschiedliche Dienstleistungsbausteine an, aus denen sich individuelle Dienstleistungspakete zusammensetzen lassen – genau abgestimmt auf die Anforderungen der Kunden.

## Auto-ID

---

Ob Barcodes, Matrixcodes oder Funktechnologien wie RFID: Mit automatischen Identifikationstechnologien (Auto-ID) haben die IPH-Ingenieure viel Erfahrung. Neben Kenntnissen der etablierten Technologien entwickeln sie auch selbst neuartige Systeme. Für seine Kunden findet das IPH die geeignetste Auto-ID-Lösung, hilft bei der Anbieterauswahl und bei der Einführung der Technologie.

## Automatisierungstechnik

---

Die Automatisierung von Produktionsprozessen gehört ebenfalls zu den Kompetenzbereichen des IPH. Industrieunternehmen können sich von den Experten etwa bei der Frage beraten lassen, welcher Grad an Automatisierung sinnvoll und wirtschaftlich ist. Zudem bietet das IPH Unterstützung bei der Auswahl, Entwicklung und Einführung von Automatisierungslösungen.

## ERP / MES

---

Enterprise Resource Planning (ERP) und Manufacturing Execution Systeme (MES) bilden das zentrale Rückgrat vieler Unternehmen und sichern so den nachhaltigen Erfolg. Allerdings gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme. Das IPH hilft bei der Auswahl des Systems, das am besten zu den spezifischen Anforderungen des Kunden passt, und unterstützt bei Bedarf auch bei der Einführung.



## Fabrikplanung

---

Ob Grüne-Wiese-Planung oder Restrukturierung: Die Fabrikplanung ist für die meisten Unternehmen keine alltägliche Aufgabe. Das IPH unterstützt dabei gern: In Kooperation mit Architekturbüros plant der Dienstleister seit mehr als 25 Jahren erfolgreich Fabriken. In seine Arbeit fließen dabei auch neueste Forschungserkenntnisse ein, beispielsweise zur Energieeffizienz.

## Fertigungsverfahren

---

Gießen, Zerspanen oder Umformen? Welches Fertigungsverfahren sich für welches Produkt besten eignet, untersucht das IPH im Auftrag seiner Kunden. Systematisch analysieren die Ingenieure sowohl die technische Machbarkeit als auch die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Verfahren. Bei Bedarf wählen sie auch einen passenden Lieferanten aus.

## Umformtechnik

---

Im Bereich der Umformtechnik ist das IPH auf ressourceneffiziente Prozesse spezialisiert. Zu seinen Kernkompetenzen gehören Technologien wie gratloses und gratreduziertes Schmieden, Querkeilwalzen, Innenhochdruckumformen und Hybridschmieden. Zudem haben die Ingenieure Erfahrung mit ganz unterschiedlichen Werkstoffen – etwa mit Stahl, Edelstahl, Aluminium, Titan und Inconel.

Weitere Informationen zu den Dienstleistungsangeboten des IPH finden sich in der kostenlosen Broschüre „Unsere Dienstleistungen für die Industrie“ sowie im Internet.

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

---

## IPH schult Fabrikplaner – mit Erfolg

---

Schritt für Schritt zur neuen Fabrik: Wie Unternehmen bei der Planung oder Restrukturierung ihrer Produktionsstätte vorgehen sollten, können sie vom IPH lernen. Das zweitägige Praxisseminar Fabrikplanung wird gemeinsam mit dem Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) durchgeführt. Bisher fand es einmal jährlich statt – weil das Seminar im Herbst 2013 jedoch restlos ausgebucht war, sind für die Zukunft zwei Termine pro Jahr in Planung.

Das Praxisseminar richtet sich an Fach- und Führungskräfte produzierender Unternehmen, die eine neue Fabrik planen oder ihre bestehende Produktionsstätte umgestalten wollen. Vorerfahrungen sind nicht notwendig. In Vorträgen und Workshops lernen die Teilnehmer die Grundlagen der Fabrikplanung: Wie muss die neue Produktionsstätte aufgebaut sein, um alle Anforderungen zu erfüllen? Wie wird ein Fabriklayout entwickelt? Und was muss man beachten, damit die Fabrik auch in zehn Jahren noch den Ansprüchen des Unternehmens genügen kann?

Große Nachfrage: Seminar soll in Zukunft häufiger stattfinden

---

Das nächste Praxisseminar ist für den 8. und 9. Oktober 2014 geplant, die ersten Teilnehmer haben sich bereits angemeldet. Wegen der großen Nachfrage soll das Seminar künftig zweimal im Jahr stattfinden: Ab 2015 können Interessierte nicht nur im Herbst, sondern auch im Frühjahr lernen, wie man moderne, wandlungsfähige und nachhaltige Fabriken plant.

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



---

## Zwei neue Mitglieder im Beirat

---

Mit Dr. Volker Müller und Dr. Andreas Sennheiser hat das IPH zwei neue Mitglieder in seinen Beirat berufen. Müller trat das Amt im Mai 2013 an, Sennheiser zum Jahresende. Beide tragen dazu bei, das Forschungs- und Beratungsunternehmen noch besser mit der regionalen Wirtschaft zu vernetzen.

### Beste Kontakte zu niedersächsischen Unternehmen

---



Als Hauptgeschäftsführer der Unternehmerverbände Niedersachsen e.V. (UVN) vertritt Dr. Volker Müller die Interessen von etwa 70 Arbeitgeber- und Wirtschaftsverbänden mit mehr als 85.000 Unternehmen aus Industrie, Handel, Handwerk und Landwirtschaft. Darüber hinaus ist er Geschäftsführer des Instituts der Norddeutschen Wirtschaft e.V. (INW). Der promovierte Rechtsanwalt kennt sich mit wirtschaftspolitischen Themen bestens aus und hat Erfahrung in der Zusammenarbeit mit Unternehmen unterschiedlichster Branchen.

### Langjähriger Partner des IPH

---

Supply Chain Management ist das Spezialgebiet von Dr. Andreas Sennheiser. Der CEO der Sennheiser electronic GmbH & Co. KG promovierte im Jahr 2004 zu diesem Thema und passt damit hervorragend zum IPH, das sich ebenfalls mit Lieferketten beschäftigt. In den Beirat wurde Sennheiser aber vor allem berufen, weil sein Unternehmen seit Jahren gute Beziehungen zum IPH pflegt. Auch Volker Bartels, der frühere Geschäftsführer der Firma Sennheiser, gehörte dem IPH-Beirat viele Jahre lang an.



Nun übernimmt Dr. Andreas Sennheiser das Amt. Er studierte Betriebs- und Produktionswissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich und verantwortete bei Sennheiser zunächst die Themen Lean Management sowie strategisches Supply Chain Design, bevor er Mitglied der Unternehmensleitung wurde.

---

## Dissertationen

---

Potthast, J.-M.: Nachweis zirkadianer Leistungsschwankungen bei manuellen Montagetätigkeiten. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 1/2013, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2013.



Elsweier, M.: Modellgestützte Diagnose in der Produktionslogistik mit einem Assistenzsystem. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 2/2013, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen 2013.



Selaouti, A.: Simulationsgestützte werkzeugtypbezogene Konfiguration der Werkzeugversorgung am Beispiel von Schmiedegesenken. In: Behrens, B.-A.; Nyhuis, P.; Overmeyer, L. (Hrsg.): Berichte aus dem IPH, Band 3/2013, TEWISS – Technik und Wissen GmbH, Garbsen 2013.



Die Dissertationen können über den PZH Verlag bezogen werden.

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

---

# Zahlen und Fakten

---

## Umsatz (in Tausend Euro)

---

gesamt	3.317
Aufträge der Industrie	838
gemeinnützige Forschung	2.030
institutionelle Förderung	449

## Mitarbeiter (Jahresdurchschnitt)

---

gesamt	54
Wissenschaftliches Personal / Berater	25
Mitarbeiter in Verwaltung / EDV / Marketing	6
(studentische) Teilzeitbeschäftigte	23

## Projekte

---

gesamt	53
Aufträge der Industrie	22
gemeinnützige Forschung	31



---

## Ausgewählte Projekte

---

---

# Öko? Ja bitte!

## Anlieferkonzepte sollen umweltfreundlicher werden

---

*Öko liegt im Trend, Nachhaltigkeit wird immer wichtiger – das gilt auch für Produktionsprozesse. Da in vielen Unternehmen die Logistik einen Großteil der negativen Umweltauswirkungen verursacht, etwa durch Emissionen, muss gerade in diesem Bereich noch viel verbessert werden.*

Ein Anlieferkonzept beschreibt sämtliche Prozesse vom Warenausgang beim Lieferanten bis zur Bereitstellung des Materials in der Produktion des Kunden. Bei der Auswahl und Gestaltung eines Anlieferkonzepts werden bislang fast ausschließlich die späteren Kosten sowie die logistische Leistungsfähigkeit berücksichtigt. Immer wichtiger wird aber auch die Frage, inwieweit die Prozesse ökologisch nachhaltig gestaltet werden sollten – schließlich geht der Trend zu einer umweltfreundlichen und sauberen Produktion.

### Grün und günstig – geht das?

---

Die Anlieferung ist hierbei von besonderer Bedeutung, da diese sämtliche eingehenden Transporte sowie große Teile der Intralogistik und Lagerhaltung umfasst. Dies sind eben jene Prozesse, denen ein großer Teil der erzeugten Emissionen zugeschrieben werden kann. In einem aktuellen Forschungsprojekt wird deshalb eine Methode zur ökologie- und logistikkostenorientierten Auswahl von Anlieferkonzepten entwickelt.

Der Weg zu einem grünen und kostengünstigen Anlieferkonzept soll dabei denkbar einfach sein. Zunächst werden die für den Anwendungsfall erforderlichen Anlieferprozesse modelliert, etwa der Warentransport vom Lieferanten in das Kleinteillager des Kunden. Diese Modellierung wird einfach und intuitiv gehalten, damit auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gut damit umgehen können. Zudem werden wichtige logistische Kennzahlen der Prozessschritte erfasst, zum Beispiel die Wiederbeschaffungszeit für Kleinteile.

Die Innovation liegt nun in der zusätzlichen Dokumentation ökologischer Kenngrößen, beispielsweise der Kohlenstoffdioxid-Emissionen des anliefernden Fahrzeugs oder des Energiebedarfs für Verpackung und Einlagerung der Kleinteile.



---

#### Auswirkungen auf die Umwelt werden sichtbar

Eine besondere Herausforderung liegt in der Vergleichbarkeit der erfassten logistischen und ökologischen Kennzahlen. Idealerweise werden sie auf einen Nenner gebracht, beispielsweise durch die Umrechnung in eine monatere Größe. Für den Anwender, also zum Beispiel den Logistikleiter eines KMU, wird dadurch erstmals eine ganzheitliche Bewertung der bestehenden Anlieferkonzepte möglich – sowohl hinsichtlich der Logistikleistung als auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt.

Darüber hinaus können Anlieferkonzepte mit dieser Methode sehr zielgerichtet neu- oder umgestaltet werden, da die Konsequenzen einer Entscheidung sofort sichtbar werden. Beispielsweise kann sehr einfach aufgezeigt werden, wie sich eine Änderung der Bestellmenge auf logistische und ökologische Kennzahlen auswirkt.

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

---

*Das IGF-Vorhaben 16786N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Meister gegen den Verschleiß

Wie mehrdirektionale Schmiedewerkzeuge länger halten

---

*Dass sich das IPH mit mehrdirektionaler gratloser Umformung auskennt, ist auch über die europäischen Grenzen hinaus bekannt. Einen Kunden aus Asien haben die Ingenieure dabei unterstützt, die Standzeit seiner Schmiedewerkzeuge zu verbessern – und somit Geld zu sparen.*

Wie sich beim Schmieden Material einsparen lässt, dafür ist das IPH inzwischen Experte. In den vergangenen Jahren hat das Unternehmen umfangreiche Kompetenzen im Bereich der gratreduzierten und gratlosen Warmmassivumformung von Stahl aufgebaut. Hierzu wurden innovative Werkzeugkonzepte entwickelt, die aus mehreren Raumrichtungen gleichzeitig umformen und somit die Materialausnutzung erhöhen.

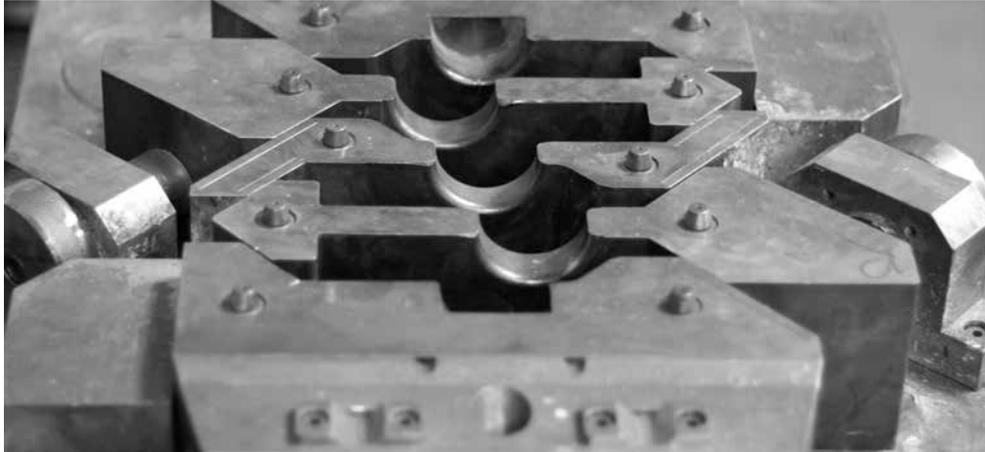
Konventionelle, gratbehaftete Schmiedewerkzeuge bestehen in der Regel aus zwei starren Gesenkhälften. Diese erlauben lediglich eine Umformung in vertikaler Richtung, die durch die Bewegung des Pressenstößels erzeugt wird. Beim Einsatz mehrdirektional wirkender Umformwerkzeuge wird die vertikale Bewegung des Stößels zusätzlich in horizontale Bewegungen umgelenkt.

Um dies zu ermöglichen, besteht das Werkzeug aus mehreren beweglichen Elementen. Die Umlenkung wird durch Keilantriebe realisiert. Dabei entstehen jedoch hohe Kräfte auf die Führungselemente und Kontaktflächen der Keile sowie weiterer Werkzeugelemente, was wiederum zu einem höheren Verschleiß führt. Für kleine Schmiedeserien ist das weniger ein Problem, schwieriger wird es bei Großserien, bei denen die Werkzeuge viele Schmiedehübe aushalten müssen.

Mit mehr Wissen...

---

Der Verschleiß wird maßgeblich über die Kraft auf den Werkzeugflächen beeinflusst. Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten, um den Verschleiß zu reduzieren: Erstens kann man die Werkstoffkombination der Kontaktflächen anpassen, zweitens die Kontaktflächen beschichten oder härten und drittens geeignete Schmiermittel zwischen den Reibpartnern verwenden. Für alle drei Möglichkeiten bestehen unzählige individuelle Ausprägungen, deutlich wird das allein an der Vielzahl industriell verfügbarer Schmiermittel.



Um dem Kunden eine Übersicht über industriell verfügbare Lösungen zu geben, hat das IPH daher einen umfangreichen Katalog zusammengestellt. Dieser umfasst beispielsweise Hersteller und Lieferanten von Werkstoffen, Werkzeugbeschichtungen und Schmiermitteln. Zudem wurden in einer Simulation die Randbedingungen ermittelt, die im Werkzeug des Kunden vorherrschen, wie zum Beispiel der Druck der Werkzeugflächen und die Temperaturverteilung. Mit Hilfe dieser Randbedingungen wurden Lösungen aus dem Katalog ausgewählt, die sich für den Anwendungsfall eignen.

... gezielt sparen

---

Für das Schmiedeunternehmen lohnt sich die Beratung seitens des IPH: Durch die identifizierten Verbesserungsmaßnahmen kann es die Standzeit der Werkzeuge erhöhen. Dadurch werden weniger kostspielige Instandsetzungsmaßnahmen bei gleicher Stückzahl erforderlich.

Sparen kann das Unternehmen also gleich auf zwei Arten: Zum einen wird beim mehrdirektionalen Schmieden weniger Material benötigt, zum anderen halten nun auch die Werkzeuge länger. Im internationalen Wettbewerb bleibt der Zulieferer somit konkurrenzfähig und kann seine Marktposition weiter ausbauen.

---

# Drahtlos und energieautark

## Innovative Zustandsüberwachung von Schiffsgetriebenen

---

*Ein Schiffsgetriebe muss hohe Belastungen aushalten, denn die Zuverlässigkeit des gesamten Schiffsantriebs hängt von diesem Element zwischen Dieselmotor und Propelleranlage ab. Damit das Getriebe nicht ausfällt, wird es ständig überwacht – in Zukunft soll das sogar drahtlos möglich sein.*

Sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus sicherheitstechnischen Gründen sind die Anforderungen an die Getriebeverfügbarkeit sehr hoch. Sichergestellt wird sie durch eine zustandsorientierte Instandhaltung. Allerdings muss das Schiffsgetriebe dafür permanent überwacht werden, etwa anhand von Messdaten bezüglich der auftretenden Drehmomente, Vibrationen und Temperaturen.

Bisher ist der Aufbau von Messsystemen an Schiffsgetriebenen mit einem hohen Verdrahtungsaufwand verbunden, denn sowohl Energie als auch Daten werden in der Regel kabelgebunden übertragen. Ziel eines aktuellen Forschungsprojekts am IPH ist die Entwicklung eines Messsystems, das ohne Strom- und Datenleitungen auskommt. Die Messdaten sollen per Funk ausgelesen werden und die Energie soll dort gewonnen werden, wo sie gebraucht wird: direkt an den Messstellen.

### Herausforderung Schiffsgetriebe

---

Auf die Projektpartner kommen dabei große Herausforderungen zu. Problematisch sind nicht nur die drahtlose Energieversorgung und Kommunikation, sondern auch die Bedingungen, denen entsprechende Messsysteme in Schiffsgetriebenen ausgesetzt sind: etwa Verschmutzung, mechanische Belastung und Korrosion. Des Weiteren wirken sich schwankende thermische Einflüsse auf die Messsignale aus. Generell muss auf eine elektromagnetische Verträglichkeit geachtet werden. Um die Einflüsse auf das System abschätzen zu können und ein robustes Verhalten sicherzustellen, wurden zu Projektbeginn die Umgebungsbedingungen analysiert und die daraus abgeleiteten Anforderungen an das Messsystem in einem Lastenheft spezifiziert.

### Energieernte vor Ort

---

Eine besondere Herausforderung ist es, das Messsystem drahtlos mit Energie zu versorgen. Ermöglichen soll dies ein sogenanntes Energy-Harvesting-System, bei



dem Energie aus der Umgebung gewonnen wird – sie wird sozusagen vor Ort geerntet. Dafür werden in dem Forschungsprojekt verschiedene Ansätze untersucht. Zur Energiegewinnung können beispielsweise Vibrationen, Temperaturunterschiede oder das Drehmoment an der An- und Abtriebswelle genutzt werden.

Die Energieernte aus Vibrationen ist nicht einfach, weil in einem mehrstufigen Getriebe unterschiedliche Frequenzen auftreten, die nicht alle für den Einsatz von kinetischen Energiewandlern geeignet sind. Vielversprechender ist die Verwendung thermischer Energiewandler. Denn um die Betriebstemperatur konstant zu halten, werden Schiffsgetriebe mit Meerwasser gekühlt. Das Getriebegehäuse erreicht dabei eine Temperatur von etwa 60 Grad Celsius, das Meerwasser ist mit 5 bis 20 Grad Celsius deutlich kühler. Diese erhebliche Temperaturdifferenz kann zur Energieumwandlung genutzt werden.

Vorversuche mit sogenannten Thermoelementen wurden bereits durchgeführt und lassen eine drahtlose Energieversorgung des Messsystems grundsätzlich möglich erscheinen.

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

---

*Das Projekt „DriveCoM – Einsatz drahtloser Kommunikationstechnologie zur wirtschaftlichen Zustandsüberwachung von Schiffsgetrieben“ mit dem Förderkennzeichen 03SX350A wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) im Rahmen des Forschungsprogramms „Maritime Technologien der nächsten Generation“ im Themenfeld „Schiffstechnik“ gefördert und vom Projektträger Jülich (PT-J) betreut.*

---

---

# Agenten als Lokführer

## Simulation eines Rangierbahnhofs ermöglicht Optimierung

---

*„Wer zuerst kommt, mahlt zuerst“ – das ist nicht unbedingt die beste Strategie zum Betrieb eines Rangierbahnhofs und seiner Be- und Entladeeinrichtungen. Welche Strategien sich wirklich eignen, hat das IPH im Rahmen eines internationalen Industrieprojekts untersucht.*

Das wirtschaftliche Wachstum in Deutschland und Europa sichert Arbeitsplätze und Wohlstand. Doch sind die Auswirkungen für unsere Umwelt häufig negativ. Denn wenn mehr Waren produziert werden und der Konsum zunimmt, steigen auch das Verkehrsaufkommen und damit die Treibhausgasemissionen. Um diese Emissionen so gering wie möglich zu halten, ist das erklärte Ziel die Verlagerung der Warentransporte vom Straßenverkehr auf die Schiene.

Vor diesem Hintergrund bereitet sich die OMV Refining & Marketing GmbH, ein international agierendes Öl- und Gasunternehmen mit Sitz in Österreich, auf steigende Umschlagszahlen in den unternehmenseigenen Rangierbahnhöfen vor. Zu den bisher ungelösten Fragestellungen gehört unter anderem auch die Untersuchung der maximal möglichen Durchsatzleistung. Um diese Frage zu beantworten, hat das IPH für seinen Kunden ein innovatives, ereignisdiskretes Simulationsmodell entwickelt.

### Wie modelliert man Züge?

---

Bei der Modellierung der Simulation gab es zahlreiche Herausforderungen zu lösen. Dazu gehörte beispielsweise, einen beliebig langen und schweren Zug über ein Gleis mit streckenweisen Geschwindigkeitsbegrenzungen und Sperrungen auf einem möglichst kurzen Weg über den Rangierbahnhof zu steuern.

Weiterhin unterliegt der Zug, je nach Gleis, unterschiedlichen Beschränkungen. Besonders im Rangierbahnhof und an den Anlagen gelten diese Beschränkungen nur auf vereinzelt, kurzen Teilstücken. Teilweise dürfen Waggons einfahren, jedoch keine Lokomotiven, Gleise können für die Durchfahrt gesperrt sein.

Außerdem muss ein realistisches Geschwindigkeitsprofil für jede Zugbewegung errechnet werden, aus dem sich die gesamte Fahrzeit und damit die durchschnitt-



liche, simulierte Geschwindigkeit ableiten lässt. Zur Validierung der Simulationsergebnisse wurden dazu echte Fahrzeiten den simulierten Fahrzeiten gegenübergestellt. Die errechneten Abweichungen lagen, erstaunlich genau, teilweise nur im Sekundenbereich.

#### Wie modelliert man Lokführer?

---

Eine besondere Herausforderung stellte die Modellierung der menschlichen Intelligenz der Lokführer dar. Dafür wurde im Simulationsmodell auf die sogenannte Agententechnologie gebaut. Auf diese Weise konnte auch das größte Problem einer solchen Simulationen vermieden werden: der „dead lock“.

Ist beispielsweise ein Bereich des Bahnhofs nur über ein bestimmtes Gleis anfahrbar und dieses Gleis wurde zwischenzeitlich von einem Lokführer mit einem Zug belegt, säße ein Zug in diesem Gleisbereich in der „Falle“. Leicht kommt es zu Situationen, in denen jeder auf jeden wartet – das Modell steht still! Im Projekt wurde dieses Problem unter anderem durch die Reservierungsmöglichkeit von Gleisen durch die Agenten behoben.

Wie groß diese Warteverluste sein können und mit welchen Strategien sie sich minimieren lassen, wurde mit dem entwickelten Simulationswerkzeug untersucht. Damit kann der Betreiber des Rangierbahnhofs nun auch im Voraus überprüfen, ob es sich lohnt, ein zusätzliches Gleis zu bauen.

---

# Das Geheimnis der Temperatur

Wie eine inhomogene Erwärmung das Umformverhalten verändert

---

*In der Massivumformung ist eine hohe Materialausnutzung besonders wichtig – allerdings sind spezielle Vorformaggregate für Klein- und Mittelserien in der Regel teuer. Doch auch ohne solche Aggregate könnte sich das Material in Zukunft effizient nutzen lassen: mittels Stauchen von inhomogen erwärmten Rohteilen.*

Bauteile wie Kurbelwellen oder Pleuel werden heute in der Regel geschmiedet. Der Schmiedeprozess erfolgt dabei in mehreren Schritten: von der Ausgangsgeometrie des Rohteils über mehrere Vorformschritte bis zum fertig geschmiedeten Bauteil. Materialeffiziente Vorformschritte werden dabei beispielsweise über Querkeilwalzprozesse in speziellen Anlagen realisiert. Das ist jedoch oft nicht wirtschaftlich, insbesondere bei kleinen Stückzahlen oder Vorserien.

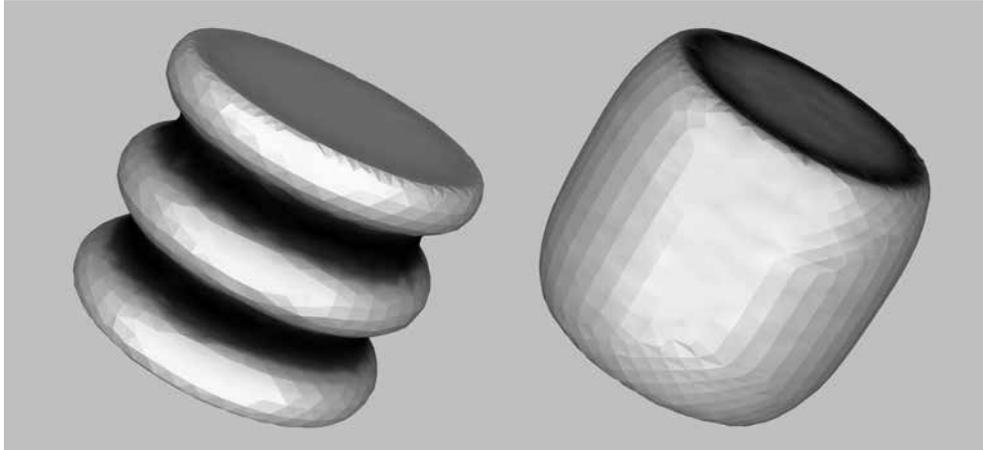
Die Ingenieure am IPH haben deshalb einen völlig neuen Ansatz entwickelt, der Vorformen ganz ohne teure Spezialanlagen ermöglichen soll. Die Innovation steckt dabei in einer inhomogenen Erwärmung des Rohteils. Allein die Temperatur- und damit die Festigkeitsunterschiede im Rohmaterial sollen bei einem einfachen Stauchprozess dafür sorgen, dass sich das Rohteil wie gewünscht ausformt. Ob dieser innovative Ansatz auch machbar ist, wurde in einer Studie simulativ untersucht.

Inhomogene Temperatur = inhomogene Geometrie

---

Analysiert wurde dabei der Einfluss der inhomogenen Temperaturverteilung auf das Umformverhalten von Rund- und Vierkantgeometrien. Dabei wurden sowohl die Anzahl und Ausrichtung der unterschiedlichen Temperaturzonen als auch das Abmaß der Rohteile variiert.

Homogen erwärmte zylindrische Rohteile weisen nach dem Stauchen entlang der Längsachse lediglich eine Ausbauchung in der Mitte auf (siehe Grafik, rechte Seite). Ganz anders bei den inhomogen erwärmten Rohteilen in der Simulation: diese stauchten sich an mehreren Stellen wie eine Ziehharmonika (siehe linke Seite der Grafik). Das Ergebnis glich einem Querkeilwalzteil mit mehreren Massenanhäufungen. Ein quer zur Längsachse flachgedrücktes Rohteil wies wiederum trotz gleicher Anzahl der Temperaturzonen nur eine Aufweitung mittig im Bauteil auf. Und noch etwas konnten die IPH-Ingenieure in der Studie zeigen: Je größer das Rohteil, desto stärker beeinflusst die inhomogene Temperaturverteilung das Umformverhalten.



---

#### Mit Strom und Gas zum Ziel

---

Bevor dieser neue Ansatz in der industriellen Praxis eingesetzt werden kann, gibt es aber noch viel zu tun. Eine besondere Herausforderung liegt darin, die Rohteile tatsächlich inhomogen zu erwärmen – entsprechende Technologien sind heute noch nicht verfügbar.

Deshalb will das IPH in Zukunft gemeinsam mit Industriepartnern und weiteren Experten eine technische Umsetzung untersuchen. Dabei sollen in der Schmiedebbranche übliche Erwärmungsarten angewendet werden, also vor allem die elektrisch induktive beziehungsweise konduktive Erwärmung und die Erwärmung mittels Gas.

Neben der Nutzung in Vorformprozessen kann eine inhomogene Bauteilerwärmung auch für spätere Umformschritte interessant sein. Vorstellbar ist beispielsweise eine verbesserte Formfüllung, zudem könnte sich durch kürzere Fließwege der Verschleiß reduzieren. Auch diese Untersuchungen sollen Gegenstand der künftigen Forschungsarbeit sein.

---

*Das IPH dankt dem Industrieverband Massivumformung e. V. für die Finanzierung dieser Studie.*

---

---

# XXL-Produktion im Fluss

Fließfertigung lohnt sich auch für Hersteller von großskaligen Produkten

---

*XXL-Produkte wie Windkraftanlagen oder Schiffe werden in der Regel in Form einer Baustellenfertigung hergestellt – das heißt, Material und Mitarbeiter werden zum Produkt bewegt statt umgekehrt. Die Fertigung am Fließband bietet dagegen zahlreiche Vorteile, bringt aber auch Herausforderungen mit sich.*

Die Fertigung von Windkraftanlagen, Schiffen oder anderen XXL-Produkten erfolgt meist in Form einer Baustellenfertigung. Das Produkt bleibt dabei an einem festen Ort; die Mitarbeiter, Betriebsmittel und Materialien werden zur Fertigung gebracht. Der Nachteil: Auf der Baustelle besteht wenig Transparenz über die wesentlichen Zusammenhänge der einzelnen Prozessschritte.

Ganz anders in der Fließfertigung: Dort sind Mitarbeiter, Betriebsmittel und Materialien festen Arbeitsstationen zugeordnet – man kennt das aus der Automobilindustrie. In der Regel ist die Fließfertigung transparenter und produktiver als andere Organisationsprinzipien.

Einige Unternehmen haben diese Potentiale bereits frühzeitig erkannt und ihre Fertigung nach dem Fließprinzip ausgelegt: So fertigen etwa Hersteller von Windkraftanlagen ihre Rotorblätter am Fließband oder produzieren ihre Maschinenhäuser nach einem festen Takt. In der Praxis existieren weitere Beispiele, doch diese beschränken sich zumeist auf Unternehmen mit hohen jährlichen Absatzzahlen und entsprechenden Investitionsmöglichkeiten.

Hoher Aufwand, unbekannter Nutzen?

---

Bei kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) sieht das oftmals anders aus, denn die Umstellung auf eine Fließfertigung hat ihren Preis: Der Planungsaufwand ist hoch und wird meist von externen Beratern übernommen. Zudem fallen für die erforderlichen Anlagen große Investitionen an.

Die meisten KMU schrecken vor den hohen Kosten zurück. Darüber hinaus herrscht oft Unkenntnis darüber, ab wann sich die Fließfertigung wirtschaftlich rechnet und wie die Fertigung neu organisiert werden kann. Angesichts des zunehmenden Wettbewerbsdrucks müssen zukünftig jedoch auch kleine und mittelständische Hersteller von XXL-Produkten ihre Fertigung kontinuierlich optimieren.



### Schritt für Schritt zum Fließprinzip

---

Die Grenzen der Fließfertigung für die Herstellung von XXL-Produkten lotet das IPH derzeit in einem Forschungsprojekt aus. Untersucht wird, unter welchen Voraussetzungen KMU von einer Fließfertigung profitieren können. Die Ingenieure prüfen dazu, inwiefern sich die Vorteile der Fließfertigung wirtschaftlich auf die Baustellenfertigung übertragen lassen.

Das IPH setzt dabei auf eine intensive Zusammenarbeit mit der Industrie. Die Wissenschaftler wollen für das Forschungsprojekt branchenübergreifend Unternehmen befragen, die eine Fließfertigung nutzen, sowie Hersteller von großskaligen Produkten, die bislang eine Baustellenfertigung betreiben. So sollen die beiden Fertigungsprinzipien gegenübergestellt und die speziellen Anforderungen von XXL-Produkten ermittelt werden. Anschließend wollen die Wissenschaftler daraus unternehmensspezifische Reorganisationsmaßnahmen ableiten.

Die Forschungsergebnisse werden in Form eines Softwaredemonstrators bereitgestellt. Ein Handlungsleitfaden soll interessierte Firmen nach Projektende bei der Umsetzung begleiten.

 [www.fliessfertigung-xxl.de](http://www.fliessfertigung-xxl.de)

---

*Das IGF-Vorhaben 16635 N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. – BVL wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Fahrerlos, aber nicht planlos

## Leistungsfähigere FTS durch mehr Selbstständigkeit

---

*Bisher werden Fahrerlose Transportsysteme von einem zentralen Computer gesteuert, der Leitsteuerung. Die Fahrzeuge selbst führen lediglich kleinere Aufgaben durch, etwa die Hinderniserkennung. Gemeinsam mit dem Oldenburger Institut für Informatik (OFFIS) hat das IPH ein dezentrales Steuerungskonzept erarbeitet.*

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) bestehen grundsätzlich aus einer Leitsteuerung, einem Kommunikationssystem und den Fahrzeugen selbst. Die Anzahl der Fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF) kann dabei von einigen wenigen bis hin zu 100 FTF reichen. Gesteuert werden diese bisher zentral: Hierzu wird der Transportauftrag von der Leitsteuerung in eine tatsächliche Bewegung der Fahrzeuge umgesetzt.

Komplexität verringern, Effektivität steigern

---

Je mehr FTF im Einsatz sind, desto eher kommt es zu Behinderungen und Staus im Streckennetz. Die entstehenden dynamischen Verkehrssituationen werden von heutigen zentralen FTS-Steuerungen allerdings nur unzureichend berücksichtigt. Sie sind zu wenig flexibel und robust.

Vor diesem Hintergrund wurde im Forschungsprojekt ein dezentral gesteuertes FTS entwickelt, das auf Agententechnologien basiert. Diese machen das System einerseits sehr robust, andererseits aber auch sehr flexibel. Für das agentenbasierte FTS wurde ein dezentrales Regelwerk erstellt, das Regeln für die Auftragsvergabe, die Konfliktauflösung sowie die Routenplanung beinhaltet. Die Regeln wurden nach vorgegebenen Anforderungen entwickelt und aufeinander abgestimmt. Anhand von Simulationen wurde das Regelwerk schließlich validiert.

Wie leistungsfähig der entwickelte Ansatz ist, wurde anhand eines realen Beispiels aus der industriellen Praxis überprüft. Mit Erfolg: Das dezentrale FTS arbeitete alle vorgegebenen Aufträge termingerecht ab, reduzierte zugleich die durchschnittliche Auftragsdauer um ein Viertel und verringerte die gefahrene Gesamtstrecke um etwa neun Prozent.



---

### Kosten senken, auch für KMU

Derzeit werden rund 200 Fahrerlose Transportsysteme (FTS) pro Jahr installiert, etwa ein Drittel davon bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) – Tendenz steigend. Der KMU-Anteil kann sich noch erhöhen, wenn FTS kostengünstiger und flexibler werden. Ist heute beispielsweise hochqualifiziertes Personal nötig, um ein einmal installiertes FTS zu verändern, so ist dies mit dem entwickelten System auch ohne Spezialisten möglich: Sobald die Änderungen des Wegenetzes in das System eingepflegt sind, werden diese von den FTS übernommen. Da die Routenplanung dezentral erfolgt, können die Fahrzeuge sofort die neuen Wege nutzen und in ihre Routenplanung einbeziehen.

Die Forschungsergebnisse können somit zur Leistungsfähigkeit künftiger FTS-Generationen beitragen und die Attraktivität von Fahrerlosen Transportsystemen auch für jene KMU erhöhen, die das Potenzial der Transportautomatisierung bisher wegen der hohen Investitionshürden nicht genutzt haben. Die Forschungsergebnisse können so dazu beitragen, die Marktposition auch von KMU langfristig zu verbessern.

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

---

*Das IGF-Vorhaben 17237 N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Innovation leicht gemacht

## Data Mining hilft bei Entwicklung neuer Produkte

---

*Innovationen sind kein Zufall: Neue Produkte entstehen oft aus der Kombination bereits vorhandener technischer Lösungen. Wer innovativ sein will, sollte also systematisch Daten auswerten und das daraus gewonnene Wissen nutzen. In einem aktuellen Forschungsprojekt entwickelt das IPH Methoden dazu.*

Im Lebenszyklus heutiger Produkte entstehen massenhaft digitale Daten. Von der ersten Produktidee über die Entwicklung, Herstellung und Nutzung bis zur Entsorgung hinterlässt nahezu jedes Produkt eine digitale Spur – von der Kaffeemaschine bis zum Kleintransporter.

Die Daten stammen in der Regel aus den unterschiedlichsten IT-Systemen, beispielsweise für Computer Aided Design, Enterprise Resource Planning oder Service Management. Ein aktuelles Forschungsvorhaben des IPH zielt deshalb darauf ab, die Masse dieser anfallenden Daten aus dem Produktlebenszyklus zu nutzen und in Wissen zu überführen, um damit neue Produkte noch besser zu machen. Besonders kleine und mittlere Unternehmen werden dadurch beim Erhalt und Ausbau ihrer Innovationsfähigkeit im globalen Wettbewerb unterstützt.

### Hemmnis Datenflut

---

Sowohl Großkonzerne als auch kleine Unternehmen sammeln bereits heute eine Vielzahl an Daten, die ein Produkt während seiner Lebenszeit erzeugt. Oft lässt sich beispielsweise bis zur kleinsten Schraube nachvollziehen, von welchen Zulieferern die einzelnen Bauteile stammen. Oder es wird erfasst, wie oft und warum ein Produkt repariert wurde.

Bislang existieren jedoch keine geeigneten Methoden und Werkzeuge, um diese Daten systematisch zu analysieren und zu Wissen zu verdichten. Vorhandene Wissensmanagementsysteme beschränken sich nur auf Teilbereiche, sodass die Rückführung und Vernetzung von Daten sowie der strukturierte Wissensaustausch eingeschränkt sind. Potentiale und Zusammenhänge bleiben daher oft unentdeckt. Um genau diese Innovationshemmnisse zu beseitigen, werden im Projekt Methoden und Werkzeuge entwickelt, die es ermöglichen, das Wissen aus den Bereichen Service und Logistik auch für die Produktentwicklung bereitzustellen.



## Bit für Bit zur Innovation

---

Dazu wurde sowohl der Wissensbedarf in der Produktentwicklung analysiert als auch das vorhandene Wissensangebot betrachtet. Die Erstellung eines Wissensmodells zeigt mögliche Zusammenhänge zwischen den verschiedenen vorhandenen Daten auf. Mit Hilfe von Data-Mining-Verfahren werden systematisch statistische Methoden angewendet, um Muster in den Daten zu identifizieren, die bislang nicht erkannt wurden, sich aber potentiell nutzen lassen.

Die Projektpartner sollen ganz konkret von den Erkenntnissen profitieren, die die Forscher bei der Datenauswertung gewinnen. Angenommen, die Wissenschaftler stellen fest, dass es bei der Wartung eines bestimmten Motortyps zu erheblichen Differenzen zwischen geplanter und tatsächlicher Servicezeit kommt. Bei näherer Betrachtung stellt sich heraus, dass der Hersteller des Motors eine bestimmte Einbausituation vorgesehen hat, die dem Servicetechniker jedoch die Wartung erschwert. In der nächsten Produktgeneration könnte dann eine wartungsfreundliche Einbausituation sichergestellt werden – eine Innovation, von der Hersteller, Kunden und Servicetechniker profitieren würden.

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

---

*Das Forschungsprojekt „Akquisition und Nutzung von Lebenszyklus-Wissen für Produktinnovation – LeWiPro“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme KMU-innovativ: IKT gefördert und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) betreut.*

---

---

# Snowmobilmfahren mit gutem Gewissen

## Industriereife ressourceneffiziente Fertigung von Kurbelwellen

---

*Kurbelwellen für Sonderfahrzeuge werden in Kleinstserien mit sehr großem Materialüberschuss geschmiedet. Das IPH entwickelt deshalb einen innovativen, ressourceneffizienten Schmiedeprozess, der aus mehreren Erwärmungsschritten, gratlosem Vorformen und gratreduziertem Fertigformen besteht.*

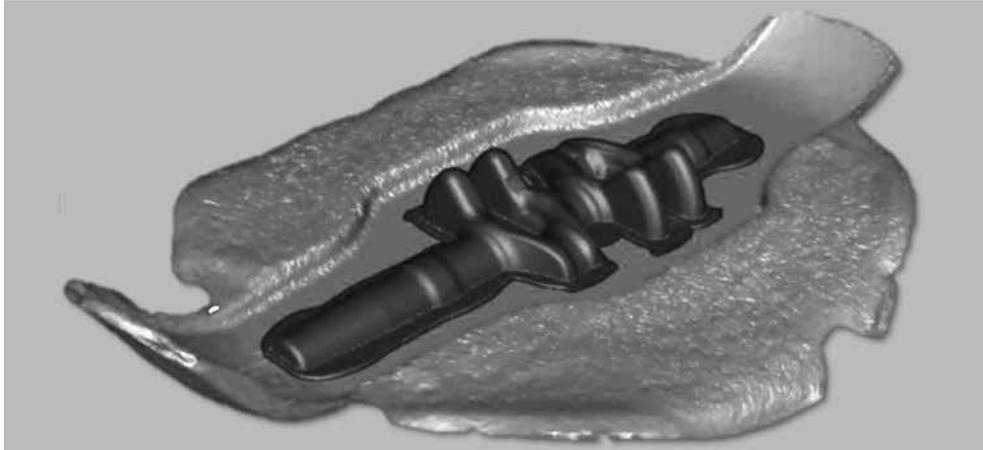
Die Kurbelwellen für Verbrennungsmotoren von Sonderfahrzeugen wie beispielsweise Quads oder Snowmobilen werden in Europa von kleinen Schmiedeunternehmen hergestellt. Aufgrund der hohen Variantenvielfalt und der geringen Stückzahlen werden diese Kurbelwellen mit einem hohen Überschuss an Schmiedestahl gefertigt, der sich im sogenannten Grat widerspiegelt. Der Grat wird nach dem Schmieden entfernt. Zur Reduktion der Material- und Energiekosten wird in einem internationalen Kooperationsprojekt das gratreduzierte Schmieden solcher Kurbelwellen entwickelt. Diese Schmiedevariante stellt eine Kombination des gratlosen und des gratbehafteten Schmiedens dar.

In der Vorformung liegt das Geheimnis

---

Beim gratlosen Schmieden hat sich gezeigt, dass in der Fertigformung eine Formfüllung nur durch extrem große Umformkräfte erreichbar ist und dadurch auch der Gesenkverschleiß deutlich ansteigt. Im Gegensatz dazu wird beim konventionellen Schmieden die Formfüllung mit Hilfe des Grats erreicht. So sind zwar geringere Kräfte nötig und die Gesenke halten länger, allerdings wird hierbei Material verschwendet – auch das ist nicht nachhaltig.

Derzeit liegt der Gratanteil einer industriell gefertigten Zweizylinderkurbelwelle bei 54 Prozent (siehe Grafik). Im Rahmen des EU-Projekts „REForCh – Resource efficient forging process chain for complicated high duty parts“ soll der Gratanteil deutlich reduziert werden. Dazu wird auf den Ergebnissen aus dem Sonderforschungsbereich 489 zum gratlosen Schmieden einer Kurbelwelle aufgebaut. Die neue Stadienfolge besteht aus drei gratlosen Vorformstufen, einer mehrdirektionalen gratlosen Umformstufe und einem gratreduzierten Fertigschmieden. Die gratlosen Vorformstufen stellen dabei die essentiellen Schritte dar, um in der Fertigformung sowohl den Materialüberschuss als auch den Verschleiß zu reduzieren. Simulationsergebnisse versprechen eine Reduktion auf 10 Prozent Gratanteil.



---

#### Gemeinsam in Europa zu mehr Ressourceneffizienz

---

Am Projekt sind drei Forschungseinrichtungen aus Deutschland und Rumänien beteiligt. Neben der Schmiedetechnik forschen sie auch an einer energieeffizienten Erwärmung der Rohteile und einer Wiedererwärmung der vorgeformten Schmiedeteile. Ziel der Wiedererwärmung ist die Reduktion der Umformkräfte im mehrdirektionalen Umformschritt.

Weiterhin werden die Werkstoffeigenschaften der Schmiedeteile über die gesamte neue Prozesskette analysiert. Entsprechend der betrachteten Prozesskette arbeiten kleine und mittlere Unternehmen aus den Bereichen Schmiedetechnik, Werkzeugbau und Erwärmungsanlagen im Projekt mit. So wird beispielsweise das mehrdirektionale Schmiedewerkzeug von einem Werkzeugbauer aus Spanien gemeinsam mit dem IPH hinsichtlich industrieller Einsetzbarkeit ausgelegt. Das ermöglicht eine ressourceneffiziente Herstellung auch von Kurbelwellen, die mit geringen Stückzahlen hergestellt werden – wie eben von Quads oder Snowmobilen.

 [www.reforch.eu](http://www.reforch.eu)

---

*Die Beteiligten des hier vorgestellten Forschungsprojektes danken der Europäischen Kommission für die finanzielle Unterstützung zur Durchführung dieses Forschungsvorhabens im 7. Rahmenprogramm.*

---

---

# Reif für Leistung?

## Die Logistikleistung in Produktionsnetzwerken verbessern

---

*XXL-Produkte bestehen aus Unmengen von Bauteilen, die häufig in Kleinserien oder gar als Unikate hergestellt werden. Weil die Produkte so komplex sind, schließen sich meist mehrere Unternehmen zu einem Produktionsnetzwerk zusammen. Kann das reibungslos und ohne Fehlabstimmungen funktionieren?*

Ein Team ist nur so stark wie der schwächste Spieler – das gilt nicht nur im Sport, sondern auch in der Industrie. In einem Produktionsnetzwerk hängt jeder von jedem ab: Wenn beispielsweise der Motor eines großen Containerschiffs nicht eingebaut werden kann, weil er vom Zulieferer noch nicht fertiggestellt wurde, so geraten alle weiteren Arbeiten ins Stocken. Damit das nicht passiert, hat das IPH ein Modell zur systematischen Analyse und Bewertung der Logistikleistung von Produktionsnetzwerken entwickelt. Mit den gewonnenen Erkenntnissen können sich Unternehmen in Produktionsnetzwerken gezielt weiterentwickeln, sodass das Team insgesamt besser arbeitet und wettbewerbsfähig bleibt.

Ein geeignetes Bewertungsmodell aufbauen...

---

Das Modell besteht aus drei Aggregationsstufen. Die oberste Stufe bildet der sogenannte Reifegrad des Unternehmens. Dieser gliedert sich auf in drei Schlüsseldimensionen: Die logistische Reaktionsfähigkeit – kann das Unternehmen schnell genug reagieren, wenn sich beispielsweise die Bestellmenge ändert? – die logistische Prozessfähigkeit – hat das Unternehmen die nötigen Maschinen, um das Produkt herzustellen? – sowie die logistische Prozesssicherheit – ist das Unternehmen verlässlich, liefert es rechtzeitig und in guter Qualität?

Unter diesen Schlüsseldimensionen werden wiederum Kriterien und Kennzahlen zusammengefasst, anhand derer die Leistungsfähigkeit bewertet wird: beispielsweise die Anlagenkapazität, die Wiederbeschaffungszeit und die Lieferqualität. Beim Motor des Containerschiffs etwa ist eine hohe Qualität essentiell, da Produktfehler nach der Auslieferung nur noch mit sehr hohem Aufwand und damit verbundenen Kosten behoben werden können. Die Qualität ist deshalb eine von 31 quantifizierbaren Kennzahlen, die zusammen mit qualitativen Kriterien den logistischen Reifegrad eines Unternehmens ergeben. Wenn der Reifegrad bekannt ist, kann er gezielt verbessert werden: Dazu wurden am IPH Entwicklungsrichtlinien erarbeitet, mit denen sich die Logistikleistung steigern lässt.



... und daraus Schlüsse ziehen

---

Will ein Unternehmen seine Performance im Bereich der Lieferqualität verbessern, könnte es beispielsweise Qualitätsregelkarten einführen und die Anlagen detailliert daraufhin untersuchen, ob sie den Prozess negativ beeinflussen. Die aus der Analyse entstehenden Erkenntnisse müssen anschließend genutzt werden, um den Prozess zu verbessern. Zurück zum Beispiel des Schiffsmotors: Hier könnte es beispielsweise sein, dass Bohrungen durch ein abgenutztes Werkzeug nicht mehr maßhaltig sind und somit allein das Auswechseln des Werkzeugs zu einer höheren Lieferqualität führt.

Das entwickelte Modell und die Entwicklungsrichtlinien helfen Unternehmen somit, gezielt Verbesserungspotenziale aufzudecken und zu heben. Werden sie von allen Mitgliedern eines Produktionsnetzwerkes angewandt, so kann die Leistung des gesamten Netzwerkes gesichert und verbessert werden. Damit wird die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen im internationalen Vergleich sichergestellt – denn jedes Team ist nur so stark wie sein schwächster Mitspieler.

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

---

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

---

---

# Groß, größer, Tagebau

## Prozessvisualisierung zur Instandhaltung einer Förderbrücke

---

*Als Experte für Tagebautechnik stand die Takraf GmbH vor der Herausforderung, die Instandhaltung einer Abraumförderbrücke zu planen und alle Gewerke effizient zu koordinieren, die an dieser komplexen Aufgabe beteiligt sind. Das IPH hat dabei unterstützt und eine 3D-Simulation des geplanten Ablaufs erstellt.*

Windenergieanlagen sind groß, Flugzeuge und Schiffe noch größer, doch ganz groß wird es im Tagebau. Zu den größten beweglichen Technik-Anlagen der Welt gehören Abraumförderbrücken, wie sie beispielsweise im Braunkohletagebau in Nochten in der Lausitz eingesetzt werden. Gebaut von der Takraf GmbH, ist die dort eingesetzte Förderbrücke in der Lage, etwa 25 000 Kubikmeter Abraum pro Stunde mehr als 600 Meter weit quer über die Grube des Tagebaus zu befördern und zu verkippen.

### Instandhaltung in XXL

---

Doch die Mitte der siebziger Jahre in Betrieb genommene Förderbrücke hat schon einiges auf dem Buckel. Deshalb muss in absehbarer Zeit eine wesentliche Komponente ausgewechselt werden, eine sogenannte Schwinge. Für die Planung dieser Instandhaltungsmaßnahme ist ebenfalls die Takraf GmbH verantwortlich, und nicht nur wegen des Schwingengewichts von rund 200 Tonnen ist das keine ganz leichte Aufgabe – insbesondere deshalb, weil viele unterschiedliche Gewerke wie Stahlbauer oder Elektriker an der Durchführung des Schwingentauschs beteiligt sind und den Prozessablauf genau verstanden haben müssen.

In dem gemeinsamen Projekt hat das IPH deshalb die wesentlichen Prozessschritte zum Auswechseln der Schwinge in einer 3D-Ablaufsimulation abgebildet. Das Modell, das in der Simulationsumgebung Plant Simulation erstellt wurde, dient der methodischen Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung dieser komplexen Instandhaltungsaufgabe.

Der Prozessablauf wird in der Simulation aus unterschiedlichen Kameraperspektiven dargestellt, zum besseren Verständnis werden zusätzlich erklärende Hinweise zum jeweiligen Prozessschritt eingeblendet. Durch die verständliche Darstellungsweise ist eine effiziente Koordination aller Beteiligten möglich und es können teure Stillstandszeiten der Abraumförderbrücke minimiert werden.



### Simulation, die mehr kann

---

Das IPH hat für die Takraf GmbH aber nicht nur die Simulation erstellt – die Ingenieure haben auch überprüft, ob der Austausch der Schwinge so durchführbar ist, wie er geplant war. Hierdurch können bereits in der Anfangsphase Planungsfehler vermieden werden, beispielsweise hinsichtlich der Kollision von Bauteilen und Hilfsgerüsten.

Das 3D-Modell bildet zudem die Grundlage für weitere Simulationsstudien, in denen insbesondere die Ressourceneinteilung sowie die Detailplanung betrachtet werden sollen. Zum Beispiel können alternative Prozessreihenfolgen untersucht werden, falls es später beim tatsächlichen Instandhaltungsvorgang zu Störungen kommen sollte. Außerdem könnten Sicherheitsingenieure das Modell nutzen, um Gefährdungsanalysen durchzuführen.

Das entstandene Simulationsmodell ist somit vielseitig verwendbar – auch über eine reine Visualisierung der Prozessschritte hinaus.

---

# Geschickte Pressenbelegung spart Geld

## Monetäre Bewertung von Umbelegungsszenarien

---

*Wenn für einen Flug mehr Tickets verkauft wurden als Plätze vorhanden sind, kann das für die Airline teuer werden. Möglich wäre die Umbuchung auf einen anderen Flug oder der Einsatz eines Extraflugzeugs. Wichtig ist, die Kosten der Alternativen zu kennen. Die gleiche Fragestellung lag einem Projekt mit der Daimler AG zugrunde – nur dass es dabei um Umformpressen ging.*

Dank steigender Absatzzahlen in der Automobilindustrie sind die Produktionsstandorte gut ausgelastet. Umso wichtiger ist die exakte Beplanung der Produktionsressourcen, beispielsweise der Umformpressen in einem Automobilwerk. Dass einer Presse in einem bestimmten Zeitraum mehr Produktionsaufträge zugeordnet werden, als sie erledigen kann, kommt trotz exakter Planung immer wieder vor.

Dann muss entschieden werden, wie diese Überlastung abgebaut wird: Zum Beispiel könnte eine Zusatzschicht eingeführt werden, ein Produktionsauftrag an einen Fremdfertiger vergeben oder auf eine andere Presse verlagert werden. Die Kosten dieser Umbelegungsszenarien sind aber in der Regel nicht bekannt.

### Zuverlässige Kostenberechnung als Herausforderung

---

Ziel eines Projekts mit der Daimler AG war daher die Entwicklung und Implementierung eines Modells zur monetären Bewertung von Umbelegungsszenarien in einem Presswerk.

Hierzu wurden in einem ersten Schritt zunächst mögliche Umbelegungsszenarien erfasst. Diesen Umbelegungsszenarien wurden im nächsten Schritt Kostengrößen zugeordnet, die bei der Durchführung anfallen. So können beispielsweise Kosten für den Werkzeugumbau entstehen oder für den Transport von Werkzeugen und Produkten. Zudem können Lohnkosten für Zusatzschichten anfallen sowie Lagerhaltungskosten oder Kapitalbindungskosten – all das sind Beispiele für Kostengrößen.

Im dritten Schritt wurde für jede Kostengröße eine Berechnungsvorschrift entwickelt, mit der die entstehenden Kosten ermittelt werden können. Anschließend wurden die Formeln in einem Excel-Werkzeug implementiert und alle zur Berechnung benötigten Kostenwerte eingepflegt.



### Kostentransparenz spart bares Geld

---

Mit dem am IPH entwickelten Excel-Werkzeug sind künftig die Kosten aller Umbelegungsszenarien transparent, die für einen spezifischen Anwendungsfall in Frage kommen.

Die Mitarbeiter der Daimler AG können über eine einfache Eingabemaske mögliche Umbelegungsszenarien für eine überbelegte Presse auswählen, mittels der hinterlegten Algorithmen die jeweiligen Kosten errechnen lassen und abspeichern. Anhand eines Vergleichs der Kosten können sie dann die günstigste Alternative bestimmen.

Wird beispielsweise errechnet, dass eine Fremdvergabe des Auftrags Kosten in Höhe von 3500 Euro verursachen würde, die Einführung einer Zusatzschicht aber nur 2000 Euro kosten würde, so ergibt sich ein Einsparpotential von 1500 Euro. Das entwickelte Excel-Werkzeug versetzt die Daimler AG damit in die Lage, die verschiedenen Umbelegungsszenarien auch anhand monetärer Gesichtspunkte zu bewerten – und somit die Produktionskosten zu senken.

---

# Wegweiser für Stahl

## Stofffluss während der Umformung aktiv beeinflussen

---

*Der Umformprozess von Schmiedeteilen dauert meist nicht länger als eine Zehntelsekunde. Trotzdem kann in dieser kurzen Zeit der Stofffluss beeinflusst werden – dank eines neuartigen Werkzeugkonzepts. Es bietet das Potential, das eingesetzte Material zu reduzieren und die Bauteilqualität zu verbessern.*

Schmiedeteile werden in Großserien hergestellt. Dabei beeinflussen der Gesenkzustand und die Rohteilabmaße die Qualität der fertigen Schmiedeteile. Fehlerfrei ist ein Bauteil, das vollständig ausgefüllt ist, bei dem also ausreichend Material in allen Bauteilbereichen vorhanden ist. Dies wird in der Praxis meist dadurch erreicht, dass ein großer Materialüberschuss eingesetzt wird. Das überschüssige Material wird über die Gratbahn in den sogenannten Grat verdrängt. Dass die geometrische Auslegung der Gratbahn einen Einfluss auf die Formfüllung eines Schmiedebauteils haben kann, ist bekannt. Jedoch werden Gratbahnen in der Industrie bisher starr gebaut und während des Umformprozesses nicht verändert.

Nach fest kommt... variabel

---

Hierin liegt der Ansatzpunkt im Forschungsprojekt „Gesteuerte Gratbahn“. Eine im Prozess variabel einstellbare Gratbahn bietet das Potential, Umformprozesse bedeutend stärker zu beeinflussen als eine starre Gratbahn. Die gesteuerte Gratbahn stellt dabei zu Beginn und während des Prozesses eine Sperre dar, die eine Gratbildung vorerst verhindert. Der Stofffluss wird somit in das Gesenkinnere gelenkt und dient dem Füllen des Bauteils. Wird zum Ende der Umformung eine definierte Kraft überschritten, wird die Gratbahn geöffnet und die Ausbildung des Grats ermöglicht.

Um die Idee zu untersuchen, wurden zunächst Finite-Elemente-Simulationen des Stoffflusses in dem innovativen Werkzeugkonzept durchgeführt. Zur besseren Mess- beziehungsweise Vergleichbarkeit wurde die Steighöhe des Materials in einem nach oben offenen Gesenk anhand eines Versuchsbauteils untersucht. In Abhängigkeit von der eingesetzten Rohteilmasse konnten teils signifikante Unterschiede in der Steighöhe festgestellt werden. So fielen die Steighöhen der Versuchsbauteile, die mit einer gesteuerten Gratbahn simuliert wurden, zwischen 7 und 15 Prozent höher aus als es bei einer starren Gratbahn der Fall war.



Schnell geschaltet

---

Diese bis dahin theoretischen Ergebnisse wurden anhand von realen Schmiedeversuchen verifiziert. Jedoch ist eine Steuerung der Gratbahnelemente im realen Prozess herausfordernd, da der eigentliche Umformprozess im Bruchteil einer Sekunde stattfindet. Die Lösung war ein spezieller Hydraulikzylinder, der einen Kraftaufbau und Rückzug innerhalb von zwei Millisekunden ermöglicht. Die Analyse der Schmiedeteile zeigte, dass sich auch im realen Versuch die Steighöhen deutlich verbessert hatten: Die Ergebnisse stimmten stark mit der Simulation überein.

Im industriellen Einsatz könnte eine solche aktiv gesteuerte Gratbahn beispielsweise Volumenschwankungen ausgleichen oder den Verschleiß von Schmiedegesenken kompensieren. Die Qualität der Bauteile ließe sich dadurch auf einem konstant hohen Niveau halten.

---

*Das Projekt „Mechanismen zur Steuerung einer variablen Gratbahn und deren Einfluss auf die verschleiß- und volumenschwankungsabhängige Formfüllung beim Gesenkschmieden“ (DFG NI 1187/12-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Auf den Punkt synchron

## Abstimmung von Montage-Versorgungsprozessen in einem Netzwerk

---

*Bei der Montage komplexer Produkte wie etwa Spezialmaschinen kommt es auf abgestimmte Zulieferprozesse an. Gelingt es, diese Prozesse pünktlich und synchron zu gestalten, lassen sich hohe Bestandskosten und Terminverzögerungen vermeiden. Vorbild kann dabei der Boxenstopp in der Formel 1 sein.*

Unternehmen setzen bei der Beschaffung von Bauteilen und Komponenten auf ein weltweites Netzwerk aus Zulieferern. Insbesondere bei der Montage von hochwertigen XXL-Produkten wie Sondermaschinen oder Produktionsanlagen mit hoher Fremdbezugsquote teurer Zulieferteile ist es daher wichtig, die unterschiedlichen Versorgungsprozesse optimal aufeinander abzustimmen.

### Montage als Sammelbecken für Fehler

---

Jede Verzögerung im Ablauf eines vorgelagerten Prozesses führt zur Reduzierung der logistischen Leistungsfähigkeit in der Montage. Typischerweise wird die Montage aus den Beschaffungskanälen Eigenfertigung, Vorratslager und Fremdbezug bedient. Dabei versuchen Hersteller komplexer Produkte zunehmend, Lagerhaltungskosten für nicht universal einsetzbare Teile zu vermeiden und diese auftragsbezogen zu beschaffen. Dies gilt insbesondere für teure Spezialteile, für die es nur eine begrenzte Anzahl an Anbietern mit häufig langen Lieferzeiten gibt.

Bei diesen Langläufer-Teilen tritt zumeist auch eine große Streuung der Anlieferzeitpunkte auf. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Herstellung dieser Spezialteile eine eigene Prozesskette von der individuellen Entwicklung bis zur Montage beim Zulieferer in Gang setzt, in der sich an unterschiedlichen Punkten Verzögerungen ergeben können, die sich schließlich aufsummieren. Auch beim Boxenstopp kann der Fahrer nicht zurück auf die Rennstrecke, wenn beispielsweise nicht alle vier Reifen pünktlich und gleichzeitig verfügbar sind.

### Vorbild: Der perfekte Boxenstopp

---

Bei erfolgreichen Rennställen wie Red Bull Racing mit Weltmeister Sebastian Vettel passiert das natürlich nicht. Im Gegenteil, alle vier Reifen sind pünktlich verfügbar und werden synchron gewechselt. Gleiches sollte für Versorgungsprozesse in der



Montage von XXL-Produkten gelten. Nur so lassen sich die logistischen Zielgrößen Bestand, Durchlaufzeit, Auslastung und Termintreue positiv beeinflussen. Das Ziel eines aktuellen Forschungsprojekts am IPH ist es daher, Pünktlichkeit und Synchronität in der Materialbereitstellung zu verbessern, indem innovative Steuerungsverfahren für die Materialbeschaffung entwickelt werden.

Diese Steuerungsverfahren betreffen nicht nur die eigene Komponentenfertigung und den Materialabruf von Standardteilen aus dem Vorratslager, sondern auch die Fremdbeschaffung von selten verwendeten oder teuren Bauteilen. Modellhaft wird zur Untersuchung und Bewertung der entwickelten Steuerungsverfahren ein Produktionsnetzwerk simuliert, welches unterschiedliche Zulieferer, Lagerstufen und Eigenfertigungssysteme umfasst.

Dadurch lassen sich die Termintreue verbessern und die Herstellkosten senken, und die Hersteller komplexer Produkte können sich weiterhin erfolgreich gegen Wettbewerber behaupten. Ganz so, wie sich Sebastian Vettel auf der Rennstrecke gegen seine Konkurrenten behauptet – dank des perfekten Boxenstopps.

---

*Das Projekt „Netzwerksteuerungsverfahren für eine synchrone Montageversorgung (NeSyMo)“ (NY 4/44-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---

---

# Manchmal hilft ein Blick von außen

Als unabhängiger Partner unterstützt das IPH bei der MES-Einführung

---

*Die Auswahl und Einführung von MES ist oft nicht leicht – schließlich gibt es unzählige Systeme und Anbieter auf dem Markt. Bei einem weltweit führenden Technologie- und Industriekonzern hat das IPH den Auswahlprozess kritisch unter die Lupe genommen, um Unterstützung für eine erfolgreiche MES-Einführung zu leisten.*

Die operative Steuerung der Fertigung wird oft durch Manufacturing Execution Systeme (MES) unterstützt. Darüber hinaus können mit solchen Systemen fertigungsnahe Informationen erfasst und für eine Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

Um auf diese Weise eine standardisierte Informationserfassung an den europäischen Standorten zu ermöglichen und die einzelnen Werke miteinander vergleichen zu können, hatte sich die Johnson Controls GmbH für die Einführung eines MES entschlossen. Das Unternehmen versprach sich dadurch neben der besseren Informationsverfügbarkeit auch eine verbesserte Maschinenauslastung und eine Reduktion des Ausschusses.

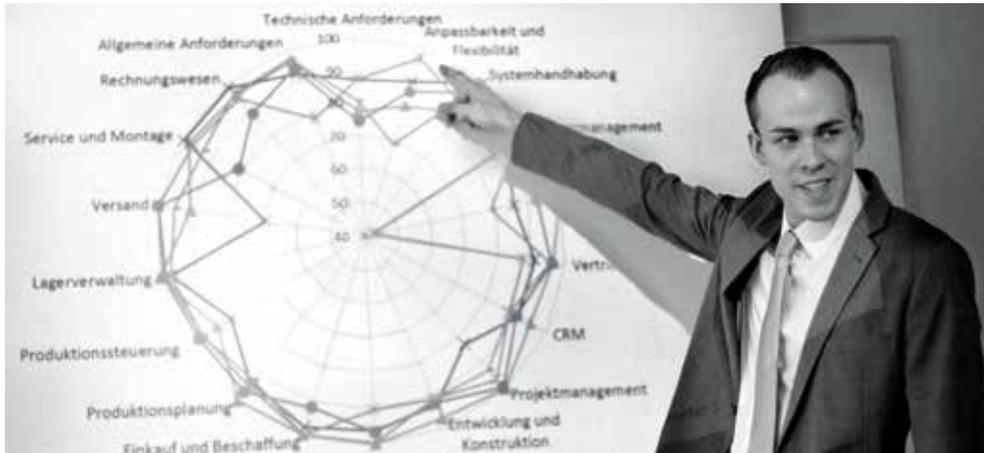
Was soll das System können?

---

Um ein MES auszuwählen, ist ein strukturiertes Verfahren erforderlich. Zunächst werden deshalb die Vorgehensweisen mit allen Beteiligten abgestimmt und die Erwartungen an die MES-Einführung erfasst. Anschließend werden Anwendungsfälle dokumentiert und die Geschäftsprozesse aufgenommen, die durch das System unterstützt werden sollen. Auf dieser Grundlage werden die Anforderungen an das zukünftige System abgeleitet. Die in einem Lastenheft dokumentierten Anforderungen werden schließlich potenziellen MES-Anbietern übergeben.

Auch die Johnson Controls GmbH ist einem strukturierten Vorgehen gefolgt und hat ein MES-System ausgewählt, das daraufhin eingeführt und implementiert werden sollte. Im Zuge der Einführung kam es jedoch zu Projektverzögerungen, weil es Defizite im komplexen Zusammenspiel von Auftraggeber und MES-Anbieter gab.

Aus diesem Grund wurde das IPH als unabhängiger Partner mit Expertise und Erfahrungen in Bereich MES damit beauftragt, den Auswahlprozess kritisch zu beleuchten und Maßnahmen abzuleiten, die eine erfolgreiche Systemeinführung ermöglichen.



## Erfolgreiche Einführung

---

In Form eines Reviews haben IPH-Mitarbeiter das bisherige Vorgehen bei der MES-Auswahl und Einführung überprüft. Die in der Vergangenheit getroffenen Annahmen, etwa zur umzusetzenden Systemarchitektur oder zur Implementierung der Datenerfassung, wurden in Workshops mit allen beteiligten Personen aus den unterschiedlichen Funktionsbereichen des Auftraggebers kritisch hinterfragt.

Ein Schwerpunkt lag darauf, die Vollständigkeit zu überprüfen, mit der bestehende Anforderungen im Lastenheft erfasst und seitens des MES-Anbieters im Pflichtenheft mit Lösungsvorschlägen bedacht worden waren. So konnten unvollständig berücksichtigte Anforderungen ergänzt werden.

Ausgehend von den Ergebnissen des Reviews wurden daraufhin Maßnahmen abgeleitet, die zu einem erfolgreichen MES-Rollout führen. Mithilfe der zusätzlichen personellen Ressourcen und der Expertise des IPH im Bereich MES-Auswahl konnte die Johnson Controls GmbH ihr Lastenheft vervollständigen und so die Implementierungsansätze des MES-Anbieters überprüfen.

---

# Korrosionsbeständig, leicht und fest

Neues Verfahren ermöglicht Innenhochdruckumformen von Titanrohren

---

*Moderne Abgasanlagen im Automobilbau sind hohen korrosiven und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Gleichzeitig müssen sie möglichst leicht sein, um ihren Beitrag zur Gewichtsreduktion zu leisten. Eine Möglichkeit, entsprechende Bauteile zu erzeugen, ist das Innenhochdruckumformen von Titanrohren.*

Beim Innenhochdruckumformen werden Rohre unter hohem Druck kalt verformt. Im Gegensatz zu anderen Fertigungsverfahren bietet das Innenhochdruckumformen die Möglichkeit, komplexe Rohrgeometrien herzustellen – beispielsweise mit Hinterschneidungen. In Kombination mit dem Werkstoff Titan lassen sich bei diesem Verfahren somit Bauteile herstellen, wie sie für moderne Abgasanlagen gebraucht werden: leicht, fest und gleichzeitig hoch korrosionsbeständig.

## Kräftig in Form gebracht

---

Um Titanwerkstoffe zukünftig prozesssicher mittels Innenhochdruck umformen zu können, haben das IPH und der Lehrstuhl für Umformtechnik Siegen in einem gemeinsamen Forschungsprojekt die notwendigen Grundlagen erforscht. Die Herausforderung dabei: Im kalten Zustand lässt sich Titan deutlich schlechter umformen als beispielsweise Stahl, der Werkstoff kann beim Verformen schnell reißen (siehe Foto). Ziel des Forschungsprojektes war es daher, eine innovative Prozesskette zu entwickeln, um die werkstoffseitigen Nachteile zu umgehen und Titan trotz des geringen Formänderungsvermögens im kalten Zustand umformen zu können.

Zudem verhält sich Titan beim Innenhochdruckumformen anders als bei anderen Verfahren, weil dabei ein flüssiges Wirkmedium zum Einsatz kommt, das das Umformverhalten des Werkstoffs beeinflusst. Um den Prozess simulativ auslegen zu können, war daher zunächst eine umfassende Materialcharakterisierung unter den tatsächlichen Bedingungen im Wirkmedium nötig. Mit den dabei gewonnenen Fließkurven konnte die Umformung der Titanrohre realitätsgetreu simuliert werden.

## Auf die richtigen Werte kommt es an

---

Im Anschluss folgten experimentelle Versuche bei einem industriellen Kooperationspartner. Hier wurden Bauteile in einem zweistufigen Prozess mit zwischengeschal-



teter Glühbehandlung hergestellt. In zwei Schritten wurden sie mit Innenhochdruck verformt und zwischenzeitlich erwärmt, um das Umformvermögen wiederherzustellen und zu verhindern, dass der Werkstoff reißt. Mit Hilfe dieses innovativen Verfahrens ließen sich Bauteile erzeugen, deren Umfangsdehnungen bei einem einstufigen Prozess die Bruchgrenze überschritten hätten.

Eine besondere Herausforderung bei den Umformversuchen lag in der Abstimmung der drei wesentlichen Prozessparameter Innendruck, Axialkraft und axialer Nachschiebeweg der Dichtstempel. In einem iterativen Prozess konnte eine geeignete Kombination der Prozessparameter erreicht werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse tragen dazu bei, künftig Leichtbauteile aus Titan mittels Innenhochdruckumformen herstellen zu können. Außer im Automobilbau kommt Titan auch in der Medizintechnik zum Einsatz, etwa bei chirurgischen Instrumenten, sowie in diversen anderen Bereichen – von Elektroartikeln über Sportgeräte bis zur Schifffahrt. Auch die Luft- und Raumfahrtindustrie nutzt Titan, beispielsweise für Leitungssysteme zur Treibstoff- und Luftversorgung.

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

---

*Das IGF-Vorhaben 16452N der Forschungsvereinigung Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

---

---

# Flugzeugbau nach dem Lego-Prinzip

Kosten senken durch eine modulare Bauweise

---

*XXL-Produkte wie beispielsweise Flugzeugflügel bestehen oftmals aus einer monolithischen Grundstruktur, also aus einem Stück. Ob sie sich auch modular nach dem Baukasten-Prinzip fertigen lassen, haben Ingenieure des IPH in einem Forschungsprojekt untersucht – denn dadurch ließen sich Kosten sparen.*

Der weltweite Flugverkehr wird sich in den nächsten 20 Jahren mehr als verdoppeln. Um diesem steigenden Verkehrsaufkommen zu begegnen, werden immer größere Flugzeuge gebaut. Ein Paradebeispiel ist der Airbus A380: Mit einer Flügelspannweite von fast 80 Metern ist er derzeit das größte verfügbare Passagierflugzeug der Welt. Doch die Vergrößerung führt auch zu überproportionalen Kostensteigerungen bei der Herstellung. Bei gleichzeitig wachsenden Produktionsstückzahlen birgt das für etablierte Flugzeughersteller hohe Risiken, insbesondere im Wettbewerb mit neuen internationalen Konkurrenten.

## Monolithisch und teuer

---

Um größere und damit leistungsfähigere Flugzeuge zu bauen, wurden in der Vergangenheit Bauteile hochskaliert, das heißt die Bauteilabmessungen wurden vergrößert, ohne das zu Grunde liegende Konstruktionsprinzip zu verändern. Der Flügel eines Airbus A380 ist daher weitestgehend so aufgebaut wie der Flügel eines deutlich kleineren Airbus A320 – nämlich monolithisch, das heißt in einem Stück.

Über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts ergeben sich durch diese Bauweise etliche Herausforderungen. So ist der Transport eines Flugzeugflügels nicht mit herkömmlichen Lastwagen oder Güterwaggons möglich. Stattdessen müssen Spezialtransportflugzeuge wie der Airbus Beluga oder Boeing Dreamlifter genutzt werden – und die Kosten explodieren.

## Modular und kostengünstig

---

Ein neuer Ansatz ist die Modulbauweise von XXL-Produkten. Bei diesem Konstruktionsprinzip werden großskalige Bauteile nicht mehr als ein monolithisches Bauteil gefertigt, sondern modular aus kleinen, vormontierten Modulen zusammengesetzt, sozusagen nach dem Lego-Prinzip. Diese Bauweise erleichtert unter anderem den



Transport. Zudem wird die Ausrüstung des Flügels etwa mit Hydraulikleitungen und Lenkgetrieben unter verbesserten ergonomischen Bedingungen ermöglicht und die Montagezeit reduziert. Durch die geringe Größe der einzelnen Module wird darüber hinaus auch das Kostenrisiko in Folge von Ausschuss verringert.

Durch die Kleinskalierung entstehen allerdings neue technische Herausforderungen. So müssen die Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen in der Lage sein, den enormen Belastungen eines Flugzeugflügels standzuhalten. Da im Flugzeugbau jedes Kilo zählt, darf eine modulare Bauweise außerdem das Gewicht des Flugzeuges nicht wesentlich erhöhen.

Ingenieure des IPH haben daher verschiedene Varianten eines modular aufgebauten Flugzeugflügels ausgestaltet und nachgewiesen, dass eine solche Bauweise technisch machbar ist. Der nächste Schritt ist die wirtschaftliche Bewertung. Dann wird sich zeigen, ob eine Modulbauweise für XXL-Produkte hält, was sie verspricht.

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

---

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

---

---

# (Belastungs-)Flexibel in die Zukunft

Wie Unternehmen schwankende Nachfrage klug ausgleichen können

---

*Der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt ist eine der großen Herausforderungen, der sich Unternehmen zukünftig stellen müssen. Ein stark schwankender Kundenbedarf verlangt den Unternehmen steigende Mengen- und Terminflexibilität ab. Dadurch gewinnt die Belastungsflexibilität an Bedeutung.*

Genau wie im persönlichen Arbeitsalltag kommt es auch in einem Produktionsprozess auf die richtige Balance an: Die Belastung in Form von Fertigungsaufträgen und die Leistung, etwa in Form von Personalkapazität, müssen langfristig im Gleichgewicht stehen. Infolge zusehends turbulenter werdender Absatzmärkte ist das aber nicht immer der Fall. Nachfrageschwankungen entstehen beispielsweise durch Sondereffekte wie die Abwrackprämie, die vor einigen Jahren für einen plötzlich steigenden Bedarf nach Neuwagen sorgte. Solche Nachfrageschwankungen äußern sich in Form sogenannter Belastungsstreuung.

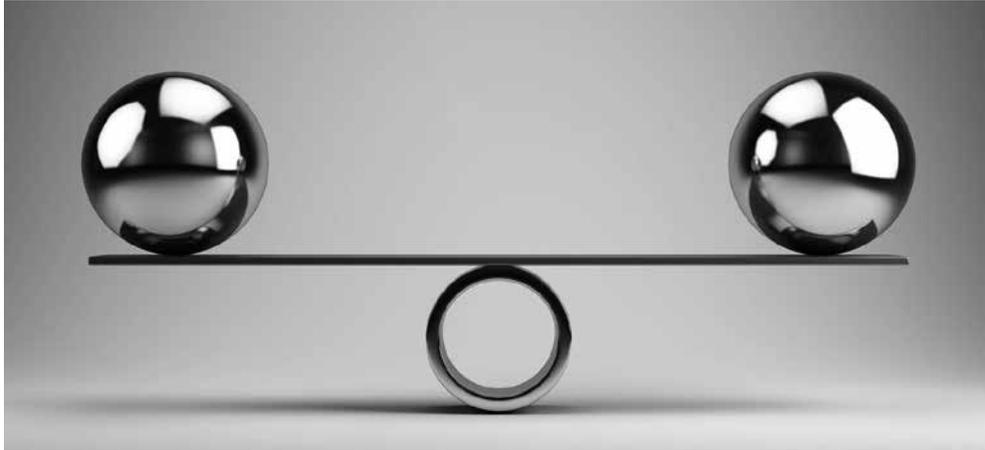
Um auf diese Belastungsstreuungen reagieren zu können, stehen Unternehmen zwei grundsätzlich verschiedene Maßnahmen zur Verfügung: Sie können entweder die vorhandenen Kapazitäten anpassen oder die in der Produktion entstehende Belastung ausgleichen. Inwieweit Belastungen tatsächlich verschoben oder ausgeglichen werden können, gibt die sogenannte Belastungsflexibilität an. Stellhebel hierfür sind zum Beispiel die Verschiebung der Start- und Endtermine von Aufträgen, Loseilungen und -zusammenfassungen, die Fremdvergabe von Arbeitsschritten oder das Ausweichen auf andere Arbeitssysteme.

Belastungsflexibilität wird erstmals messbar

---

Doch wie kann die vorhandene oder benötigte Belastungsflexibilität gemessen werden? Unter welchen Randbedingungen kann die Belastungsflexibilität sinnvoll angepasst werden – und wie kann das entstehende Potenzial im Praxiseinsatz gezielt ausgenutzt werden?

Diesen Fragen gehen Ingenieure des IPH in einem aktuellen Forschungsprojekt nach. Dazu werden unter anderem Einflussfaktoren auf die Belastungsflexibilität untersucht und Anpassungsmöglichkeiten abgeleitet. Diese werden anschließend mittels eines mathematischen Modells bewertet. Auf diese Weise lässt sich die Belastungsflexibilität erstmals messen und gezielt beeinflussen.



Unternehmen können Geld sparen

---

Um das Potenzial der Belastungsflexibilität in Unternehmen zu heben, werden abschließend bestehende Verfahrensregeln der Produktionsplanung und -steuerung um Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt erweitert. So können Unternehmen zukünftig durch einen klug organisierten Produktionsprozess die Nachfrageschwankungen bedienen und zugleich Kosten sparen.

Denn im Gegensatz zur Kapazitätsflexibilität bietet die Ausnutzung der Belastungsflexibilität in der Regel Kostenvorteile. Beispielsweise verursacht der Einsatz flexibler Kapazitäten, wie etwa zusätzlicher Nachtschichten, für das produzierende Unternehmen zusätzliche Kosten durch Lohnzuschläge für die Arbeiter. Wird hingegen der Stellhebel der Belastungsflexibilität angewendet, zum Beispiel durch das Ausweichen auf andere Arbeitssysteme, können schwankende Absatzmengen tendenziell kostengünstiger bedient werden.

---

*Das Projekt „Bewertung und Nutzung von Belastungsflexibilität zur Adaption des Kapazitätsbedarf an das Kapazitätsangebot in der Produktion“ (NY 4/41-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.*

---



---

## Projekte, Partner, Publikationen

---

---

# Projekte 2013

---

- S. 40-41 Akquisition und Nutzung von Lebenszyklus-Wissen für Produktinnovation (LeWiPro)  
Auftraggeber: BMBF/KMU-Innovativ | Laufzeit: 01/2013 – 06/2015

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

Anpassung Fabrikplanung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/2013 – 12/2013

Arbeitskreis Werkzeug- und Formenbau

Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 04/1997

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

- S. 16-17 Arbeitskreis XXL-Produkte  
Auftraggeber: Industrie/IPH | Laufzeit: seit 09/2010

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

Automatisierte Bestimmung qualitätsgerechter und ressourceneffizienter Prozessparameter (AutoQuaRP)

Auftraggeber: AiF/FQS | Laufzeit: 11/2013 – 10/2015

 [www.fqs-autoquarp.de](http://www.fqs-autoquarp.de)

Automatisierte Unterstützung von Layoutauswahl und Konfiguration verketteter Produktionssysteme in der Phase der Grobplanung (AutoKon)

Auftraggeber: AiF/GFal | Laufzeit: 10/2012 – 09/2014

 [www.autokon-anlagenplanung.de](http://www.autokon-anlagenplanung.de)

Auto-ID mit sichtbarem Licht in der Intralogistik (IdentOverLight)

Auftraggeber: AiF/IFL | Laufzeit: 05/2011 – 05/2013

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

- S. 48-49 Belegungsplanung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 09/2012 – 03/2012

Benchmarking Technologien 1

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/2012 - 05/2013

- S. 60-61 Bewertung und Nutzung von Belastungsflexibilität zur Adaption des Kapazitätsbedarfs an das Kapazitätsangebot in der Produktion (Belastungsflexibilität)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 01/2013 – 12/2014

Untersuchung Querkeilwalzen

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/2013 – 11/2013

Untersuchung Verschleiß mehrdirektionaler Schmiedewerkzeuge

S. 28-29

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/2013 – 12/2013

Dezentrale, agentenbasierte Selbststeuerung von Fahrerlosen Transportsystemen  
(FTS-Selbststeuerung)

S. 38-39

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 07/2011 – 06/2013

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

Materialcharakterisierung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 03/2013 – 03/2014

Einsatz drahtloser Kommunikationstechnologie zur wirtschaftlichen Zustandsüberwachung von Schiffsgetriebenen (DriveCoM)

S. 30-31

Auftraggeber: BMWi | Laufzeit: 04/2013 – 03/2015

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

Energie- und materialflusseffiziente Fabrikplanung (EnMaFap)

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 08/2011 – 10/2013

 [www.fabrik-a-plusplus.de](http://www.fabrik-a-plusplus.de)

Energiekostenorientierte Belegungsplanung (EnKoBel)

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 08/2011 – 07/2013

 [www.energiekostenorientierte-belegungsplanung.de](http://www.energiekostenorientierte-belegungsplanung.de)

Entscheidungsunterstützung zur Bestimmung der Bauweise (klein- vs. großskalig) und Komponentengröße von XXL Bauteilen auf Basis von Lebenszykluskosten (SkalKomp XXL)

S. 58-59

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 07/2011 – 06/2013

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

Entwicklung Empfangseinheit

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 01/2013 – 06/2013

S. 26-27 Entwicklung einer Methode zur Quantifizierung entscheidungsrelevanter Ökologie- und Logistikkosten bei der Auswahl von Anlieferkonzepten (Anlieferkonzepte)

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 11/2012 – 07/2014

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

Entwicklung einer Methode zur simulationsgestützten Steuerung der Baustellenmontage (BauSim)

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 05/2012 – 04/2014

Entwicklung einer modellgestützten Bewertungsmethode zur Verbesserung der betrieblichen Werkzeugversorgung (SFB T13)

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 04/2013 – 12/2014

Entwicklung und Systematisierung von generischen Prinzipien zur Unterstützung der Montage von Großbauteilen (XXL-Montagehilfen)

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 10/2011 – 09/2013

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

Fabrikplanung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 11/2013 – 05/2014

Feasibility Study

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 05/2012 – 04/2013

Benchmarking Technologien 2

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 07/2013 – 12/2013

Gestaltung und Bewertung von Lieferketten zur Herstellung von XXL-Produkten (XXL-SCD)

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 10/2011 – 09/2013

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

Gratloses Schmieden von Metall-Matrix-Kompositen auf Aluminiumbasis (Alu-MMC)

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 07/2011 – 06/2013

 [www.mmc-praezisionsschmieden.de](http://www.mmc-praezisionsschmieden.de)

Hybridschmieden – Kombiniertes Umformen und Fügen

Auftraggeber: AiF/FOSTA | Laufzeit: 12/2012 – 06/2014

Identifizierung der Anwendungsgrenzen der Fließfertigung für die XXL-Produktion und Übertragung ausgewählter Vorteile der Fließ- auf die Baustellenfertigung (Fließfertigung in der XXL-Produktion) S. 36-37

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 07/2012 – 06/2014

 [www.fliessfertigung-xxl.de](http://www.fliessfertigung-xxl.de)

Integration von Energiekosten in Fertigungssteuerungsverfahren (EnKoFer)

Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 12/2013 – 11/2015

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

Intelligente Schmiedewerkzeuge zur Fehlerreduktion in der Massivumformung (IWZ)

Auftraggeber: AiF/EFB | Laufzeit: 05/2011 – 04/2013

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

Intelligente Schnittstellen in Wandlungsfähigen Lieferketten (ISI-WALK)

Auftraggeber: BMBF | Laufzeit: 07/2010 – 06/2013

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

Intelligentes Trennschleifwerkzeug – Fortsetzung (IW2)

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 02/2012 – 01/2013

Interdisziplinäres Weiterqualifizierungsprojekt "Kooperatives Produktengineering"

Auftraggeber: IPH | Laufzeit: seit 07/1998

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

Kennzahlensysteme zur Bewertung der Materialverfügbarkeit bei der Herstellung großskaliger Produkte (MatKenn)

Auftraggeber: MWK/MW | Laufzeit: 01/2012 – 12/2013

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

Logistiksimulation

S. 32-33

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 07/2012 – 12/2013

Mechanismen zur Steuerung einer variablen Gratbahn und deren Einfluss auf die verschleiß- und volumenschwankungsabhängige Formfüllung beim Gesenkschmieden (Gesteuerte Gratbahn) S. 50-51

Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 08/2011 – 07/2013

- S. 54-55 MES-Implementierung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/2012 – 04/2013
- S. 46-47 Montagesimulation  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 04/2013 – 06/2013
- S. 52-53 Netzwerksteuerungsverfahren für eine synchrone Montageversorgung (NeSyMo)  
Auftraggeber: DFG | Laufzeit: 02/2013 – 07/2015
- Bewertung Fabrikplanung  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/2013
- Optimierung Umbelegungsszenarien  
Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/2013 – 02/2014
- S. 20 Praxisseminar Fabrikplanung  
Auftraggeber: IPH | Laufzeit: 09/2013 – 10/2013  
 [www.praxisseminar-fabrikplanung.de](http://www.praxisseminar-fabrikplanung.de)
- Reduzierte Kapitalbindung für die Montage durch abgestimmte Termintreue bei der Materialbereitstellung aus Beschaffung, Lager und Fertigung (Kapitalbindung in der Montage)  
Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 05/2011 – 02/2013  
 [www.kapitalbindung-montage.de](http://www.kapitalbindung-montage.de)
- S. 44-45 Reifegradbasierte Entwicklungsrichtlinien für die Erhöhung der Logistikleistung in Produktionsnetzwerken zur Herstellung von großskaligen Produkten (LORG)  
Auftraggeber: MWK | Laufzeit: 04/2011 – 03/2013  
 [www.lorg.xxl-produkte.net](http://www.lorg.xxl-produkte.net)
- Reifegradplanung und -überwachung für den Anlauf zusätzlicher Produktionskapazitäten an neuen Standorten als Entscheidungsbasis für die Aufrechterhaltung oder Nachbesserung (Ramp-up-Maturity)  
Auftraggeber: AiF/BVL | Laufzeit: 07/2013 – 06/2015  
 [www.ramp-up-maturity.de](http://www.ramp-up-maturity.de)
- S. 42-43 Resource efficient forging process chain for complicated high duty parts (REforCh)  
Auftraggeber: EU | Laufzeit: 10/2012 – 09/2014  
 [www.reforch.eu](http://www.reforch.eu)

Ringwalzsimulation

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 06/2013 – 08/2013

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)

Studie Inhomogene Erwärmung

S. 34-35

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 02/2013 – 04/2013

Untersuchung Werkzeugbeschichtung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 12/2012 – 06/2013

Tragrollenprüfung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 10/2013 – 12/2013

Tragrollenprüfung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 08/2013 – 09/2013

Tragrollenprüfung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 02/2013 – 08/2013

Tragrollenprüfung

Auftraggeber: Industrie | Laufzeit: 06/2013 – 07/2013

Vernetzte, kognitive Produktionssysteme (netkoPs)

Auftraggeber: BMBF | Laufzeit: 11/2013 – 10/2016

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

Werkzeugverschleiß beim Halbwarmschmieden – Ermittlung und Verbesserung der Werkzeugstandzeiten beim Halbwarmschmieden im Vergleich zum Warmschmieden (Gesenkverschleiß Halbwarmschmieden)

Auftraggeber: BMWi/ZIM | Laufzeit: 08/2013 – 07/2015

## 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.
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.
EFB	Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
EU	Europäische Union
FOSTA	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
FQS	Forschungsgemeinschaft Qualität e. V.
GFaI	Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.
IFL	Forschungsgemeinschaft Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme e. V.
IPH	Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MW	Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
MWK	Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

---

# Partner 2013

---

Actemium Controlmatic GmbH, Bottrop | Airbus Operations GmbH, Bremen | Aljo Aluminium-Bau Jonuscheit GmbH, Berne | Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V., Köln | Aurrenak S. Coop., Vitoria-Gasteiz (Spanien) | Bahlsen GmbH & Co. KG, Hannover | Bartscher Logistik GmbH, Salzkotten | Berg-idl GmbH, Altlußheim | BLG Logistics Solutions GmbH, Bremen | Bluhm Systeme GmbH, Rheinbreitbach | Buderus Edelstahl Schmiedetechnik GmbH, Wetzlar | Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin | Bundesvereinigung Logistik e. V., Bremen | Continental AG, Frankfurt | Continental Automotive GmbH, Regensburg | Daimler AG, Hamburg | Daimler AG, Sindelfingen | Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V., Bonn | Dr. GIERTH Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen | Dr. Schulze GmbH, Wilnsdorf | Dr.-Ing. K. Brankamp System Prozessautomation GmbH, Erkrath | Dream Chip Technologies GmbH, Garbsen | Egon Grosshaus GmbH & Co. KG, Lennestadt | EMA-TEC GmbH, Sondershausen | EON Kernkraft GmbH | Erwin Quarder Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG, Espelkamp | Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V., Hannover | Europäische Union | Fibro GmbH, Hassmersheim | Forbo Siegling GmbH, Hannover | Forschungsgemeinschaft Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme e. V., Frankfurt/Main | Forschungsgemeinschaft Qualität e.V., Frankfurt/Main | Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V., Düsseldorf | Fraunhofer Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik, Rostock | Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., Berlin | GFal – Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V., Berlin | GIGATRONIK Technologies GmbH, Stuttgart | Götting KG, Lehrte | Grean GmbH, Garbsen | GTT Gesellschaft für Technologie Transfer mbH, Hannover | hannoverimpuls GmbH, Hannover | Hirschvogel Eisenach GmbH, Marksuhl | Höft & Wessel AG, Hannover | Industrie- und Handelskammer Hannover, Hannover | Industrieverband Massivumformung e.V., Hagen | InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG, Burgkirchen | Inotec Barcode Security GmbH, Neumünster | Institut für Elektroprozesstechnik (ETP) der Leibniz Universität Hannover, Hannover | Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Institut für Technische Informatik (ITI) der Universität zu Lübeck, Lübeck | Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover, Garbsen | Investitions- und Förderbank Niedersachsen – NBank, Hannover | IWC International Watch Co. AG, Schaffhausen (Schweiz) | Jäger Gummi und Kunststoff GmbH, Hannover | Johann Hay GmbH & Co. KG, Bad Sobernheim | Johnson Controls Autobatterie GmbH & Co. KGaA, Hannover | Jungheinrich AG, Hamburg | Kappa optronics GmbH, Gleichen | KB Schmiedetechnik GmbH, Hagen | Kluth Vertriebs-GmbH, Barsinghausen | Koller Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Celle | KUKA Roboter GmbH, Augsburg | Laser Zentrum Hannover e. V., Hannover

| Lenze SE, Aerzen | LinogistiX GmbH, Dortmund | Lufthansa Technik AG, Hamburg  
| MAHLE GmbH, Stuttgart | MAHLE Motorkomponenten GmbH, Plettenberg | MFL  
Maschinen & Formenbau Leinetal GmbH, Neustadt | Microsensys GmbH, Erfurt |  
Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Hannover | Nie-  
dersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Hannover | Nömo Appa-  
ratebau GmbH | Nordex Energy GmbH, Rostock | Nuyts GmbH, Buxheim | OMTAŞ  
Otomotiv Transmisyon Aksami San. Ve Tic. A.S., Gebze (Türkei) | Paul Beier GmbH  
Werkzeug- und Maschinenbau & Co. KG, Kassel | Paul Hafner GmbH Werkzeug-  
bau, Wellendingen | PEAK Werkstoff GmbH, Velbert | Phoenix Contact GmbH &  
Co. KG, Blomberg | PMDTechnologies GmbH, Siegen | PreciTorc GmbH, Bremen  
| Progress-Werk Oberkirch AG, Oberkirch | PZH Produktionstechnisches Zentrum  
GmbH, Garbsen | Reichardt-Maas-Assoziierte Architekten GmbH & Co. KG | Robert  
Bosch GmbH, Hildesheim | RWE Power AG, Essen | RWE Technology GmbH, Es-  
sen | Schwer + Kopka GmbH, Weingarten | S.C. METAV S.A, Bukarest, Rumänien |  
Seissenschmidt AG, Plettenberg | Sick AG, Waldkirch | simcon kunststofftechnische  
Software GmbH, Würselen | Simplan Integrations GmbH, Witten | SLF Oberflächen-  
technik GmbH, Greven | software4production GmbH, München | STIEBEL ELTRON  
GmbH & Co. KG, Holzminden | STILL GmbH, Hamburg | STM Stahl Vertriebs GmbH,  
Gräfeling | TAKRAF GmbH, Lauchhammer | Teckentrup Stanztechnik GmbH & Co.  
KG, Herscheid-Hüinghausen | TiBoTek – Christoph Heck Tiefbohrtechnik, Usingen  
| Tower Automotive GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach | TRANSNORM SYSTEM  
GmbH, Harsum | VDI Verein Deutscher Ingenieure e .V., Düsseldorf | VDMA Ver-  
band Deutscher Maschinen und Anlagenbau e. V., Frankfurt/Main | Werkzeugbau  
Siegfried Hofmann GmbH, Lichtenfels | WILCO Wilken Lasertechnik GmbH & Co.  
KG, Wadersloh | Wistro Elektro-Mechanik GmbH, Hannover

---

# Publikationen 2013

---

Astitouh, M.; Lorsch, S.; Heißmeyer, S.; Overmeyer, L.: Auto-ID mit sichtbarem Licht in der Intralogistik – IdentOverLight – ein neues Funktionsprinzip. In: Hebezeuge Fördermittel, o. Jg. (2013), H.1-2, S. 88-90.

Astitouh, M.; Schirrmacher, S.: Data-Mining zur Verbesserung der Zustandsprognose von Windenergieanlagen. In: WIND-KRAFT Journal & Natürliche Energien, Verlag Natürliche Energien, 33. Jg. (2013), H. 3, S. 18-21.

Baumgarten, S. et al.: An Approach for Reducing Dynamics in Production Networks. In: Logistics Journal NotRev, Vol. 2013, 18. Februar 2013.

 [www.logistics-journal.de/not-reviewed/2013/02/3579](http://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2013/02/3579)

Behrens, B.-A. et al.: Towards a definition of large scale products. In: Production Engineering, o. Jg. (2013), DOI: 10.1007/s11740-013-0503-1.

Behrens, B.-A.; Overmeyer, L.; Barroi, A.; Frischkorn, C.; Hermsdorf, J.; Kaierle, S.; Stonis, M.; Huskic, A.: Basic study on the process combination of deposition welding and subsequent hot bulk forming. In: Production Engineering, Research and Development, Springer Verlag, vol. 7 (2013), no. 6, pp. 585-591.

Bentlage, A.: Bauklötze lassen grüßen: XXL-Produkte in Modulbauweise. In: phi - Produktionstechnik Hannover informiert, PZH-Verlag, 14. Jg. (2013), H. 1, S. 6f.

Böning, C.; Wiegand, M.: Fertigung gut planen – Energiekosten sparen. In: ti Technologieinformation, o. Jg. (2013), H. 1, S. 15.

Böning, C.; Nyhuis, P.; Ullmann, G.: Sparen trotz konstantem Energieverbrauch. In: Computer & Automation, o. Jg. (2013), H.4, S. 28-31.

Bogdanov, A.; Eilert, B.: Intelligent Schmieden – Prozessüberwachung in der Massivumformung. In: KEM Konstruktion Entwicklung Management, Konradin Verlag, 50. Jg. (2013), H.8, S. 46-47.

Bohlmann, S.; Becker, M.; Balci, S.; Szczerbicka, H.; Hund, E.: Online Simulation Based Decision Support System for Resource Failure Management in Multi-Site Production Environments. IEEE ETFA 2013 Cagliari, Italy.

Goudarzi, M.; Prüssing, P.: IT-gestütztes Termin- und Kostencontrolling. In: IT & Production, TeDo-Verlag, 14. Jg. (2013), H. 11, S. 106-107.

Goudarzi, M., Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Development of Lightweight Designs for the Production of Wind Turbine Towers. In: Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. Proceedings of the 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2013), Munich, Germany, October 6th-9th, 2013, Springer Verlag, pp.443-448. ISBN: 978-3-319-02053-2

Heißmeyer, S.; Overmeyer, L.; Müller, A.: Indoor Positioning of Vehicles using an Active Optical Infrastructure. In: 3rd International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Sydney (Australien), 13.-15. November 2012.

Heißmeyer, S.; Overmeyer, L.; Müller, A.: Optical Indoor Positioning of Vehicles. In: Logistics Journal: Reviewed, o. Jg. (2013), DOI: 10.2195/lj\_Rev\_heissmeyer\_en\_201309\_01.

Hund, E.; Bohlmann, S.; Ullmann, G.: Störungsmanagement in einer Baustellenmontage - Online-Simulation ermöglicht effiziente Neuplanung. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Hanser Verlag, 108. Jg., Heft 10/2013, S.762-766

Kache, H.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Hybridschmieden – Monoprozessuales Umformen und Fügen metallischer Blech- und Massivelemente. In: wt Werkstatttechnik online, 103. Jg. (2013), H.3, S. 257-262.

Knust, J.; Rüter, T.; Behrens, B.-A.: Aluminium-MMC trifft gratloses Präzisions-schmieden. In: Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe, Springer-VDI-Verlag, 65. Jg. (2013), H. 7/8 , S. 5-7.

Krause, A.; Behrens, B.-A.; Ullmann, G.; Bräuer, G.; Weirauch, R.: Diamond-like-Carbon-Verschleißschutzschichten. In: wt Werkstatttechnik online, 103. Jg. (2013), H. 5, S. 450-455.

Krause, A.; Kache, H.; Ullmann, G.: In Situ Detection of Forging Defects without Sensors in the Forging Tool. In: Materials Science Forum, vol. 773-774 (2013), pp. 47-55.

Krause, A.; Langner, J.; Nemitz, M.; Behrens, B.-A.; Regber, S.: Überwachung von Schmiedeprozessen mit elektrischem Strom. In: SchmiedeJOURNAL, Industrieverband Massivumformung e. V., o. Jg. (2013), H. 2, S. 54-57.

Krause, A.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Diamond-like Carbon als Verschleißschicht für die Halbwarmmassivumformung. In: SchmiedeJOURNAL, Industrieverband Massivumformung e. V., o. Jg. (2013), H. 1, S. 40-43.

Langner, J.; Krause, A.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Gratbahn gezielt gesteuert. In: Umformtechnik, Meisenbach Verlag GmbH, 47. Jg. (2013), H. 2, S. 22-23.

Langner, J.; Müller, K.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Wirkmedienbasiertes Umformen von Aluminium. In: wt Werkstattstechnik online, 103. Jg. (2013), H.10, S. 741-747.

Mach, F.; Nyhuis, P.; Ullmann, G.: Fließfertigung für die XXL-Produktion. In: Industrie Management, GITO Verlag, o. Jg. (2013), H.4, S.53-56.

Meers, S.; Ullmann, G.; Nyhuis, P.: Zeitpunkt zur Veränderung von Fertigungsmengen. In: ZWF, Jg. 107 (2012), H. 12, S. 887-891.

Nyhuis, P.; Prüssing, P.; Wesebaum, S.: Verbesserung logistischer Ziele durch Belastungsflexibilität. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Hanser Verlag, 108. Jg. (2013), H. 5, S. 305-309.

Overmeyer, L. Bentlage, A.: Small-Scaled modular design for aircraft wings. In: Denkena, B. (Hrsg.): New Production Technologies in Aerospace Industry - Proceedings of the 4th Machining Innovations Conference, Hannover, September 2013, Lecture Notes in Production Engineering, Springer International Publishing, S. 55 – 62, DOI: 10.1007/978-3-319-01964-2\_8

Overmeyer, L. et al.: Optische Systeme verändern die Logistik-Technik. In: Wimmer, T.; Hucke, S. (Hrsg.): Impulse, Ideen, Innovationen - Kongressband 30. Deutscher Logistik-Kongress, 23. - 25. Oktober 2013, DVV Media Group, Hamburg 2013, S. 258–274.

Overmeyer, L.; Kleinert, S.; Radosavac, M.; Krühn, T.; Heißmeyer, S.; Bentlage, A.: Kognitive Transportsysteme durch optische Technologien. In: wt Werkstattstechnik online, 103. Jg. (2013), H.2, S. 139-145.

Overmeyer, L.; Mänken, F.: Intelligente Schnittstellen in wandlungsfähigen Lieferketten - ISI-Walk – Abschlussbericht. TEWISS – Technik und Wissen GmbH, Hannover 2013.

Rochow, P., Westphal, C., Ullmann, G.: Logistische Leistungsfähigkeit von Produktionsnetzwerken für XXL-Produkte. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Hanser Verlag, 108. Jg.; Heft 09/2013, S. 660 - 663.

Schirmmacher, S.; Zenker, M.: Wissen, was gefragt ist: Wissensmanagement im Produktlebenszyklus. In: phi – Produktionstechnik Hannover informiert, PZH-Verlag, 14. Jg. (2013), H. 2, S. 8-9.

Schwarz, C. et al.: Selbstgesteuerte Fahrerlose Transportsysteme. In: Logistics Journal: nicht-referierte Veröffentlichungen, o. Jg. (2013), DOI: 10.2195/lj\_NotRev\_schwarz\_de\_201312\_01.

Stonis, M.; Rüther, T.; Behrens, B.-A.: Analysis of Material Characteristics and Forging Parameters for Flashless Forged Aluminum-Matrix Composites. In: Materials and Manufacturing Processes, Taylor & Francis Online, 29.10.2013. DOI: 10.1080/10426914.2013.822986

Ullmann, G.: Energie- und materialflusseffiziente Fabrikplanung - Forschung und Beratung am Praxisbeispiel. Innovationskreis Automobilzulieferer, Niedersachsen-Metall - Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e.V. und Arbeitgeberverband der Deutschen Kautschukindustrie (ADK) e.V., 11. Juni 2013, Hannover.

Ullmann, G.: Energie- und materialflusseffiziente Fabrikplanung - Vom Forschungsprojekt zum Wissenstransfer in die Unternehmen. IHK Oldenburg, Sitzung des Industrie-, Energie- und Umweltausschusses, 25. April 2013, Nordenham.

Ullmann, G.: Grüne-Wiese-Planung für ein Unternehmen der Feinmechanik-Branche. Praxisseminar Fabrikplanung, Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH, 01. Oktober 2013, Hannover.

Ullmann, G.: XXL und mehr: Forschungshighlights aus dem IPH. 25 Jahre IPH - Jubiläumsfeier, Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH, 13. September 2013, Hannover.

Zenker, M.; Meers, S.; Ullmann, G.; Nyhuis, P.: Ökologische und logistische Bewertung und Auswahl von Anlieferkonzepten. In: Industrie Management, o. Jg. (2013), H.2, S. 63-65.

---

# Bildquellen

---

Titelbild: © Ezio Gutzemberg - Fotolia.com  
Seite 14: © IPH  
Seite 15: © IPH  
Seite 17: © A.P. MOLLER - MAERSK GROUP  
Seite 19: © IPH  
Seite 20: © IPH  
Seite 21: © Unternehmensverbände Niedersachsen e.V. (Foto oben)  
Seite 21: © Sennheiser electronic GmbH & Co. KG (Foto unten)  
Seite 22: © TEWISS - Technik und Wissen GmbH  
Seite 27: © Prod. Numérik - Fotolia.com  
Seite 29: © IPH  
Seite 31: © REINTJES GmbH  
Seite 33: © Marco2811 - Fotolia.com  
Seite 35: © IPH  
Seite 37: © Nordex SE  
Seite 39: © tracker70 - Fotolia.com  
Seite 41: © carloscastilla - Fotolia.com  
Seite 43: © IPH  
Seite 45: © MAERSK GROUP  
Seite 47: © Takraf GmbH  
Seite 49: © Schuler group  
Seite 51: © IPH  
Seite 53: © Gil Abrantes - [www.flickr.com](http://www.flickr.com)  
Seite 55: © IPH  
Seite 57: © IPH  
Seite 59: © Airbus S.A.S 2012, Foto: H. Goussé  
Seite 61: © Sashkin - Fotolia.com

---

# 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. Georg Ullmann

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

Sitz der Gesellschaft: Hannover  
Amtsgericht Hannover HRB 50530

© IPH 2013. Alle Rechte vorbehalten.

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

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)