

# $\varphi$ phi

*Produktionstechnik Hannover informiert*



*Magnesium -  
die leichte Alternative*



*Kompetenzen  
strategisch bündeln*



*Automobilkomponenten  
absatzsynchron  
montieren*

## *Automobilproduktion und Zulieferindustrie*

# inhalt

- 3 **Geleitwort**
- 4 **Automobilindustrie - Leitbranche für die Produktionstechnik**
- 8 **Kompetenzen strategisch bündeln**
- 10 **Magnesium - die leichte Alternative**
- 12 **Karosserien werden steifer, leichter und kostengünstiger - durch Laser**
- 14 **Das Umform- und Rückfederungsverhalten höher- und hochfester Stahlfeinbleche zuverlässig vorhersagen**
- 16 **Gut in Form**
- 18 **Automobilkomponenten absatzsynchron montieren**
- 19 **Montageplanung - erst analysieren, dann umsetzen !**
- 20 **Magazin**
- 24 **Vorschau**



Laser-Einsatz im Karosseriebau



Hohe Maßhaltigkeit im Stahl-Leichtbau



Gut in Form

# impresum

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

*phi* erscheint vierteljährlich mit einer verbreiteten Auflage von 2.500 Exemplaren.

ISSN 1616-2757

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

## Redaktion

Mario Leupold (v.i.S.d.P.)

## Redaktionsanschrift

c/o IPH

Hollerithallee 6

30419 Hannover

Telefon: (0511) 2 79 76-116

Fax: (0511) 2 79 76-888

E-Mail: [redaktion@phi-hannover.de](mailto:redaktion@phi-hannover.de)

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

## Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen

der Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans-Peter Wiendahl

Callinstr. 36

30167 Hannover

Tel.: (0511) 762-2440

Fax: (0511) 762-3814

E-Mail: [ifa@ifa.uni-hannover.de](mailto:ifa@ifa.uni-hannover.de)

Internet: [www.ifa.uni-hannover.de](http://www.ifa.uni-hannover.de)

Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff

Schlosswender Str. 5

30159 Hannover

Tel.: (0511) 762-2533

Fax: (0511) 762-5115

E-Mail: [ifw@ifw.uni-hannover.de](mailto:ifw@ifw.uni-hannover.de)

Internet: [www.ifw.uni-hannover.de](http://www.ifw.uni-hannover.de)

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege

Welfengarten 1A

30167 Hannover

Tel.: (0511) 762-2264

Fax: (0511) 762-3007

E-Mail: [ifum@ifum.uni-hannover.de](mailto:ifum@ifum.uni-hannover.de)

Internet: [www.ifum.uni-hannover.de](http://www.ifum.uni-hannover.de)

Institut für Werkstoffkunde

der Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Heinz Haferkamp

Appelstr. 11A

30167 Hannover

Tel.: (0511) 762-4312

Fax: (0511) 762-5245

E-Mail: [info@iw.uni-hannover.de](mailto:info@iw.uni-hannover.de)

Internet: [www.iw.uni-hannover.de](http://www.iw.uni-hannover.de)

IPH - Institut für Integrierte Produktion

Hannover gemeinnützige GmbH

Hollerithallee 6

30419 Hannover

Tel.: (0511) 2 79 76-0

Fax: (0511) 2 79 76-888

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

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

Laser Zentrum Hannover e.V.

Hollerithallee 8

30419 Hannover

Tel.: (0511) 27 88-0

Fax: (0511) 27 88-100

E-Mail: [info@lzh.de](mailto:info@lzh.de)

Internet: [www.lzh.de](http://www.lzh.de)

## Druck

digital print

laser-druck-zentrum garbsen GmbH

Baumarktstraße 10

30823 Garbsen

## Layout

demandcom dialogmarketing GmbH

Stefan Krieger

Baumarktstraße 10

30823 Garbsen

# geleitwort



**Thomas Oppermann**  
Niedersächsischer Minister  
für Wissenschaft und Kultur

Um die technologische Leistungsfähigkeit einer Region wettbewerbsfähig zu gestalten, kommt es heute darauf an, dass Industrie und Wissenschaft in Forschung und Entwicklung eng zusammenarbeiten. Indem beide Partner gemeinsam formulierte Fragestellungen in unmittelbarem persönlichen Kontakt zu lösen suchen, fördern sie die praxisorientierte Ideenfindung und ermöglichen eine schnelle Produkt- und Prozessentwicklung.

Niedersachsen hat in der Produktionstechnik bereits Entscheidendes auf den Weg gebracht - und gestaltet die Leistungsfähigkeit dieser Technologie, einer Schlüsseltechnologie für das Land, weiter aus. Beispielhaft ist hier die beabsichtigte Einrichtung des „Produktionstechnischen Zentrums Hannover“ (PZH) an der Universität Hannover zu nennen: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Hannover sollen gemeinsam mit Praktikern der regionalen Industrie unter einem Dach forschen und entwickeln können. Während die produktionstechnischen Institute an der Universität Hannover einen verstärkten Praxisbezug erzielen wollen, soll die beabsichtigte Kooperation der Industrie ermöglichen, vom wissenschaftlichen Know-how der beteiligten Institute zu profitieren.

Auch das „Consortium Technicum“ ist ein Beleg dafür, dass die niedersächsischen Hochschulen auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung effizienter und leistungsfähiger werden. Hier handelt es sich um eine Kooperation zwischen den Technischen Universitäten Braunschweig und Clausthal sowie der Universität Hannover im Bereich der Ingenieur- und Naturwissenschaft-

ten. Die drei Hochschulen bündeln ihre Kräfte, indem sie beispielsweise Professoren untereinander austauschen - Forschungsschwerpunkte können vertieft und Lehrangebote erweitert werden. Zudem fördert das zentrierte Know-how im Consortium Technicum die erfolgreiche Erforschung von Grundlagen und Anwendungen.

Dass sich Forschung nicht im „Elfenbeinturm“ abspielt und dass Wissenschaft interessant und facettenreich ist, zeigt beispielhaft die Zeitschrift phi. Mit dieser Zeitschrift haben die sechs herausgebenden produktionstechnischen Institute ein Forum geschaffen, über das sie sich und ihre Arbeit der Öffentlichkeit darstellen und den Dialog mit der Wirtschaft fördern. Damit leistet phi einen wichtigen Beitrag, Wissenschaft und Industrie zusammenzuführen und die gemeinsame produktionstechnische Forschung und Entwicklung voranzubringen. Die positive Resonanz auf die erste Ausgabe von phi hat gezeigt, dass der Wirtschaft die Arbeit der produktionstechnischen Forschungseinrichtungen in Niedersachsen wichtig ist und sie die aktuellen Entwicklungen aufmerksam verfolgt.

Ich wünsche der Zeitschrift für ihr weiteres Bestehen viel Erfolg im Interesse der Universitäten, der produzierenden Industrie und des Landes Niedersachsen.

Thomas Oppermann  
Niedersächsischer Minister für Wissenschaft und Kultur



Foto Audi

# *Automobilindustrie - Leitbranche für die Produktionstechnik*

Die Automobilindustrie hat sich unbestritten zur Leitbranche für die industrielle Produktion entwickelt. Dabei hat sich in den letzten Jahren insbesondere die deutsche Automobilindustrie weltweit eine Spitzenstellung erarbeitet. Was ist aber die Ursache für diese andauernde Spitzenposition? Welche neuen Impulse werden derzeit in der Automobilindustrie vorbereitet? Und welche Trends lassen sich für Zulieferer und andere Branchen daraus ableiten?

Die Automobilbranche hat als Impulsgeber und Innovationsmotor eine besondere Vorreiterrolle für die gesamte Produktionswirtschaft. Ihre Evolution treibt die gesamte Produktion voran. Neue produktionstechnische Entwicklungen oder produktionsorganisatorische Konzepte erreichen mit geringer Verzögerung die Zulieferindustrie und haben auch Auswirkungen auf andere Branchen. Die Beob-

achtung der Automobilindustrie kann daher für andere Branchen als eine Art „Frühwarnsystem“ von großem Nutzen sein.

## *Spitzenreiter bei Forschung und Investitionen*

Bedingt durch die einzigartige Kombination von hohem Produktwert und Direkt-

verkauf an private Endverbraucher in einem absolut globalen Markt hat sich in der Automobilindustrie eine hohe Wettbewerbsintensität herausgebildet, welche die Entwicklung von Produkten und Produktionsprozessen mit immer höherer Geschwindigkeit vorantreibt.

Die hohen FuE-Aufwände (22 Mrd. DM) und insbesondere das gewaltige direkte

Anlageinvestitionsvolumen von über 18 Mrd. DM, das etwa 20% der gesamten deutschen Industrieinvestitionen ausmacht, unterstreichen die Impulskraft der Automobilindustrie für die Produktionstechnik.

### *Trendsetter in der Produktion*

Viele der in den letzten Jahren wichtigen Entwicklungen in der Produktion hatten ihren Ausgangspunkt in der Automobilindustrie. Da sind nicht nur „Schlanke Produktion“ und „Just-in-time“ zu nennen, sondern auch weniger spektakuläre, aber dennoch richtungsweisende Entwicklungen wie die Qualitätsauditierung, Plattformkonzepte, Simultaneous Engineering, der Datenaustausch über EDI-Schnittstellen, flexible Arbeitszeitmodelle oder neue Fertigungstechnologien. In den letzten Jahren sind auch das „Supply Chain Management“ und das Restrukturieren der Kunden-Lieferanten-Beziehungen dazu zu zählen. Diese exemplarische Liste zeigt die enorme Bedeutung der Automobilindustrie als treibende Kraft bei der breiten Durchsetzung neuer Ansätze in der Produktion. Da sich die Wettbewerbsbedingungen nicht grundsätzlich verändern werden, ist auch weiterhin zu erwarten, dass die entscheidenden Impulse für die Entwicklung der Produktion aus der Automobilindustrie kommen werden. Für alle Produktionsfachleute ist es deshalb von großem Interesse, aktuelle Trends und Entwicklungen in der Automobilindustrie zu kennen und daraus wahrscheinliche Einflüsse auf die eigene Branche abzuleiten.

### *„Old Economy“ oder „New Economy“?*

Die Organisation des automobilen Wertschöpfungsprozesses wird sich durch das Vordringen des Internets und neuer Informations- und Kommunikationstechniken revolutionieren. Vor allem im Beschaffungswesen werden neue Anwendungen mit großem Nachdruck vorangetrieben. Automobilhersteller und Zulieferer engagieren sich z. B. bei der Schaffung von Plattformen des E-Business. Auch im Vertrieb wird zunehmend auf Internet gesetzt. „Die Automobilindustrie kann auch deshalb“, so Prof. Dr. Bernd Gottschalk, Präsident des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) im aktuellen Jahresbericht des

VDA, „mit Fug und Recht der New Economy zugerechnet werden.“

Welche Entwicklungen in diesem Bereich zu erwarten sind und welche Potenziale tatsächlich erschlossen werden können, ist Gegenstand vieler Studien. Die Einschätzungen gehen dabei weit auseinander. Für die europäische Automobilindustrie rechnet Roland Berger laut VDA mit Einsparungen von 3-5% entlang der gesamten Wertschöpfungskette, die überwiegend aus geringeren Transaktionskosten und der Reduzierung von Entwicklungs- und Produktionskosten resultieren werden.

### *Innovation ist Trumpf*

Eine über den VDA zu beziehende Studie der Unternehmensberatung McKinsey aus dem Jahr 1999 belegt eindrucksvoll, dass Automobilzulieferer mit einem hohen Grad an Produktinnovationen im Durchschnitt eine um den Faktor 2 bessere Umsatzrendite und ein um den Faktor 4 höheres Umsatzwachstum erzielen als weniger innovative Unternehmen. Dies liegt darin begründet, dass Unternehmen mit innovativen Produkten zunächst über den Produktwert für den Kunden mit guten Margen in den Wettbewerb einsteigen können, frühzeitig Lerneffekte für eine weitere Margenverbesserung nutzen können, und erst spä-

### *Neue Produkte erfordern neue Wege*

Neue Grenzen fordern die Automobilbauer technologisch und organisatorisch heraus: Nach dem Spritsparer „Drei-Liter-Auto“ kommt das „30-Meter-Auto“ als Bremsenwunder und das „10.000-DM-Auto“ als Einstiegsmodell für Märkte in Schwellenländern. An der flächendeckenden Nutzung von Telematiktechnologie wird intensiv gearbeitet. Die Realisierung der kontinuierlichen Fernüberwachung des Fahrzeugzustandes ist ein nächstes Etappenziel.

Diese Zielmarken erfordern gute Ideen, hervorragendes Know-how, brillante Entwicklungsleistungen und hohe Investitionen - auch bei den Zulieferern. Gerade von diesen erfordert die Nutzung neuer Marktchance zunehmend erhebliche Vorleistung in der Entwicklung, wie z. B. die von Continental Teves eigenständig entwickelte neue Technologie für ein „30-Meter-Auto“ mit nur 30 m Bremsweg aus 100 km/h zeigt.

### *Fahrzeuge leichter bauen*

Auch der Werkstoffeinsatz hat sich gewandelt. Bei Audi wird erstmals ein Aluminiummodell in Großserie hergestellt, Opel fertigt in Kaiserslautern Leichtmetall-Motoren, die Karosserie des Smart und z. B. der von Fiat geplante



Foto Audi

ter bei Eintritt von Konkurrenten einen Preiswettbewerb mit schrumpfenden Spannen austragen müssen.

Ecobasic bestehen zu großen Teilen aus Kunststoff. Tailored Blanks versprechen Gewichtsreduzierung bei hoher Stabilität. Magnesium erhält (wieder) Einzug in den Automobilbau.



Foto Opel

Mit den neuen Werkstoffen entstehen unmittelbar neue Herausforderungen an die Produktionstechnik. So wurde beispielsweise bei Audi der Umformprozess des einteiligen Seitenwandrahmens aus Aluminium neu entwickelt und zum Patent angemeldet. Der Automobilzulieferer Edscha setzt die Serienproduktion von Cabrio-Dachsystemen und Betätigungssystemen aus Aluminium und Magnesium um.

Die aktuellen oder geplanten Produktinnovationen lösen eine Reihe von Weiterentwicklungen bei den Produktionsmethoden und Fertigungstechnologien aus. Gerade der Leichtbau erfordert eine Weiterentwicklung von Bearbeitungs- und Fügeverfahren. Innovative Leichtbauwerkstoffe wie Metallschäume etc. setzen häufig völlig neue Fertigungsverfahren voraus. Andererseits ermöglichen neue Fertigungstechnologien wie Innenhochdruckumformen oder die Präzisionsumformung deutlich verbesserte Bauteileigenschaften.

#### **Verantwortung für die Technologieentwicklung**

Die dominierende Rolle der Automobilindustrie ist auch spürbar, wenn neu entwickelte Produkt- oder Prozesstech-

nologien entlang der automobilen Wertschöpfungskette implementiert werden sollen. Beinahe die erste Frage ist stets: „Will mein Kunde in der Automobilindustrie das?“ Wenn aber dort die Planer gelangweilt abwinken oder die zeitlichen Planungsfenster gerade geschlossen sind, erlischt sofort die Innovationsbereitschaft der Zulieferer oder Ausrüster. Ein wichtige Überlegung bei Zulieferern ist auch stets: „Kann ich davon selber nachhaltig profitieren? Oder bleibt bei mir nur das Risiko, während der OEM den Löwenanteil des Nutzens abschöpft?“ Damit tragen die großen Automobilisten auch eine hohe Verantwortung für das Beibehalten einer hohen Innovationsgeschwindigkeit.

#### **Globalisierung erfordert neue Produktionskonzepte**

Im Rahmen der Globalisierung folgen immer mehr Zulieferer ihren Kunden und bauen zusätzliche Fabriken im Ausland auf. Ein interessanter Aspekt dieser Entwicklung ist, dass die Zahl der Fabriken deutlich schneller wächst als der Umsatz bzw. das Produktionsvolumen. Es müssen daher Fabriken entwickelt werden, die einerseits auch für kleinere Produktionsvolumen wirtschaftlich arbeiten und andererseits sich entweder schnell amor-

tisieren oder wandlungsfähig genug sind, um sich neuen Anforderungen schnell und effizient anzupassen.

Aber es ergibt sich auch eine weitere Herausforderung. „Seit der Fusion mit Chrysler haben wir beinahe mehr Fabriken als Produktmodelle“, sagt ein Mitarbeiter der Verfahrensentwicklung in Untertürkheim etwas scherzhaft. Die Zahl der Produktionsstätten dürfte im Konzern bei über 300 weltweit liegen. Da keine Fabrik technisch oder organisatorisch einer anderen entspricht, ergeben sich dabei enorme Komplexitätskosten durch Kompatibilitätsprobleme in Technik, Organisation, EDV und Kultur.

Die Fabrik wird in großen Konzernen selbst zu einem „Produkt“. Dadurch gewinnen Konzepte zur Standardisierung und Modularisierung von Produktionsstätten nach der starken Dezentralisierungsbewegung in der Vergangenheit heute wieder stark an Bedeutung.

#### **Einsatz neuer Informationstechnik**

Beim Einsatz der Informationstechnik in der Produktentwicklung war die Automobilindustrie von Beginn an führend und ist auch heute der Motor bei der Realisierung der „Digitalen Fabrik“, in der Produkt- und Prozessentwicklung sowie

Anlagenplanung durchgängig anhand von Computermodellen durchgeführt, abgestimmt und optimiert werden.

Auch beim Einsatz der Transpondertechnologie, mit der sich der Wertschöpfungsprozess lückenlos informationstechnisch verfolgen lässt und Begleitpapiere end-



Auch hohe Bestände in den der Produktion nachgelagerten Bereichen können vermieden werden.

gültig eliminiert werden können, übernimmt die Automobilindustrie als Pilotanwender eine Vorreiterrolle. Hier gibt es erste sehr interessante Anwendungen z. B. zur Dokumentation von Qualitätsdaten.

### **Bestandsmanagement - Übereifer kann schaden**

Bestandsreduzierung sind ein wichtiger und richtiger Weg, um Kosten zu senken, Verschwendung zu beseitigen und die heute so wichtige Reaktionsschnelligkeit der Produktion zu steigern. In den letzten Jahren wurden allerdings mit teilweise dogmatischem Eifer Bestandssenkungen in der Produktion umgesetzt. Wenn dabei technische Randbedingungen ignoriert werden, kann dies bei verketteten Anlagen auch manchmal schmerzhaft Ausbringungsverluste in der Anlaufphase zur Folge haben, wie Untersuchungen der Universität Hannover gezeigt haben. Insgesamt hat sich in der Automobilbranche durch das weitgehende Verbannen von Beständen aus der Produktion der Schwerpunkt der Bestandsbildung verlagert. Er liegt heute in den Fertigbeständen der Zulieferer und hinter den Zählpunkten, „auf den Parkplätzen“ am Ende der Montagebänder. Während die Ratiopotenziale in der Produktion bereits in großem Umfang genutzt wurden, schlummern so in den nachgelagerten Bereichen, wie beispielsweise im Vertrieb, noch erhebliche Reserven.

### **Die Logistikkette besser managen**

Die Möglichkeiten der Informationstechnik zur Steuerung des Wertschöpfungsprozesses erleben daher zur Zeit eine

Renaissance. Denn während von den Automobilzulieferern bei Androhung saftiger Strafen stundengenaue Anlieferung bei hoher Mengen- und Variantenflexibilität verlangt werden und ein PKW heute innerhalb von nur 1-2 Tagen über das Montageband läuft, sind für die Endkunden der Autoindustrie Wartezeiten von mehreren Monaten und Lieferterminverzögerungen von Wochen eher die Regel als die Ausnahme. Hier gibt es bei der Abstimmung der Logistikkette zum Kunden hin einen großen Nachholbedarf. Zusammen mit großen Softwareanbietern arbeiten beinahe alle großen Automobilunternehmen an neuen bzw. für die Branche maßgeschneiderten Lösungen, um die informationstechnische Verknüpfung vom Vertrieb über die Produktionssteuerung bis zum Einkauf durchgängig zu gestalten.

### **Remanufacturing als neue Herausforderung**

Die EU-Altautorichtlinie schreibt in Europa für die Zukunft hohe stoffliche Recyclingquoten und die kostenlose Rücknahme von Altfahrzeugen verbindlich vor. In der Produktentwicklung werden die verwendeten Werkstoffe erneut kritisch betrachtet und in einigen Fällen muss nach Ersatz gesucht werden. Aus der Rücknahme ergibt sich die Forderung nach neuen, kostengünstigen Demontage- und Reparaturtechniken, die oft auch eine Veränderung der Montageprozesse erfordern. Die europäische, insbesondere aber die



Foto Vanderlande Industries

deutsche Technologieführerschaft auf dem Gebiet der Wiederaufarbeitung (Remanufacturing), der Demontage oder der Rezyklierung von industriellen Erzeug-

nissen wird heute weltweit anerkannt und bietet neue Marktchancen, beispielsweise für die Ausrüsterindustrie.

### **Know-how auch in anderen Branchen nutzen**

Die Automobilindustrie ist aufgrund der Wettbewerbsintensität, ihrer Ressourcenstärke und der Produktionsstückzahlen ein idealer „First User“ für viele neue Entwicklungen. Veränderungen in Technologie und Organisation der PKW-Produktion strahlen natürlich am schnellsten auf die direkte Zulieferkette aus. Aber auch die Nutzfahrzeughersteller erwarten, dass in ihrem Bereich viele Entwicklungen aus dem PKW-Bereich, insbesondere hinsichtlich Zulieferintegration und Supply Chain Management in der nächsten Zeit nachvollzogen werden.

Für viele andere Branchen kann es hochinteressant sein, die Entwicklungen in der Automobilindustrie zu beobachten und mit deutlich geringerem Risiko zu einem „Fast Follower“ bei wichtigen Innovationen zu werden.

Für den Transfer in andere Branchen braucht es starke Partner. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen bietet sich hier die Zusammenarbeit mit produktionstechnischen Hochschulen und universitätsnahen Dienstleistern an.

Bernd C. Schmidt, IPH

Bei den Zulieferern haben die hohen Anforderungen der Kunden in der Automobilindustrie zu ständigen Verbesserungen geführt.



## *Kompetenzen strategisch bündeln*

**Im Umfeld der Automobilproduktion, in der die kundenspezifische Massenfertigung den Alltag prägt, hat jedes Unternehmen der Zulieferkette eine spezielle Aufgabe. Durch eine Anpassung der Leistungstiefe an die eigene Kompetenz lässt sich diese Aufgabe erfolgreich gestalten.**

Dynamische und globale Märkte, Produktkomplexität und -individualität sind vielfach genannte Gründe für die Entwicklung eines weiteren Managementkonzeptes. Flexibilität ist eine Eigenschaft, die allen Managementkonzepten eigen sein sollte. Jedoch sollte ein Unternehmen bei aller Flexibilität auf Kontinuität und Erfolg im Wettbewerb ausgerichtet sein. Hierfür sind mittel- bis langfristige Ziele notwendig und zu ihrer Erreichung die Ableitung

entsprechender Strategien erforderlich, die wiederum Ausgangspunkt für die Definition wettbewerbsfähiger Marktleistungen sind. Wettbewerbsfähig heißt dabei allzu häufig auch „billig“: im Hochlohnland Deutschland ein schwer zu erreichendes Ziel. Die Konzentration auf Kernkompetenzen und eine entsprechende Leistungstiefe der Herstellprozesse ist ein geeigneter Weg, das „Kosten-Problem“ aktiv anzugehen.

In diesem Rahmen ist jedoch nicht die Entscheidung über Make-or-buy die einzige Handlungsoption. Auch eine Kooperation in der Lieferkette stellt eine Alternative dar. Derartige Entscheidungen setzen jedoch eine abgesicherte Identifikation aktueller sowie eine Prognose zukünftiger Kernprodukte und -prozesse voraus. Das notwendige Maß an Flexibilität wird dabei durch Pragmatismus im Vorgehen erreicht.



## *Stärken und Schwächen schärfen das Firmenprofil*

„Da die Kompetenzen von heute die Basis für die künftige Wettbewerbsfähigkeit darstellen, muss der Identifikation der Stärken ein hoher Stellenwert bei der Ermittlung der Leistungstiefe eingeräumt werden“, betont Dr. Frank Ilzig, Leiter eines Profit Centers beim Automobilzulieferer Mannesmann Sachs in Schweinfurt. Mit Unterstützung des IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover wählten die Schweinfurter eine pragmatische Vorgehensweise, bei der die Marktleistung des Unternehmens in den Mittelpunkt gestellt wird. Dazu wird das angebotene Produkt bzw. die Dienstleistung aus Sicht des aktuellen Marktes im Vergleich zu Konkurrenzprodukten bewertet. Darüber hinaus wird aus Sicht des Unternehmens die Marktleistung einem internen Benchmarking, also einem Vergleich zu anderen hauseigenen Produkten, unterzogen. Wichtig, aber oft vernachlässigt ist die Einschätzung des Marktes. So kann es notwendig sein, beispielsweise mit Hilfe von Szenariotechniken die Entwicklung des Marktes zu prognostizieren.

Aufbauend auf der Kenntnis der Kernprodukte werden die zugehörigen Fertigungsketten betrachtet und mit Kriterien wie Abgeschlossenheit der Wertschöpfungskette und Umsatzanteil bewertet. In einer weiteren Detaillierungsstufe werden die einzelnen Technologien untersucht. Ergebnis ist eine strukturierte Darstellung von Wechselbeziehungen zwischen Produkten, Fertigungsketten und Technologien. Unterstützt durch den Einsatz der Pareto-Analyse und von Portfolio-Techniken gelingt so in relativ kurzer Zeit die Abbildung der Stärken und Schwächen eines Unternehmens.

## *Nicht alles kann delegiert werden*

Neben wirtschaftlichen Überlegungen, wie Höhe und Zusammensetzung der Kosten, hat die Leistungstiefe einen unmittelbaren Einfluss auf die Art und den Umfang der Tätigkeiten in den direkten und indirekten Bereichen der Produktentwicklung. Darüber hinaus prägt die Leistungstiefe die Aufbauorganisation. Der Planung der Leistungstiefe kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Um zu verhindern, dass die Wettbewerbsposition des Unternehmens durch Auslagerung von wichtigen Teilen der Wertschöpfungskette auf Dritte geschwächt wird, schließt sich der Identifikation der Kernkompe-

tenzen die Leistungstiefenbestimmung an. Effektive und effiziente Outsourcing-Entscheidungen, welche die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens nicht negativ beeinflussen, können daher nur in einem Bereich getroffen werden, der nicht den Kernkompetenzen des Unternehmens zuzuordnen ist. In diesem potenziellen Outsourcing-Bereich können **Make-or-buy-or-cooperate** Entscheidungen nach Kostenkriterien getroffen werden.

## *Make-or-buy, das ist hier die Frage!*

Die Entscheidung zwischen Fremd- und Eigenfertigung ist von zahlreichen betriebsspezifischen Einflussgrößen abhängig. Grundsätzlich sprechen Aspekte wie der Erhalt bzw. der Ausbau der Kernkompetenzen, einfache Qualitätskontrolle, schnelle Reaktionsfähigkeit und die Unabhängigkeit von Zulieferern für die Eigenfertigung. Zu den oftmals unterschätzten Risiken der Fremdvergabe zählt der Verlust des unmittelbaren Einflusses auf den Produktionsprozess. Dies kann sich unter Umständen in verlängerten Durchlaufzeiten, Qualitätsproblemen oder einer herabgesetzten Reaktionsfähigkeit des Unternehmens am Markt auswirken. Weiterhin besteht die Gefahr bei der Fremdvergabe, dass sich neue Trends in der Produktionstechnik nicht in den Produkten niederschlagen, da die eigene Entwicklungsabteilung den Bezug zur Produktion verliert. Bei langfristigen Entscheidungen hat sich eine dreistufige Vorgehensweise bewährt. Ausgehend von Stärken und Schwächen der Produkte bzw. der Technologien wird analysiert, welche Handlungsspielräume durch Investitionen erschlossen bzw. bei Deinvestitionen freigesetzt werden. Die entstehenden Alternativen werden in einem zweiten Schritt hinsichtlich der bekannten Kriterien Kosten, Qualität, Zeit sowie Flexibilität bewertet und gegenübergestellt. Die operative Gestaltung der verbleibenden Alternativen ist in einem abschließendem Schritt notwendig, um Fragestellungen bezüglich des Materialflusses, der Lieferantenbeziehung, des Personals und dessen Qualifikation, der Organisation und der Kostenwirkungen beantworten zu können.

## *Die virtuelle Komponente*

Eine Alternative zu der klassischen Make-or-Buy-Entscheidung nimmt die Kooperationsform der **Virtuellen Unternehmen** (VU) ein. Durch einen durchgängigen Ein-

satz von IT-Systemen und den Aufbau von B2B-Anwendungen im Internet ist dies eine Entwicklung, die künftig eine immer größere Bedeutung einnehmen wird. Als Vorteile der Virtuellen Unternehmen sind drei Punkte zu nennen: Durch die günstigen Aufbauposten Virtueller Unternehmen haben diese einen erheblichen Kostenvorteil gegenüber klassischen Formen der Zusammenarbeit wie Fusionen oder Joint Ventures. Zudem ergeben sich Flexibilitätspotenziale aufgrund der bedarfsbezogenen Zusammensetzung von Virtuellen Unternehmen. Durch die Änderung der Netzwerkgemeinschaft können sich VUs so kurzfristig an geänderte Auftragsgegebenheiten, Kapazitätsengpässe und -situationen anpassen. Schließlich wird durch den Zusammenschluss von **Best-in-class-Partnern** eine starke Kompetenzbündelung erreicht. Dies ist auf Seiten der Zulieferer notwendiger denn je, da beispielsweise Ford, General Motors und DaimlerChrysler einen gemeinsamen Internet-Marktplatz und damit eine virtuelle Einkaufsgemeinschaft gebildet haben.

Der Aufbau von Virtuellen Unternehmensverbänden wird vom IPH in den Bereichen

- Entwicklung und Umsetzung von Kooperationsplattformen,
- Zusammenschließung von Bietergemeinschaften sowie
- kooperative Abwicklung temporärer Projekte unterstützt.

Am Anfang steht allerdings der Aufbau einer EDV-Infrastruktur, welche das Rückgrat der Kooperationsplattform und des Virtuellen Unternehmens darstellt. Die Kooperationsplattform beinhaltet potenzielle Mitglieder des Virtuellen Unternehmens.

Ist die Akquise eines Projekts erfolgreich verlaufen, wird die Abwicklung sowie das Projektcontrolling mit Groupware-Systemen unterstützt.

Die Arbeit in einem virtuellen Verbund verspricht nicht nur dem Kooperationsunternehmen einen großen Nutzen, sondern auch dem Auftraggeber, da dieser die Kompetenzen nicht nur eines Unternehmens einkauft, sondern eine Marktleistung bezieht, die durch das Zusammenwirken vieler Kompetenzen entstanden ist.

Stefan Franzke, IPH

Mit der extrem leichten  
Bahnrennmaschine  
mit Bauteilen aus Magnesium  
ließ Fritz von Opel 1922  
die Konkurrenten hinter sich zurück.



Foto Opel

## Magnesium - die leichte Alternative

Jahr für Jahr werden die Ozongrenzwerte in Deutschland erreicht. Schuld daran sind Abgase, die den globalen Treibhauseffekt forcieren. Die Forderung nach benzinsparenden Autos wird daher immer lauter. Aber wie ist dieses bei unseren heutigen Komfort- und Sicherheitsansprüchen möglich? Leichte Magnesiumwerkstoffe bieten hier neue Möglichkeiten.

Steigende Umweltbelastungen und Ressourcenverknappung erfordern ein Umdenken in vielen Bereichen des täglichen Lebens und somit auch der Technik. Entwicklungen im Automobilbau zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes zielen, wie das Thema 3-Liter-Auto verdeutlicht, auf eine drastische Senkung des Kraftstoffverbrauches. Hier wird neben optimierten Antriebskonzepten und verfeinerter Aerodynamik gerade dem konstruktiv unterstützten Stoffleichtbau eine tragende Rolle zugeschrieben, zumal aus steigenden Komfort- und Sicherheitsstandards resultierende Gewichtszunahmen (ca. 25% in den letzten 15 Jahren) zusätzlich zu kompensieren sind. Studien prognostizieren, dass hier durch Leichtbau ein kurz- bzw. mittelfristiges Einsparungspotenzial von bis zu 5% Kraftstoff, langfristig sogar bis zu 15% erreicht werden kann. Schon die Reduzierung des Kraftstoffverbrauches um 5% würde bei allen neu zugelassen Fahrzeugen in Deutschland bei einer mittleren Kilome-

terleistung von 20.000 km pro Jahr eine Einsparung von jährlich über 300 Mio. Litern bedeuten. Als Faustformel gilt: Eine Gewichtsverringerung von 100 kg bedeutet eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauches um 5%. Leichtbau ist hier der Schlüssel zum Erfolg.

### Leichtbau mit Magnesium

Leichtbau ist in verschiedener Hinsicht möglich. So kann eine Konstruktion aufgrund seiner Gestaltung oder durch die Verwendung leichter Materialien Gewicht einsparen. Hier finden neue Werkstoffkonzepte ein breites Anwendungsfeld. Seit mehr als fünf Jahrzehnten hat der Konstruktionswerkstoff Magnesium immer wieder große Faszination in Wissenschaft und Technologie hervorgerufen. Mit einer im Vergleich zu Aluminium um 35% geringeren Dichte (1,74 g/cm<sup>3</sup> gegenüber 2,7 g/cm<sup>3</sup>) hat Magnesium als leichtester metallischer Konstruktionswerkstoff in den letzten Jahren im

Leichtbau erneut stark an Bedeutung gewonnen. Ein weltweit steigender Verbrauch (Anstieg um 38% von 1990 bis Ende 1999) und positive Prognosen für die Zukunft belegen diesen Trend deutlich. Eigenschaften wie z. B. sehr gute Wärmeleitfähigkeit, hohe spezifische Festigkeit und herausragendes Dämpfungsvermögen zeichnen dieses leichteste, gebrauchsfähige Material mit metallischer Matrix für eine Vielzahl von Anwendungen aus. Auch Aspekte wie die praktisch unbegrenzte Verfügbarkeit (1 m<sup>3</sup> Meerwasser enthält etwa 1,3 kg Magnesium) und eine prinzipiell gute Recyclingfähigkeit weisen auf eine überlegene Stellung von Magnesiumlegierungen im Rahmen zukünftiger Entwicklungen des Maschinen- und Fahrzeugbaus hin.

### Magnesium im Fahrzeugbau

Im April 1909 meldet die Firma Chemische Fabrik Griesheim-Elektron das erste

Patent einer Magnesium-Legierung als Konstruktionswerkstoff an: das „Elektronmetall“. Die Inbetriebnahme der Bitterfelder Leichtmetallpresserei für Magnesium-Legierungen findet 1915 statt. 1919 erfolgt die Erteilung des ersten Walzpatents für Magnesium-Legierungen (Patent Nr. 358 598) an die Elektron-Gesellschaft. 1921 wird der erste Elektron-Kolben aus einer Magnesiumlegierung patentiert (Patent Nr. 386 967). Ein Jahr später lehrt Fritz von Opel auf seiner Bahnrennmaschine mit Magnesiumkolben und Magnesiumkurbelgehäuse der Konkurrenz das Fürchten. Dieses Motorrad ist in konsequenter Leichtbauweise ausgeführt und mit etlichen technischen Raffinessen ausgerüstet. Stofflicher und konstruktiver Leichtbau ergeben ein Gesamtgewicht von 69 kg. Die Überlegenheit gegenüber der hubraumstärkeren und entsprechend schwereren Konkurrenz wird erst durch das Leichtbaukonzept des Motors erreicht. Die technische Meisterleistung beinhaltet neben dem Leichtbau beispielsweise einen wassergekühlten Einzylindermotor mit Vierventiltechnik.

1934 denkt Volkswagen über den Einsatz von Magnesium im Automobilbau nach. Bereits 1944 werden 22.000 t Magnesiumerzeugnisse für den Flugzeug- und Fahrzeugbau in Deutschland hergestellt. 1968 wurden Kurbel- und Getriebegehäuse bei VW-Modellen aus Magnesium gefertigt. 1971 beträgt der jährliche Magnesiumbedarf von Volkswagen 42.000 t bei ca. 20 kg Magnesium pro Fahrzeug. Mit Einführung der wassergekühlten Motoren werden ab 1982 die Getriebegehäuse aus Magnesium durch Stahl und später durch Aluminium abgelöst.

Erst 1995 besinnen sich Volkswagen und Audi wieder auf den Einsatz von Magnesium beim neuen Getriebegehäuse für den Passat und den Audi A4/A6. Der Einsatz von Magnesium führt bei diesem Bauteil zu einer Gewichtsreduktion von 26% gegenüber dem vergleichbaren Aluminiumbauteil. Obwohl eine ganze Reihe von Teilen im Auto mittlerweile aus Magnesium gefertigt werden können, liegt der durchschnittlich Magnesiumanteil pro Auto in Europa bei etwa 3 kg. Vorwiegend werden Komponenten aus dem Fahrzeuginneren aus Magnesium hergestellt, wie z. B. Instrumententräger, Sitzrahmen, Lenkrad und Lenksäulenkomponenten. In Fahrzeugbereichen wie Antriebsstrang, Karosserie und Fahrwerk finden sich derzeit nur wenige Anwendungen, die sich auf Getriebegehäuse, Zylinderkopfabdeckung, Ansaugsystem oder Dachrahmen für Cabrio-Verdecke beschränken. Das hier noch weitere

Bauteile möglich sind, zeigt nicht zuletzt die Umsetzung des 3-Liter-Lupos von VW, in dem beispielsweise die Heckklappe aus einer Magnesium-Aluminium-Verbundstruktur besteht. Durch konsequenten Leichtbau konnte hier eine deutliche Gewichtsreduktion erreicht werden, die ausschlaggebend für den niedrigen Kraftstoffverbrauch ist.

Für die Zukunft lassen Studien einen Magnesiumanteil von über 100 kg pro Fahrzeug möglich erscheinen. Überlegungen hinsichtlich eines Magnesium-Space-Frame zeigen Tendenzen, die jedoch Entwicklungen zusätzlicher angepasster Legierungen und Verfahren erforderlich machen.

#### Probleme lösen

Die Verwendung von Magnesiumlegierungen als Konstruktionswerkstoff ist gegenüber Aluminiumlegierungen immer noch gering. Dies ist auf den vergleichsweise hohen Preis der Halbzeuge zurückzuführen, vornehmlich aber durch das teilweise unausgewogene Eigenschaftsprofil des Werkstoffes zu erklären. In diesem Zusammenhang sind das teilweise unbefriedigende Korrosionsverhalten und die eingeschränkte Temperaturbeständigkeit der bekannten Standardlegierungen anzuführen. Zum Teil sind aber auch die mechanischen Eigenschaften noch nicht zufriedenstellend. Zielsetzung der Entwicklungen am Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover (IW) ist demzufolge, die technologischen Gesamteigenschaften auf ein neues Niveau zu heben. Hier kann das Institut auf langjährige Erfahrungen zurückblicken. Neben der Entwicklung neuer Legierungen, die den Anforderungen im modernen Automobilbau gerecht werden, steht die Verarbeitung von Magnesium im Vordergrund der Aktivitäten. Umfangreiche

Anlagentechnik in einer eigenen Gießerei und die entsprechende Analysetechnik ermöglichen nicht nur die Herstellung von Vormaterialien, sondern auch von



Abbildung Volkswagen

**Viele Einsatzgebiete im Automobil sind für Magnesiumbauteile denkbar, jedoch müssen entsprechende Kriterien vom Werkstoff erfüllt werden.**

Bauteilen. Die Umformung durch Walzen und Strangpressen ist am IW ebenso möglich wie das Schweißen von Magnesium. Umfangreiche Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung der Werkstoffeigenschaften schließen den ganzheitlichen Entwicklungsprozess von Magnesiumwerkstoffen ab. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Entwicklung von Knetwerkstoffen, z. B. für Profile oder Bleche gelegt. Hierbei kommen auch ultraleichte Legierungen zum Einsatz, die im Extremfall eine Dichte von nur 1,3 g/cm<sup>3</sup> (im Vergleich Mg: 1,74 g/cm<sup>3</sup>) besitzen.

Die Erfahrung mit Magnesium und die Ausstattung zur Magnesiumver- und -bearbeitung machen das IW zu einer der führenden Einrichtungen in Deutschland auf dem Gebiet der Magnesiumforschung. Eine Vielzahl von anwendungsbezogenen Projekten in direkter Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie führt in Kombination mit grundlagenorientierten Forschungsprojekten zu einer dynamischen Weiterentwicklung des Werkstoffes Magnesium. Die oben formulierten Ziele, die Einsatzbereiche und Mengen von Magnesium im Automobil zu erhöhen, um das Leichtbaupotenzial des Werkstoffes auszuschöpfen und so den Schadstoffausstoß zu minimieren, werden so tatkräftig angegangen.

Dipl.-Ing. Christian Jaschik, IW



Fotos Volkswagen

Erst 1995 führten VW und Audi beim Passat und A4/A6 das Getriebegehäuse aus Magnesium wieder ein (links), obwohl es in den 60er und 70er Jahren bereits im Käfer zu finden war (rechts).



Foto Volkswagen Kommunikation

# *Karosserien werden steifer, leichter und kostengünstiger – durch Laser*

**Das Laserstrahlschweißen lässt sich in die gesamte Prozesskette des Karosseriebaus integrieren. Der Einsatz des Lasers schafft Wettbewerbsvorteile für Automobilhersteller und Zulieferer durch Zuverlässigkeit, Automatisierbarkeit, Flexibilität und hohe Qualität.**

Die meisten Autofahrer ahnen weder wo noch wie oft der Laser bei der Produktion ihres PKWs zum Einsatz gekommen ist. Der Laser ist aber längst nicht mehr aus der Automobilherstellung wegzudenken, ob für die Beschriftung des Autoradios oder des Innenspiegels oder bei der Produktion des Airbags. In fast jedem neuen Kraftfahrzeug sind zudem feine Laserstrahlschweißnähte, die für Sicherheit und Komfort sorgen, unter der Lack-schicht verborgen. Auch beim Bau von leichten und verbrauchsarmen Kraftfahr-

zeugen spielt der Laser eine wichtige Rolle. Die Arbeiten in der anwendungsorientierten Forschung am LZH umfassen die gesamte Prozesskette der Automobilfertigung. Die umfangreiche Anlagentechnik ermöglicht die schnelle Umsetzung von Anfragen aus der Industrie.

***Mehr Komfort = mehr Gewicht.  
Wie macht man ein Auto leichter?***

Kraftfahrzeuge sind in den letzten Jahren immer schwerer geworden. Ursachen

dafür sind jedoch nicht in erster Linie die höheren Anforderungen an die Sicherheit, das Crash-Verhalten und die Fahrstabilität, sondern die gestiegenen Erwartungen an den Komfort. Klimaanlage, elektrisch verstellbare Sitze, Fensterheber, die Innenausstattung und die Geräuschkürzung besitzen einen hohen Stellenwert. Durch das steigende Gewicht führen aber selbst Verbesserungen der Aerodynamik und eine effizientere Motorentechnik kaum zu einer absoluten Verringerung des Benzinver-

brauches. Dabei zeigen die vielen Studien zu diesem Thema, dass eine Gewichtsreduzierung von 100 kg den Kraftstoffverbrauch um ca. 5% senkt. Zum leichteren Fahrzeug gibt es zwei Wege: den stofflichen Leichtbau durch Leichtmetalle wie Magnesium und Aluminium sowie den konstruktiven Leichtbau durch Einsatz innovativer Fügeverfahren und hochfester Stahlwerkstoffe. Vielverspre-



Durch Laserschweißen sind auch Tiefziehteile aus Federstahl ( $C = 0,60\%$ ,  $R_m = 1200 \text{ MPa}$ ) herstellbar.

chend ist damit auch die Kombination beider Wege. Gemeinschaftsprojekte zwischen dem Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover (Gießen und Walzen neuer Magnesiumwerkstoffe) und dem Laser Zentrum Hannover (Laserschweißen) haben die Effektivität der Kombination stofflichen und konstruktiven Leichtbaus unter Beweis gestellt.

#### Leichtbau muss nicht teuer sein

Um das Potenzial des konstruktiven Leichtbaus aufzuzeigen, finanzierte eine Gruppe von Stahlherstellern in den letzten Jahren die beiden Studien „Ultra Light Steel Automotive Body“ und „Ultra Light Steel Automotive Closures“ (ULSAB/ULSAC). Der konsequente Einsatz bereits etablierter Techniken, insbesondere aber der Einsatz maßgeschneiderter Bleche (Tailored Blanks) und weitere Laserschweißnähte führten zu einer Gewichtsreduktion der Rohkarosserie von 25% bei gleichzeitiger Kostenreduzierung von 220 DM (ca. 15%) pro Fahrzeug. Die Verwendung von Aluminium in der Großserienfertigung des Audi A2 zeigt jedoch, dass auch der Einsatz dieses Leichtmetalls im Karosseriebau wirtschaftlich möglich ist. In der Werbung sind der Leichtbau und der Werkstoff Aluminium ein zusätzliches Verkaufsargument. Gemeinsames Konstruktionsmerkmal von Karosserien aus Aluminium und Tailored Blanks ist das Laserschweißen, da es gegenüber konventionellen Schweißverfahren viele Vorteile bietet: zum Beispiel hohe Schweißgeschwindigkeit, geringe Wärmeeinbringung (minimaler

Verzug der Bauteile) und berührungslose und somit verschleißfreie Arbeitsköpfe. Diese Vorteile wiegen immer häufiger die Investitionskosten auf, die für die Strahlquelle notwendig sind, so dass auch die Zulieferindustrie zunehmend das Laserschweißen, z. B. für Lenkwellen oder Sitzschienen, einsetzt.

#### Tailored Blanks

Die hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Laserschweißnähten ermöglichen das Umformen geschweißter Bleche und damit das „Maßschneiden“ von Blechtafeln mit unterschiedlichsten Eigenschaften und Dicken. Abgesehen von den sogenannten „Neuen Stählen“ (z. B. TRIP, CP, DP), die derzeit noch nicht ständig auf dem Markt verfügbar sind, muss sich der Konstrukteur bei allen Werkstoffen stets zwischen hoher Festigkeit und guter Verformbarkeit entscheiden. Die maßgeschneiderten Bleche, sogenannte Tailored Blanks, verbinden diese Eigenschaften in einer Blechtafel und erfüllen damit die Bedingungen für konstruktiven Leichtbau. Untersuchungen am LZH beschäftigen sich mit der weiteren Verbesserung des Umformverhaltens der Nahtbereiche durch gezielte Temperaturführung sowie dem Einsatz neuer, hochfester Stahlwerkstoffe wie beispielsweise Federstahl, die als nicht konventionell schweißbar gelten. Hier ist es gelungen, das zunächst glasartige, äußerst spröde Schweißgut über eine Laserstrahlwärmebehandlung in einen grundwerkstoffähnlichen, verformbaren Werkstoff umzuwandeln. Dabei liegt die Festigkeit des wesentlich leichteren Federstahls etwa fünf mal so hoch wie bei Karosserieblechen.

#### Karosserierohbau

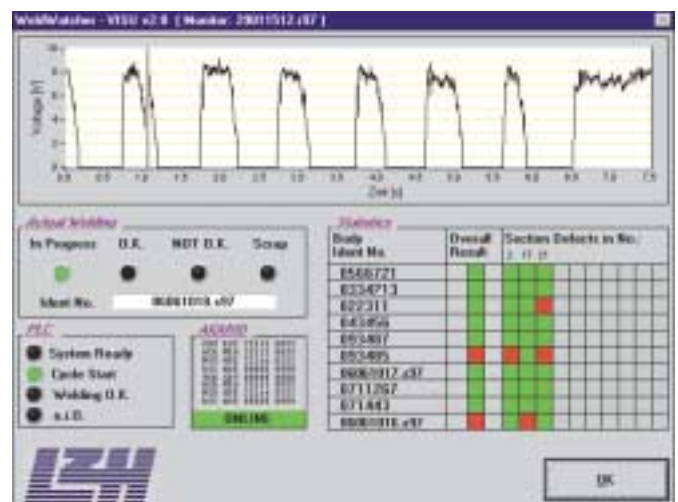
Im Zusammenbau der Karosserie wird in der Regel das Überlappschweißen genutzt. Im Gegensatz zum Widerstandspunktschweißen, dem bisher wichtigsten Fügeverfahren im Automobilbereich, ist mit dem Laser nur eine einseitige Zugänglichkeit zur Verbindungsstelle notwendig. Dadurch sind vereinfachte und verbesserte Konstruktionen wie das Verschweißen von Dachblech und hohler, verwindungssteifer

Trägerstrukturen oder auch optimierter Säulenstrukturen möglich. Damit steigt die Steifigkeit der Karosserie - das Fahrverhalten wird besser. Gleichzeitig verringert sich das Gewicht des Fahrzeugs. Da die Nahtqualität jedoch entscheidend von der Größe des Fugespaltes zwischen den Blechen abhängt, besitzt die Qualitätssicherung insbesondere in der Serienfertigung einen hohen Stellenwert. Der am LZH entwickelte WeldWatcher nutzt die Prozessstrahlung, um vollautomatisch Schweißfehler zu detektieren, und wird bereits vielfach in der Industrie eingesetzt. Die Laserhersteller bieten serienmäßig die notwendige Schnittstelle an, so dass die Integration auch in die laufende Fertigung problemlos möglich ist.

#### Synergieeffekte durch Hybrid-Techniken

Mit dem Audi A2 wurde erstmals eine Karosserie aus Aluminium in der Großserie umgesetzt. Während der Audi A8 in Space-Frame-Bauweise noch zum Teil in manueller Fertigung produziert wurde, musste bei der Konzeptionierung des A2 großer Wert auf eine sichere, automatisierte und damit kostengünstige Fertigung gelegt werden. Realisiert wurde dies durch den Einsatz des Laserschweißens sowie der Laser-Hybrid-Technik, bei der die hohe Geschwindigkeit beim Laserschweißen mit der besseren Kompensation von Fugespalten beim MIG-Schweißen verbunden wird. Dies steigert die Prozesssicherheit und der Aufwand zur Kantenvorbereitung wird deutlich verringert. Einsatzmöglichkeiten dieses Verfahrens bieten sich nicht nur im Bereich der Aluminiumwerkstoffen, sondern auch bei der Fertigung von Stahl- und Magnesiumkonstruktionen.

Axel Bormann, LZH



Das Programm WeldWatcher ermöglicht eine vollautomatische Qualitätssicherung beim Dachnahtschweißen.

# Das Umform- und Rückfederungsverhalten höher- und hochfester Stahlfeinbleche zuverlässig vorhersagen

Der Pkw-Leichtbau hat trotz der Zunahme von Kunststoff-, Aluminium- und Magnesiumkomponenten die Entwicklung von höher- und hochfesten Stählen forciert. Genau Kenntnisse über das Umform- und Rückfederungsverhalten gewährleisten die Ausnutzung der Werkstoffgrenzen bei gleichzeitig hoher Maßhaltigkeit.

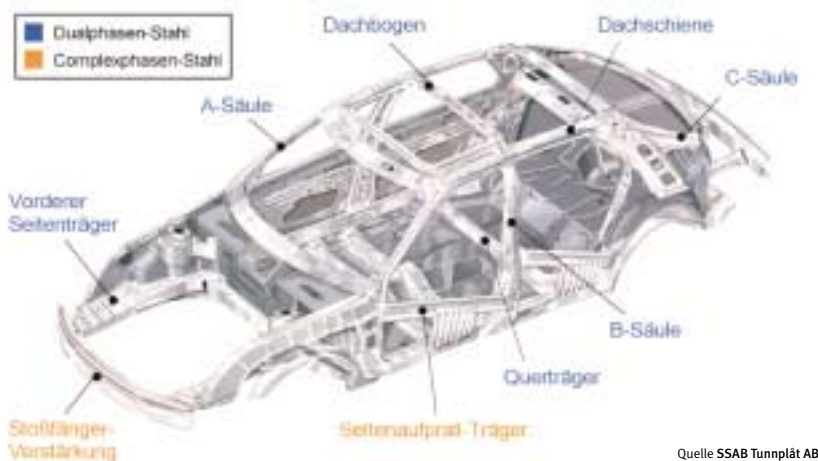
Leichtbau auf Stahlbasis bedeutet eine Reduzierung der Blechdicke, die durch eine höhere Werkstofffestigkeit kompensiert werden muss. In Serien-Pkw beträgt der Anteil höher-, hoch- und ultrahochfester Stahlwerkstoffe heute ungefähr die Hälfte des Karosseriegewichts. Diese Stähle werden in Bereichen, in denen Festigkeitsanforderungen domi-

bevorstehenden Rücknahmeverpflichtung in der Automobilindustrie neu bewertet werden muss.

## Neue Stahlwerkstoffe stellen hohe Anforderungen an den Umformprozess

Neben zahlreichen Vorteilen, wie z. B. einer sehr guten Recyclingfähigkeit, einer

Änderung der Prozessparameter wird der Umformprozess zunehmend mit Hilfe der Finite-Elemente-Simulation (FEM) ausgelegt. Die sehr komplexen Wechselwirkungen der vielfältigen Einflussgrößen auf den Umformprozess werden in kommerziellen FEM-Systemen aufgrund der hierbei vereinfachten Material- und Prozessmodellierung jedoch nur bedingt berücksichtigt. Dies liegt nicht zuletzt auch daran, dass mit der Entwicklung und Einführung der neuen Stahlsorten die Anwendbarkeit der für weiche Ziehgußen entwickelten Prüfverfahren und die Übertragbarkeit der bestehenden Kennwerte auf das Umformverhalten in die Diskussion geraten sind. Hieraus resultieren insbesondere bei der Umformsimulation Ungenauigkeiten, die sich bei der nachfolgend durchgeführten Rückfederungsrechnung verstärken und somit lediglich eine qualitative Abschätzung der zu erwartenden Maß- und Formabweichungen zulassen. Bei den Automobilherstellern besteht daher ein großer Bedarf, das tatsächliche Umform- und Rückfederungsverhalten im virtuellen Try-out genauer abbilden zu können.



Sicherheitsrelevante Karosserieteile werden zunehmend aus verschiedenen hoch- und ultrahochfesten Stählen hergestellt.

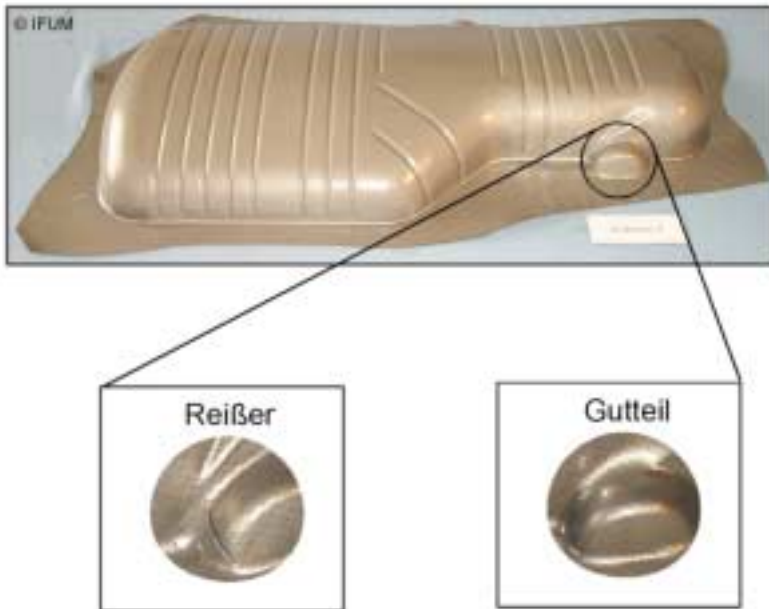
nieren, z. B. bei tragenden Elementen, unmittelbar zur Gewichtsreduzierung eingesetzt.

Stahlleichtbau hat jedoch seinen Preis. Gewichtseinsparungen bedingen in der Regel fertigungstechnische Änderungen, so dass der Einsatz moderner höher- und hochfester Stähle für Karosserieteile folglich nicht nur vor dem Hintergrund der

hohen Steifigkeit und Festigkeit, ergeben sich bei der umformtechnischen Verarbeitung höher- und hochfester Stahlwerkstoffe in der industriellen Praxis Probleme, die zu einer verminderten Maßhaltigkeit und mitunter zum Versagen der Ziehteile führen können. Zur Gestaltung bzw. Anpassung der Umformwerkzeuge und zur Bestimmung bzw.

## Das Umformverhalten lässt sich realitätsnah prüfen

Ein Gewinn an Festigkeit geht in der Regel mit dem Verlust an Duktilität einher. Hingegen sind aus fertigungs- bzw. umformtechnischer Sicht Werkstoffe mit hohem Dehnungsvermögen bei gleichzeitig hoher Festigkeit gefordert. Die Übertragbarkeit der Kennwerte aus den bekannten, derzeit industriell einge-



Mit neuen Prüfverfahren und Kennwerten kann das Umformverhalten besser beschrieben werden.

setzten Prüfverfahren (u. a. aus dem einachsigen Zugversuch) auf das Umformverhalten von höher- und hochfesten Stählen ist auf ihre Aussagekraft hin zu überprüfen. Eindeutige Aussagen lassen sich nicht unabhängig von den bei der Umformung vorherrschenden Spannungszuständen und den verschiedenen, bei dieser Werkstoffgruppe vorliegenden Verfestigungsmechanismen treffen. Unter Zuhilfenahme der am IFUM entwickelten, dem Umformprozess angepassten Prüfverfahren, bei denen verschiedene Spannungs- und Formänderungszustände im Werkstoff erzeugt werden, können die Umformgrenzen der Stähle neu bestimmt werden. Zudem können Blechverarbeiter mit Hilfe der ermittelten Fließkurven und Kennwerte genauere FEM-Berechnungen durchführen und somit eine sichere Vorauswahl der Werkstoffe treffen. Die Auswirkungen auf die Maßhaltigkeit der Ziehteile, die durch die Rückfederung beeinflusst wird, lassen sich so besser voraussagen.

#### Rückfederung bereits bei der Werkstoffauswahl berücksichtigen

Bei der Entnahme des Ziehteils aus dem Werkzeug führen das Auffedern der Flansche, die Krümmung der Zargenwände und die Torsion in Längsrichtung zu großen fertigungstechnischen Problemen. Diese verstärken sich bei einem Wechsel von einem höherfesten zu einem hochfesten Stahl. Neben der Festigkeitszunahme und der Blechdickenreduzierung bewirkt zudem der hierdurch bedingt größere relative Ziehspalt eine Zunahme der Rückfederung. Die entstehenden Winkel- und Maßabweichungen können bei der

anschließenden Fügeoperation zu einer fehlerhaften Positionierung der Einzelteile und somit zu Einbußen bei der Schweißnahtqualität oder sogar zu Ausschuss und Produktionsunterbrechungen führen. Die Automobilhersteller unternehmen daher derzeit große Anstrengungen, ihre Werkzeuge und Fertigungstechnologien werkstoffgerecht anzupassen. Während die Genauigkeit der hierzu mittels kommerzieller FEM-Software durchgeführten Umformsimulation ausreichend ist, weist die Simulation der Rückfederung mittels FEM Defizite auf. Schwerpunkte der Forschung und der industriellen Zusammenarbeit am IFUM im Bereich der Rückfederung bilden zum einen die systematische experimentelle Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen dem Rückfederungsverhalten und den Werkstoff-, Werkzeug- sowie Prozessparametern. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Implementierung von Material- und Reibgesetzen sowie von Einflussgrößen dar, die - wie beispielsweise die Umformtemperatur - in kommerziellen FEM-Systemen bislang nicht berücksichtigt werden. Der experimentelle Abgleich der Simulation dient dabei der Überprüfung der Berechnungsgenauigkeit.

#### Weiterentwicklung für die Praxis

Im Zuge des konsequent vorangetriebenen Stahl-Leichtbaus steht die Automobilindustrie infolge des zunehmenden

Einsatzes von höher- und hochfesten Stahlfeinblechen vor der Aufgabe, zuverlässigere Voraussagen über mögliche fertigungstechnische Konsequenzen hinsichtlich der Umformbarkeit und Rückfederungsneigung der Ziehteile zu treffen. Mit den am IFUM entwickelten Prüfverfahren und Kennwerten stehen der Industrie Hilfsmittel zur Verfügung, die unter verschiedenen Spannungszuständen resultierenden Werkstoffeigenschaften zu ermitteln. Aktuelle Forschungsarbeiten im Bereich der experimentellen Rückfederungsanalyse haben die Erfassung der Abhängigkeiten und Wechselwirkung sowie die Gewichtung aller relevanten, die Rückfederung beeinflussenden Einflussgrößen zum Ziel. Angepasste Material- und Reibgesetze wurden bereits in die am IFUM eingesetzten FEM-Systeme implementiert. Im Bereich der FEM-Simulation ist die Modellierung aller den Umformprozess beeinflussenden Größen, insbesondere der Umformmaschine, vorgesehen. Solange diese Entwicklung nicht abgeschlossen ist, sind weitere experimentelle Analysen zum Umform- und Rückfederungsverhalten in der Praxis erforderlich.

Holger Hütte, Torsten Hallfeldt, IFUM



Die Rückfederung der Einzelteile führt zu Problemen bei der Weiterverarbeitung.

Das EFB-Fortbildungspraktikum „Blechumformung“ findet in diesem Jahr vom 08.-09.11.2000 in Hannover statt. Informationen erteilt Dipl.-Ing. Steffen Kulp (0511/7 62 95 19).

Vom 05.-09.12.2000 ist das IFUM auf der EuroBlech, der internationalen Technologiemesse für die Blechbearbeitung, vertreten.



Mit einer transportablen Bearbeitungseinheit lassen sich beispielsweise Umformwerkzeuge für Karosserieaußenhautbleche vor Ort instandsetzen.

## Gut in Form

Bei der Fertigung von Formen und Gesenken für die Automobilindustrie sind kürzere Bearbeitungs- und Reparaturzeiten, höhere Maß- und Formgenauigkeit und geringere Nacharbeiten durchaus möglich. Sie erfordern aber neue Maschinenkonzepte, neue Fertigungsstrategien und hoch entwickelte CAD/CAM-Systeme.

Die reaktionsschnelle Instandsetzung von Umformwerkzeugen ist in der Automobil- und deren Zulieferindustrie von großer Bedeutung, da hierdurch ein zügiges Wiederanlaufen der Produktion nach einer Beschädigung sichergestellt werden kann. Für diese Aufgabe wurde am Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der Universität Hannover (IFW) in Zusammenarbeit mit dem Laser Zentrum Hannover (LZH) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 384 ein völlig neuartiges Maschinenkonzept entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine transportable Bearbeitungseinheit, die zur Reparatur großer Umformwerkzeuge für den Karosseriebau eingesetzt werden kann. Der klassische Bearbeitungsansatz „Werkstück kommt zur Maschine“ wird bei diesem Maschi-

nenkonzept umgekehrt, die Bearbeitungseinheit kommt zum Werkstück. Hierdurch ist die Instandsetzung der Werkzeuge in der direkten Produktionsumgebung möglich, aufwendige Transporte der bis zu 30 Tonnen schweren Werkstücke können entfallen. Ein modulares Verbindungselement gewährleistet die kraftschlüssige Kopplung von Maschine und Werkstück. Für die Inbetriebnahme der transportablen Bearbeitungseinheit nach dem Anbringen an das Werkstück sind nur wenige Minuten notwendig.

Für die Achsanordnung wurde eine hybrid-kinematische Struktur, d. h. eine Kombination aus paralleler und serieller Kinematik gewählt. Hierdurch können die Vorteile paralleler Strukturen, wie beispielsweise hohe Steifigkeit, erreicht

werden. Die seriellen Komponenten steigern darüber hinaus die Beweglichkeit, so dass der Arbeitsraum im Vergleich zu rein parallelen Strukturen ähnlicher Abmessungen erheblich größer ist. Die transportable Bearbeitungseinheit ist mit einer kompakten Motorspindel ausgestattet, die Drehzahlen von bis zu 30.000  $\text{min}^{-1}$  bei 10 kW gewährleistet. Somit kann die Bearbeitungseinheit auch im Bereich der Hochgeschwindigkeitszerspannung eingesetzt werden.

### *CAD/CAM mit Speziallösungen*

Neben den hohen Anforderungen an die Bearbeitungssysteme - seien sie mobil für eine schnelle Reparatur im Schadensfall oder stationär für die eigentliche Herstellung - stellt der Werkzeug- und



Formenbau extreme Ansprüche an CAD/CAM-Systeme. Begründet ist dies durch komplexe Freiformflächen, tiefe Sicken, sehr hohe Oberflächengüten und gleichzeitig enge Toleranzfelder. Das IFW setzt die marktführenden Systeme bei der Bearbeitung von Forschungsvorhaben ein und kann Unternehmen bei der Systemauswahl kompetent beraten und/oder gezielte Benchmarks durchführen. Darüber hinaus werden CAD/CAM-Systeme gezielt und anwendungsspezifisch weiterentwickelt. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung eines CAM-Moduls, das die Werkzeugabdrängung, wie sie bei dünnen Werkzeugen zur Bearbeitung tiefer Hohlformen beobachtet wird, bereits bei der NC-Programmierung berücksichtigt.



Das Bandschleifen ermöglicht die Herstellung hoher Oberflächengüten bei gleichzeitig hohen Abtragsleistungen.

### Mehr Raum für neue Ideen in der NC-Programmierung

Trotz aller Fortschritte bei den kommerziellen NC-Programmiersystemen stoßen diese immer mehr an die Grenzen dessen, was mit der herkömmlichen Herangehensweise softwaretechnisch handhabbar ist. Sollen komplexe Werkzeuge beispielsweise für große Teile der Außenhaut moderner Karosserien gefertigt werden, müssen alle hierfür benötigten Werkzeugbahnen im Rechner erzeugt und manipuliert werden. Die Simulation der Werkzeugwege wirkt als perspektivisch dargestelltes Bild zwar räumlich, wird aber physikalisch immer noch auf einem ebenen - also zweidimensionalen - Monitor ausgegeben. Hier entwickelt sich unweigerlich der Wunsch sowohl nach einer echten 3-D-Darstellung als auch nach der Möglichkeit, wieder unmittelbar Hand anzulegen, anstatt auf die für diesen Zweck unzureichenden Hilfsmittel wie Tastatur und Maus zurückgreifen zu müssen.

Am IFW hat man sich dieser Problematik angenommen und setzt neueste Techniken aus dem Bereich der Virtuellen Rea-

lität ein, um dem Bediener innovative Hilfsmittel für eine optimierte und kollisionsfreie NC-Programmierung bereitzustellen. Die wichtigsten Komponenten hierfür sind eine verbesserte Visualisierungstechnik, die den Anforderungen einer möglichst guten räumlichen Darstellung gerecht wird, und spezialisierte Eingabegeräte für eine intuitive freihändige Werkzeugpositionierung. Am IFW steht hierfür eine 3-D-Ausgabeeinheit zur räumlichen Darstellung der Bauteilbearbeitung und ein sechsachsiges Eingabegerät mit Krafrückkopplung zur Verfügung.

Das virtuelle rechnerinterne Werkstück lässt sich zusätzlich zu seiner dreidimensionalen Darstellung über das sechsachsiges Eingabegerät mit dem Werkzeug real erfühlen. Die Werkzeugwege können hierdurch direkt intuitiv angegeben und verändert werden. Zur zusätzlichen Unterstützung des Anwenders werden Randbedingungen für die Werkzeugwege über die Krafrückkopplung am Eingabegerät fühlbar gemacht - eine „helfende Hand“ führt den Benutzer in die richtige Richtung. Anschließend wird, falls gewünscht, die manuelle Eingabe durch das Programmiersystem aufbereitet - Linien werden begradigt, Eingriffstiefen korrigiert, Zerspanraten auf konstantem Niveau gehalten. Mit dieser Unterstützung durch den gezielten Einsatz von Techniken der Virtuellen Realität dringt die NC-Programmierung komplexer Geometrien in neue Dimensionen vor, von denen drastische Verkürzungen der Zeitdauern zwischen Konstruktion und Fertigung erwartet werden.

### Weniger Handarbeit

Der letzte und kostspieligste Prozessschritt bei der Fertigung von Tiefziehgesenken ist die manuelle Nacharbeit. Sie beinhaltet im wesentlichen das Verschleifen der Fräsritzen zur Erzeugung funktionaler Oberflächen und Anpassarbeiten, um Positiv- und Negativform aufeinander abzustimmen. Diese beiden abschließenden Arbeitsschritte können bis zu 35% der Herstellkosten eines Gesenks verursachen. Große Einsparungen der manuellen Nacharbeit wurden durch den Einsatz der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung erzielt, da hier durch geringere Zeilenabstände bessere Oberflächengüten erreicht werden können. Weitere deutliche Rationalisierungen liegen in der Automatisierung der manuellen Nacharbeit.

In Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie entwickelt das IFW automatisierte Feinbearbeitungsverfahren, die in die bestehende Prozesskette integriert werden können. Ziel ist die Integration

des Bandschleifens und des Koordinatenschleifens in ein Bearbeitungszentrum. Somit kann ein Großteil der Feinbearbeitung automatisiert in der gleichen Aufspannung wie das Schlichtfräsen erfolgen. Dies vermindert nicht nur deutlich die anschließende manuelle Nacharbeit, sondern es können gleichzeitig höhere Maß- und Formgenauigkeiten erzielt werden, was wiederum die Anpassungsarbeiten bei der Inbetriebnahme der Werkzeuge verringert. Der Projektpartner des IFW, das Fiat-Entwicklungszentrum in Turin, erwartet dadurch deutlich geringere Durchlaufzeiten und Kosten. Das Einsparungspotenzial bei der manuellen Nacharbeit wird auf bis zu 50% geschätzt.

Ein maximaler Rationalisierungseffekt kann dann erzielt werden, wenn die verschiedenen vorgestellten Technologien in einer gezielten Kombination zum Einsatz kommen. Dies wäre dann beispielsweise die vollständige virtuelle Abbildung einer Werkzeugreparatur, bei der die Fräsbearbeitung mit kompensierter Werkzeugabdrängung und die anschließende Feinbearbeitung mittels Bandschleifen auf der transportablen Bearbeitungseinheit simuliert wird.

Nils Rackow, Bernhard Urban, Andreas Schmidt, Jochen Selle, IFW



3-D-Bilder zum Anfassen: Die Mitarbeiter des IFW zeigten sich sichtlich beeindruckt von ihrer neuen Virtual-Reality-Station.

Das IFW stellt auf der diesjährigen EUROMOLD die transportable, hybridkinematische Maschine zur Vor-Ort-Bearbeitung großer Umformwerkzeuge vor.

EUROMOLD, Frankfurt/M.,  
29.11.-02.12.2000,  
Halle 9, Stand A 147



Foto Audi

# Automobilkomponenten absatzsynchron montieren

**Automobilzulieferer müssen zunehmend Modul- und Systemlösungen am Markt anbieten und deshalb ihre Kompetenz vor allem auf die Montage von Systemen ausweiten. Geschieht dies ohne ein umfassendes Konzept, sind hohe Bestände und eine geringe Transparenz die Folge. Eine systematische Analyse kann hier Abhilfe schaffen.**

Was tun Automobilzulieferer, wenn sie nun plötzlich Montageaufgaben wahrnehmen müssen? Der erste Schritt in der Realisierung einer Montage ist das Einrichten einer Montagefläche hinter der Fertigung. Diese ist meist durch manuelle Tätigkeiten und eine hohe Variantenvielfalt geprägt. Da die Einrichtung einer Montage oft nicht mit einer Restrukturierung der gesamten Wertschöpfungskette einhergeht, werden die Teile zunächst weiterhin auf Lager produziert. Aufgabe der Montage ist es nun, aus diesem Bestand die dringenden Aufträge zu montieren und in den Versand zu überführen. Die Montage wird somit von zwei Seiten bedrängt: Die Fertigung drückt Aufträge

hinein und der Versand zieht Produkte möglicherweise im Just-in-time-Rhythmus wieder heraus. Eine Abstimmung der Bereiche aufeinander bzw. eine optimale Verkettung ist so nicht zu erreichen.

Die Folge ist, dass sich zwischen Fertigung und Montage sowie zwischen Montage und Versand erhebliche Bestände bilden. Dies verursacht hohe Kosten und eine geringe Transparenz. Ein einfaches Rezept für die Reduzierung dieser Bestände gibt es allerdings nicht. Analysiert man deren Ursachen, so erscheinen sie vielfach unvermeidbar:

- Automobilhersteller fordern eine Lagerreichweite von bis zu drei Tagen.

- Produktions-, Lackier- und Montagevorgänge sind nicht terminsicher.
- Die einzelnen Bereiche sind schlecht miteinander synchronisiert.
- Lange Rüstzeiten erfordern eine Herstellung in großen Losen.
- Eilaufträge verhindern einen geregelten Prozess.

„Operative Verbesserungsmaßnahmen“, erläutert Professor Hans-Peter Wiendahl, Leiter des Instituts für Fabrikanlagen der Universität Hannover, „greifen für eine nachhaltige Bestandssenkung zu kurz“. Um die Situation wirklich zu ändern, so seine Erfahrung, muss der gesamte Prozess der Leistungserstellung systema-

tisch analysiert und restrukturiert werden. Dabei sollte eine konsequente Ausrichtung auf den Absatz erfolgen.

### Die Mitarbeiter - Gestalter der Produktion

Die Mitarbeiter haben in der Regel eine sehr gute Kenntnis der einzelnen Prozessschritte - zumindest innerhalb des von ihnen verantworteten Bereiches. Auf die Frage nach der Ursache hoher Bestände wird jedoch meist erst einmal die Schuld auf die jeweils vor- bzw. nachgelagerten

Bereiche geschoben. „Der Versand ruft unregelmäßig ab“, „Eilaufträge zerstören die eingeplanten Lose“, oder „Der vorgelegte Bereich schickt jede Menge Teile, nur nicht die, die wir tatsächlich brauchen“ sind typische Antworten. Dabei ist den Mitarbeitern die Situation der Kollegen in den anderen Bereichen oft gar nicht richtig bekannt.

Eine Verbesserung der Situation kann durch eine genaue Betrachtung der Schnittstellen zu anderen Produktionsbereichen und ein Aufgreifen der Ideen

der Mitarbeiter erfolgen. Dabei werden umso wirkungsvollere Lösungen gefunden, je mehr vor- und nachgelagerte Bereiche gemeinsam nach Verbesserungen suchen. Mitarbeiter haben nämlich oft bereits eigene Ideen entwickelt, die nur darauf warten, umgesetzt zu werden. Eine Unternehmensorganisation nach Produktgruppen kann dabei sehr hilfreich sein, da es dann Mitarbeiter gibt, die für die gesamte Prozesskette zuständig sind und so Abteilungsegoismen überwunden werden können.

Stephan Bürkner, Matthias Hegenscheid, IFA

### Montageplanung - erst analysieren, dann umsetzen!

Ein Hersteller von PKW-Innenverkleidungen hat mit vielschichtigen Problemen zu kämpfen. Die Spritzgussanlagen sind älterer Bauart und ihre Prozesssicherheit ist gering. Die Auftragssteuerung wird durch zahlreiche Eilaufträge und abgebrochene Lose zum Balanceakt. Ein Mitarbeiter - mittlerweile zum Engpass der gesamten Fertigung geworden - verteilt in Ermangelung eines geeigneten PPS-Systems die Aufträge direkt auf die Maschinen. Das Resultat sind hohe Bestände in allen Fertigungsbereichen sowie häufiges Suchen und Umschichten. In der Montage zeigt sich ein ähnliches Bild. Der Materialfluss ist durch eine Vielzahl von Transportbehältern nicht mehr erkennbar. Diese sind teilweise voll oder halb geleert und beinhalten eine Vielzahl von Produktvarianten mit unterschiedlichen Farben. Die Aufstellung der Montageanlagen erscheint willkürlich. Die untersuchte Montage ist eingebunden zwischen der Lackiererei und dem Versand und damit direkt von den Problemen dieser Fertigungsbereiche betroffen.

Die Restrukturierung der Montage sollte vor allem eine Senkung der Bestände, die Erhöhung der Transparenz der Abläufe und eine enorme Verringerung des Transportaufkommens gewährleisten. Zusätzlich gab es folgende Anforderungen, die es zu erfüllen galt:

- starke Einbindung des eingesetzten Personals
- nachhaltiger Know-how-Transfer für die beteiligten Mitarbeiter
- geringe Investitionen
- Synchronisation mit den vor- und nachgelagerten Produktionsbereichen
- Montage für den direkten Versand („on demand“) und nicht für ein Lager

In einem ersten Schritt wurde nun das Abrufverhalten der Kunden unter die Lupe genommen. Nach klassischer ABC-Verteilung konnten die wenigen wirklich

volumenstarken, d. h. mit einem starken Transportbehälteraufkommen verbundene Bauteile und Varianten herausgefiltert werden. Es ergab sich, dass nur zehn der Varianten für 70% des Behälterflusses verantwortlich waren und zwei fast identische Bauteile nahezu 30% ausmachten. Die Ausrichtung eines neu zu erstellenden Layouts sollte sich daher konsequent an diesen Komponenten orientieren.

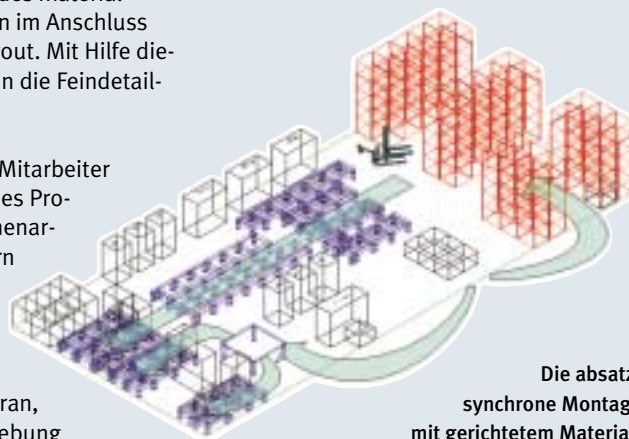
Für diese Bauteile - die „Renner“ - wurden in einem weiteren Schritt die Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Bereichen untersucht. Über die einzelnen Fertigungsschritte können bauteilspezifisch sogenannte Durchlaufdiagramme erstellt werden. Sie beschreiben das Produktionsverhalten entsprechend dem Zu- und Abgang über einen bestimmten Zeitraum in charakteristischen Kurven. Das Ziel ist es, so wenig Bestände wie möglich - aber auch so viel Bestände wie nötig - vor der Montage zu halten.

In einem dritten Schritt wurde auf Basis der Analysen ein Workshop mit Mitarbeitern aus verschiedenen Abteilungen durchgeführt. Diese definieren zuerst die Randbedingungen (z. B. drei Tage Lieferfähigkeit selbst bei Ausfall der Lackiererei) sowie die wichtigsten Ziele (Erhöhung der Transparenz und Ordnung der Bestandssituation und des Materialflusses) und konzipieren im Anschluss gemeinsam ein Groblayout. Mit Hilfe dieses Layouts konnte dann die Feindetailierung erfolgen.

Begleitet durch die IFA-Mitarbeiter wurde die Umsetzung des Projektes in enger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Bereiches durchgeführt. Diese, integriert man sie in die Planung, zeigen i.d.R. ein großes Interesse daran, ihre eigene Arbeitsumgebung mitzugestalten und sind nicht selten bereit, hierfür sogar Freizeit zu opfern.

Das letztlich realisierte Layout zeichnet sich dadurch aus, dass die großen Volumenströme direkt durch die Montage geleitet werden. Seltener Varianten werden am Rande des Montagebereiches bearbeitet. Während im alten Layout diverse Maschinen in der Mitte der Montage installiert wurden und damit eine Übersichtlichkeit erschwert wurde, riegelt die neue Anordnung der Maschinen am Rand Materialflüsse von den Seiten ab und ermöglicht im Inneren eine hohe Transparenz. Die äußerst hohen Transportaufwendungen können durch die gute Zugänglichkeit der Fertigteilboxen erheblich reduziert werden. Durch ein Assembly on demand montieren die Mitarbeiter auf Basis kurzfristiger Abrufe direkt in den Versand, d.h. für den in der nächsten Schicht zu beladenen LKW. Dadurch lässt sich das Zwischenlager hinter der Montage vermeiden. Der Sicherheitsbestand von drei Tagen kann nun komplett vor der Montage gelagert werden, da an dieser Stelle die Variantenbildung noch nicht abgeschlossen sowie eine gute Entkopplung zur Lackiererei geschaffen ist. Mit steigender Prozessfähigkeit der vorgelagerten Bereiche sowie einer eventuellen Auditierung durch den Kunden kann auch dieser Bestand sukzessive reduziert werden.

Stephan Bürkner, Matthias Hegenscheid, IFA



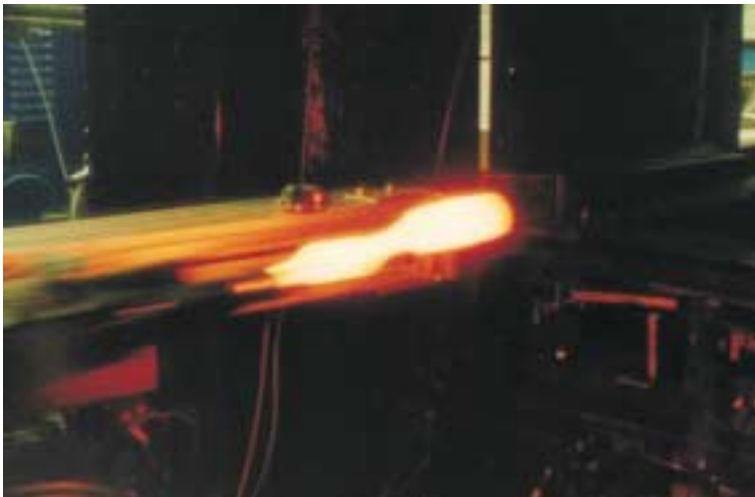
Die absatz-synchrone Montage mit gerichtetem Materialfluss zeichnet sich durch geringe Bestände und hohe Transparenz aus.

## Produktionslogistik für das Präzisionsschmieden

Seit Anfang des Jahres arbeiten hannoversche Forschungseinrichtungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 489 (SFB 489) der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Entwicklung technologisch und logistisch innovativer Prozessketten für das Präzisionsschmieden.

In der Arbeitsgruppe Logistik dieses Forschungsprojektes werden vor allem die produktionslogistischen Abhängigkeiten und die wirtschaftlichen Auswirkungen

der Einführung dieser neuen Technologie untersucht. Dabei sollen frühzeitig die Erfahrungen und Anforderungen von Umformbetrieben aufgenommen werden und in die Forschungsarbeit einfließen. Unternehmen der Umformtechnik, die an einer Kooperation Interesse haben, wenden sich bitte an das IPH, Fabian von Gleich, (0511) 2 79 76-463. **Weitere Informationen:** [www.ifum.uni-hannover.de/sfbs/sfb489/index.html](http://www.ifum.uni-hannover.de/sfbs/sfb489/index.html)



## Neue Elektronenstrahlschweißanlage in Hannover

Für das Elektronenstrahlschweißen unter Atmosphäre baut das Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover zur Zeit eine neuartige Anlage auf. Das atmosphärische Elektronenstrahlschweißen NV-EBW (Non-Vacuum Electron Beam Welding) bietet eine ganz neue Dimension im Bereich der Materialver- und -bearbeitung. NV-EBW ist besonders interessant für die Blech- und Feinblechbearbeitung im Automobil-, Waggon- und Anlagenbau.

Im Gegensatz zum Elektronenstrahlschweißen unter Atmosphäre hat das Elektronenstrahlschweißen im Vakuum (EBW, Electron Beam Welding) heute bereits seinen festen Platz in der Materialbearbeitung gefunden. Dies ist vor allem auf die hohe Qualität und Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse zurückzuführen.

Der maßgebliche Forschungsbedarf auf dem Gebiet des Elektrodenschweißens unter Atmosphäre besteht in der Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Verfahren, Werkstoffen und erzielbaren mechanisch-technologischen Eigenschaften. Diesem Forschungsbedarf wird durch Grundlagenuntersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 362 an der Universität Hannover entsprochen. Im Rahmen dieser Forschungen erfolgt auch der Aufbau der neuen Schweißanlage.

## LZH und IFUM auf der Euro-Blech 2000

Sowohl das Laser Zentrum Hannover (LZH) als auch das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover (IFUM) sind auf der diesjährigen Euro-BLECH in Hannover vertreten.

Das LZH zeigt in Halle 11, Stand F 70 die ganze Vielfalt des Lasereinsatzes in der Blechbearbeitung: von Tailored Blanks und Tailored Tubes über handgeführte Laserschweiß- und -schneidsysteme, 2-D- und 3-D-CAD/CAM-Systeme für die Blechbearbeitung bis hin zur Prozesskon-

trolle für das Laserschweißen. Das IFUM präsentiert sich auf dem Gemeinschaftsstand der Europäischen Gesellschaft für Blechumformung (Halle 11, H 03). Neben Beiträgen zum Thema Leichtbau zeigt das IFUM u. a. Kunststoffwerkzeuge mit verschleißfester Aktivschicht (Galvanoschale) für kleine und mittlere Serien. Außerdem wird ein Fehlerinformationssystem für die Blechumformung vorgestellt.



## Neueste Trends der Blechumformung

Das diesjährige Fortbildungspraktikum „Blechumformung“ der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung (EFB) findet vom 08. bis 09. November 2000 im Leibnizhaus der Universität Hannover statt. Themen der Veranstaltung sind Werkstoffe, Verfahren, Werkzeuge und Maschinen der Blechumformung. Die Teilnahme am Praktikum kostet 1.700 DM bzw. 1.350 DM für Mitglieder der EFB.

**Information:** IFUM, Steffen Kulp,  
Telefon (0511) 762-9519

## Neue Maschinengeneration für die Hartfeinbearbeitung

An der Universität Hannover werden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 489 Untersuchungen zur abschließenden, qualitätsbestimmenden Hartfeinbearbeitung durchgeführt. Ziel ist die Realisierung einer drastischen Prozesskettenverkürzung im Bereich der Zahnradfertigung durch die Kombination verschiedener Bearbeitungsverfahren. Bisher bestehen nur geringe Kenntnisse darüber, ob Wälz- oder Profilverfahren und ob Hon- oder Schleifverfahren eingesetzt werden müssen.

Zur Untersuchung dieser Zusammenhänge steht dem Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen seit August 2000 ein neues Verzahnungszentrum KX 1 der Firma Kapp, Coburg, zur Verfügung. Mit der neuartigen Maschinengeneration ist es erstmals möglich, alle für die Hartfeinbearbeitung relevanten Feinbearbeitungsverfahren wie Wälzschleifen, Profilschleifen und Außenhonen auf einer Maschine zu realisieren. Außerdem wurde durch die Integration eines Abrichtsystems die Möglichkeit geschaffen, sowohl abrichtfreie als auch abrichtbare Werkzeuge einzusetzen. Diese Möglichkeiten bieten ein Höchstmaß an Flexibilität und schaffen hervorragende Bedingungen zur Entwicklung eines angepassten Hartfeinbearbeitungsverfahrens für präzisionsgeschmiedete Zahnräder.

## Kostenloser Einstieg in die Lasertechnik

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben durch ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Programm die Möglichkeit, Unterstützung und eine kostenlose Einstiegs- oder technische Anfangsberatung

zum Thema Lasertechnik zu erhalten. Mehr Information im Internet unter [www.lasernetz.de](http://www.lasernetz.de) oder durch das Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH), Wilhelm Specker, (0511) 2788-161.



Foto: Universität Hannover

## Hannoverscher Maschinenbau bei Drittmittelprojekten führend

Der Fachbereich Maschinenbau der Universität Hannover wirbt bundesweit die meisten Drittmittel pro wissenschaftlichen Mitarbeiter ein: rund 382.000 DM pro Planstelle. Das sind z. B. für 1998 stolze 43 Millionen DM aus nichtstaatlichen Quellen. Ermittelt hat diese führende Position das Centrum für Hochschulentwicklung in Zusammenarbeit mit der Zeitschrift „stern“.

## Forum für flexible Automatisierung von Schmiedeanlagen

Das IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover entwickelt im Rahmen des Forschungsprojektes **AMS.forging** ein flexibles und automatisiertes Fertigungssystem für Schmiedeteile. Projektbegleitend hat das IPH einen Industrie-Arbeitskreis mit Anlagenher-

stellern, Automatisierungsspezialisten und Schmiedebetrieben eingerichtet. Im Rahmen des Arbeitskreises werden die Ergebnisse des Projektes vorgestellt und gemeinsam mit den Unternehmen weiterentwickelt. **Information:** IPH, Bernd Müssig, (0511) 27976-335.

## Junge Wissenschaftler erforschen virtuelle Realitäten in der spanenden Fertigung

Ziel einer Forschernachwuchsgruppe, die zum Ende des Jahres ihre Arbeit am Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der Universität Hannover (IFW) aufnehmen wird, ist die Erforschung und Entwicklung von Techniken der Virtuellen Realität in der spanenden Fertigung. Die Gruppe aus vier Forschern und einem Programmierer wird innerhalb von fünf Jahren neue Wege einer durchgängigen Simulation von Bauteil, Fertigungsprozess und Bearbeitungsmaschine erkunden, die detaillierte und zuverlässige Aussagen über Geometrie und physikalische Eigenschaften des Bauteils bei optimierten Maschineneinstellungen erlauben. Für die jungen Wissenschaftler stehen am IFW bereits jetzt ein Hochleistungsrechner mit stereoskopischer - also wirklich dreidimensionaler - Bildschirmwieder-

gabe und ein haptisches Eingabegerät zur Verfügung. Dieses haptische Eingabegerät ermöglicht nicht nur ein reales Erfühlen und Erasten von Bauteilen im virtuellen Raum, sondern auch die Rückführung von Prozesskräften an den Bediener. Der Benutzer am Computer spürt, welche Bearbeitungskräfte bei der späteren Zerspanung auftreten werden. Resultat ist ein nahezu perfekter NC-Code, der bereits vor der ersten Bearbeitung vorliegt. Dies führt zu signifikanten Kosten- und Zeiteinsparungen bei der Produktentwicklung. Forschernachwuchsgruppen werden in Niedersachsen vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur eingerichtet. Sie sollen qualifizierten, jungen Wissenschaftlern kreative Forschungsarbeiten ermöglichen und die Möglichkeit zur wissenschaftlichen Profilierung geben.

## Blechumformer tagen in Hannover

Am 22.11.2000 tagt der FuE-Ausschuss des Industrieverbandes Blechumformung (IBU) im Leibnizhaus der Universität Hannover. Die Teilnahme steht IBU-Mitgliedern offen.

**Informationen:** IFUM, Günter Deiler, Telefon (0511) 762-9518

## Logistische Beherrschung von Nachfrageschwankungen

Nachfrageschwankungen, unsichere Abnahmeprognozen und un stetige, sich häufig ändernde Lieferabrufe stellen für viele Zulieferunternehmen - insbesondere des Fahrzeugbaus - ein schwer beherrschbares logistisches Problem dar. Daher sollen im kommenden Jahr im Rahmen von **DynaMoZ** - Dynamik-Monitoring für Zulieferunternehmen, einem Verbundprojekt unter fachlicher Leitung des IPH, Methoden und Werkzeuge für die Analyse und Bewertung des kunden seitigen Nachfrageverhaltens entwickelt werden. Hiermit können Bedarfsschwankungen frühzeitig erkannt werden und beispielsweise durch Kapazitätsveränderungen oder angepasste Materialdisposition ausgeglichen werden. Für dieses Forschungsprojekt werden noch weitere Zulieferunternehmen als Projektpartner gesucht.

**Kontakt:** IPH, Fabian von Gleich, Telefon (0511) 2 79 76-463



## Mit Laser auf Kurs

Das Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) bietet ständig Aus- und Weiterbildungskurse zum Laserschutzbeauftragten (nach BGV B2) und zum Laserstrahl-fachkraft (nach DVS 1197) an. Auch In-house-Seminare und die firmenspezifische Einzelausbildung zu besonderen Themen der Lasertechnik werden vom LZH angeboten. **Information:** Klaus Raebisch, (0511) 2788-150.



## Methodisches Logistik-Benchmarking

Im Springer-Verlag erscheint am 26.10.2000 das Buch **Logistik-Benchmarking - Praxisleitfaden mit LogiBEST** von Holger Luczak, Jürgen Weber und Hans-Peter Wiendahl.

Das Buch stellt in der Praxis erprobte Methoden und Hilfsmittel zur Erstellung standardisierter und damit vergleichbarer Kennzahlen für die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik zur Verfügung. Auf Basis der umfangreichen Arbeitsmaterialien kann ein überbetriebliches Benchmarking effizient durchgeführt werden.

Der Leitfaden ist Ergebnis des Verbundprojektes „Logistik-Benchmarking für Produktionsunternehmen - Standards, Kennzahlen und Methoden“ (LogiBEST), das unter Federführung des IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover von Februar 1997 bis Februar 2000 durchgeführt wurde. Gefördert wurde LogiBEST durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF).

Die ebenfalls im Projekt erarbeiteten, detaillierten Kennzahldefinitionen sind bereits als VDI-Richtlinie 4400 erschienen und stellen eine sinnvolle Ergänzung zum Leitfaden dar. Weitere Informationen zu LogiBEST sind unter der Adresse [www.logibest.de](http://www.logibest.de) im Internet zu finden.

## Wasser als Hightech-Tool

Wasser ist nicht nur zum Waschen da! Die Palette der fertigungstechnischen Möglichkeiten der Wasserstrahltechnologie reicht vom Schneiden über das Drehen bis zum Abtragen und Bohren. Nahezu jeder Werkstoff lässt sich mit dem Hochleistungswerkzeug „Wasser“ umgebungsschonend bearbeiten. Über den Stand der Technik und das Entwicklungspotenzial dieser jungen Technologie informiert eine Besichtigung des Wasserstrahl Labors des Instituts für Werkstoffkunde der Universität Hannover am 23. Januar 2001. Vorführungen an verschiedenen Versuchsständen stellen dabei die Tätigkeitsschwerpunkte des Labors dar: u. a. die Miniaturisierung des Strahls und die Zugabe von leistungssteigernden Medien. Die Besichtigung richtet sich an Führungskräfte und Praktiker, die aus ihrer beruflichen Praxis heraus an innovativen Problemlösungen interessiert sind.

Die Veranstaltung ist Teil der Reihe „Know-how für die Wirtschaft“, die von uni transfer, der Forschungs- und Technologiekontaktstelle der Universität Hannover durchgeführt wird.

**Anmeldung und Information:** uni transfer, Andrea Kuschetzki, (0511) 762-5722

Bitte abschneiden, absenden oder per Fax an 0511 / 2 79 76-888 senden.



Ja, ich möchte  
**phi** - Produktionstechnik Hannover informiert  
regelmäßig und kostenlos bekommen.

Bitte  
freimachen

Antwortkarte

Redaktion **phi**  
Hollerithallee 6

30419 Hannover

Name \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Abteilung \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Telefon / Telefax \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

# vorschau

Die nächste Ausgabe von *phi* erscheint im Januar 2001

## *Technologie und Know-how für kleine und mittlere Unternehmen*

Wandlungsfähige Fabrikkonzepte

Verfahrensgerechte Schmiedewerkzeugkonstruktion

IT-Systeme in die Organisation integrieren

Erprobungs- und Beratungszentren in der Lasertechnik

Analyse industrieller Schadensfälle

Innovationen für Werkzeughersteller



## *Beteiligte Institute*

Institut für Fabrikanlagen  
der Universität Hannover

**IFA**

Institut für Fertigungstechnik  
und Spanende Werkzeug-  
maschinen der Universität Hannover

**IFW**

Institut für Umformtechnik  
und Umformmaschinen  
der Universität Hannover

**IFUM**

Institut für Werkstoffkunde  
der Universität Hannover

**IW**

IPH - Institut für Integrierte Produktion  
Hannover gemeinnützige GmbH

**IPH**

Laser Zentrum Hannover e.V.

**LZH**

