

## *Automobilproduktion*

*Mikrosensorik im Automobil*

*Zwölf Meter Schweißnaht in einer Minute*

*Leichter geht's nicht – Flexibles Profilieren  
von belastungsangepassten Trägerbauteilen*

*Produktionsanläufe – Voraussicht ist besser als Nachsicht*

*Auf den Zahn gefühlt*

*Land in Sicht! – Logistische Agilität bringt Zulieferer auf Kurs*

*Verbesserte Laserschweißnähte in der Automobilindustrie*

# Inhalt

- |    |  |    |   |
|----|--|----|---|
| 3  | <b>Vorwort</b>   | 12 | <b>Auf den Zahn gefühlt</b>   |
| 4  | <b>Mikrosensorik im Automobil</b>  | 14 | <b>Land in Sicht! – Logistische Agilität bringt Zulieferer auf Kurs</b> |
| 6  | <b>Zwölf Meter Schweißnaht in einer Minute</b>   | 16 | <b>Verbesserte Laserschweißnähte in der Automobilindustrie</b>          |
| 8  | <b>Leichter geht's nicht – Flexibles Profilieren von belastungsangepassten Trägerbauteilen</b> | 18 | <b>Magazin</b>  |
| 10 | <b>Produktionsanläufe – Voraussicht ist besser als Nachsicht</b>                               | 20 | <b>Vorschau</b>   |

# Impressum

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

*phi* erscheint vierteljährlich mit einer verbreiteten Auflage von 2.700 Exemplaren.

ISSN 1616-2757

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

Kostenloses Abonnement der *phi*: Im Internet unter [www.phi-hannover.de/abo.htm](http://www.phi-hannover.de/abo.htm) oder telefonisch bestellen unter Telefon (05 11) 27 97 65 00.

## Redaktion

Karen Lehneke (v.i.S.d.P.)

## Redaktionsanschrift

Hollerithallee 6  
30419 Hannover  
Telefon: (05 11) 2 79 76-500  
Fax: (05 11) 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 und Logistik der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Peter Nyhuis  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2440  
Fax: (05 11) 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 Werkzeugmaschinen der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2533  
Fax: (05 11) 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 Mikrotechnologie der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. H. H. Gatzert  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-5104  
Fax: (05 11) 762-2867  
E-Mail: [imt@imt.uni-hannover.de](mailto:imt@imt.uni-hannover.de)  
Internet: [www.imt.uni-hannover.de](http://www.imt.uni-hannover.de)

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. L. Overmeyer  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-3524  
Fax: (05 11) 762-4007  
E-Mail: [ita@ita.uni-hannover.de](mailto:ita@ita.uni-hannover.de)  
Internet: [www.ita.uni-hannover.de](http://www.ita.uni-hannover.de)

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-2264  
Fax: (05 11) 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. Friedrich-Wilhelm Bach  
Schönebecker Allee 2  
30823 Garbsen  
Tel.: (05 11) 762-4312  
Fax: (05 11) 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.: (05 11) 2 79 76-0  
Fax: (05 11) 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.: (05 11) 27 88-0  
Fax: (05 11) 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  
Internet: [www.digital-print.net](http://www.digital-print.net)

## Layout

demandcom dialogmarketing GmbH  
Stefan Krieger  
Baumarktstraße 10  
30823 Garbsen  
Internet: [www.demandcom.de](http://www.demandcom.de)

# Vorwort

*Liebe Leserinnen und Leser,*

die große Bedeutung des Automotive-Sektors in Deutschland lässt sich an zwei beeindruckenden Zahlen ablesen: statistisch gesehen hat jeder Haushalt 1,25 PKW und jeder 7. Arbeitnehmer ist in der Automobilindustrie beschäftigt. Diese Tatsache unterstreicht die Tragweite von aktuellen strukturellen Veränderungen in der Automobilindustrie: Verschärfung des Wettbewerbs auf den angestammten Märkten und Wettlauf um Marktanteile auf den wachsenden Märkten, z.B. in Asien. Ein noch nicht abgeschlossener Konzentrationsprozess hat die Zahl der Fahrzeughersteller auf 13 geschrumpft und die Zahl der Zulieferer auf unter 20% (1988-2003) reduziert. Der Markt jedoch wächst und die besten Chancen am Markt zu bestehen, und vom zukünftigen Wachstum zu profitieren, haben die Unternehmen, die Wachstumsfelder bei den Fahrzeugkomponenten besetzen und gleichzeitig höchste Produktivität anstreben.

Die Trends im F&E-Bereich der Unternehmen spiegeln diese Situation wider: Nach einer Untersuchung der KPMG wachsen jene Zulieferunternehmen am stärksten, die ihre F&E Projekte stringent durchführen und diese mittels Bewertungsmethoden, Kennzahlen und Projektsystematiken steuern. Ihre Strategie ist es, durch hohe Innovationsproduktivität die Profitabilität zu steigern. Allerdings nimmt die Anzahl der F&E-Projekte laufend zu, bei nur begrenzt wachsenden Entwicklungsressourcen. Trotz der Erhöhung der F&E Budgets seit 2000 um 22%, wird der Vorrat an Geld und Zeit für jedes Projekt kleiner. Die Unternehmen kompensieren dies, indem sie über externe Expertenkreise implizites Wissen erschließen und durch Kooperationen die hauseigenen Kernkompetenzen mit qualifizierten Partnern ergänzen.

Für eine Wirtschaftsentwicklungsgesellschaft wie hannoverimpuls stellt sich die Frage nach Ansatzpunkten, die Automotivebranche im Großraum Hannover als Cluster so zu entwickeln, dass sich Innovationsprozesse und daraus generierte Wachstumseffekte einstellen, die langfristig für Beschäftigung und wirtschaftliche Dynamik sorgen. Ein Cluster ergibt sich nicht automatisch durch die Ansammlung von Unternehmen einer Branche am Standort, sondern erst durch deren Verknüpfung zu einem Wertschöpfungssystem. Die Mitgliedsunternehmen verleihen dem Cluster durch ihre Innovationstätigkeit erst die Dynamik, die es braucht. Soweit die Theorie. In der Praxis zeigt sich, dass die jeweiligen Rahmenbedingungen und Unternehmensentscheidungen die Clusterbildung beeinflussen. Für die Clusterentwicklung bleibt jedoch die Aufgabe, die Innovationsprozesse zu gestalten und die Vernetzung hinsichtlich eines Wertschöpfungssystems zu stärken.

In Gesprächen taucht immer wieder die Kernfrage auf, wer die Impulse für neue Entwicklungen gibt. Optimalerweise ist es eher ein iterativer Prozess, bei dem autonome Entwicklungen der Wissenschaft an der Roadmap der Unternehmen widergespiegelt und Kundenanforderungen in die Forschung zurückgegeben werden.



**Martin Singelmann**

hannoverimpuls fördert diesen Austausch über Branchenforen, Projektmärkte und Gesprächskreise. Ein zentrales Instrument wird das gemeinsam mit dem Zentrum für Fahrzeugkomponenten und -systeme (ZFKS) in Gründung befindliche *Projektzentrum Automotive* sein. Es agiert operativ als Brücke zwischen den Unternehmen des Automotive-Clusters und den Forschungskapazitäten der Institute der Universität Hannover. Das Projektzentrum Automotive soll die Schnittstelle zwischen Industrie und Wissenschaft bereichern. An dieser Schnittstelle findet der oben genannte iterative Prozess zwischen Anregungen aus der Forschung und Impulsen des Marktes statt. Das Projektzentrum soll am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH angesiedelt werden und ab Mai 2005 seine Arbeit aufnehmen.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Singelmann', written over a white background.

Martin Singelmann

Projektleiter Automotive  
hannoverimpuls GmbH

# Mikrosensorik im Automobil

Der Wunsch nach Sicherheit und Komfort im Automobil, verbunden mit dem Zwang zur Senkung von Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemission hat für Mikrosysteme große Marktchancen eröffnet. Aber nicht nur im fertigen Automobil, sondern auch im Bereich der Automobilentwicklung gewinnt die Mikrotechnik ständig an Bedeutung.

Betrachtet man ein Automobil der Frühzeit, so stellt man fest, dass sich seine Grundfläche nicht wesentlich von der eines heutigen Fahrzeugs unterscheidet. Wenn überhaupt, wird der Bauraum im Automobil eher kleiner. Um neue Funktionen unterzubringen, bedingt dies nicht nur, dass neue Baugruppen möglichst klein sein müssen, sondern auch, dass so viele Baugruppen wie möglich miniaturisiert werden (Abb. 1). Dieser Zwang zur Miniaturisierung ist eine große Chance für die Mikrosystemtechnik, erlaubt doch nur sie, insbesondere im Bereich der Sensorik, zu kleinstmöglichen Baugruppen zu gelangen.

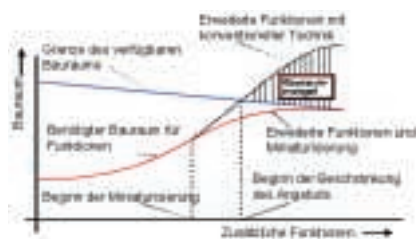


Abb. 1: Ein wachsender Bauraummangel im Automobil stellt die Entwickler zunehmend vor neue Herausforderungen. <sup>1)</sup>

## Verwendung von Sensoren im Automobil

In einem modernen Automobil kommen derzeit etwa 100 Sensoren und rund 40 Mikrosysteme zum Einsatz <sup>2)</sup>. Viele dieser Komponenten gehören bereits zur Standardausstattung in Fahrzeugen, andere sind den Fahrzeugen der Oberklasse vorbehalten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über Systeme, die im Bereich der Fahrzeugsicherheit mit Hilfe der Mikrosystemtechnik zum Einsatz kommen. Neben diesen Sensoren, die zur Sicherheit des Fahrzeugs beitragen, gibt es eine Vielzahl von Sensoren, die der Erhöhung des Reisekomforts dienen. Insbesondere im Bereich der Klimakontrolle, der Unterstützung von Navigationssystemen und der Diebstahlsicherung haben sich mi-

krotechnische Systeme etabliert. Darüber hinaus kommen im Versuchsfeld immer mehr Mikrokomponenten während der Fahrzeug- bzw. Motorentwicklung zum Einsatz.

Anwendung	Sensor
Airbag	Beschleunigungssensor Drucksensor (Seitenaufprall)
ESP und Lenkwinkel	Beschleunigungssensor Gierratensensor
ABS	Raddrehzahlsensor
Diebstahlsicherung	Neigungssensor
Gurtwächter	Beschleunigungssensor
Motorelektronik	Drucksensor
Niveauregulierung	Temperatursensor
Drehzahlmesser	Neigungssensor AMR-Sensor

Tabelle 1: Übersicht über Sensoren im Bereich der Fahrzeugsicherheit. <sup>3)</sup>

## Der Airbag-Sensor als Beispiel für Mikrosensortechnik im Automobil

Der Beschleunigungssensor für die Airbag-Auslösung war eines der ersten mikrotechnischen Bauteile, die im Automobil Verwendung fanden. Abbildung 2 zeigt das Grundprinzip eines Beschleunigungssensors. Eine seismische Masse ist hier mittels Biegebalken an einem Rahmen befestigt. Erfährt der Rahmen eine Beschleunigung, beispielsweise weil das Automobil auf ein Hindernis auffährt, so kommt es zu einer Auslenkung der seismischen Masse proportional zur Beschleunigung. Die Bestimmung der Größe der Beschleunigung erfolgt durch messtechnisches Erfassen der Auslenkung, beispielsweise mittels kapazitiven Sensoren (im Bild nicht gezeigt).

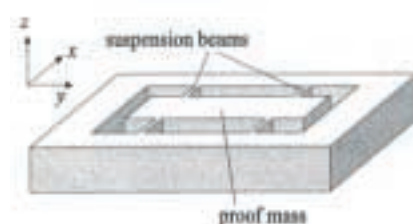


Abb. 2: Grundprinzip eines Beschleunigungssensors. <sup>4)</sup>

Abbildung 3a zeigt einen mikrotechnisch gefertigten Sensor mit vier Festkörpergelenken, einer seismischen Masse und interdigitalen Kondensatorstrukturen zur Messung der Auslenkung. Der Sensor ist monolithisch in ein Halbleiterbauteil integriert, welches die elektronische Ansteuerung des Sensors darstellt (Abb. 3b).

Mittlerweile hat sich der Prallschutz von Fahrer und Beifahrer zu einem kompletten Sicherheitssystem weiter entwickelt. Das zentrale Steuergerät, hier in Abbildung 4 dargestellt, beinhaltet in allen drei Raumrichtungen wirkende Beschleunigungssensoren, die auch erkennen können, ob ein Überrollvorgang vorliegt.

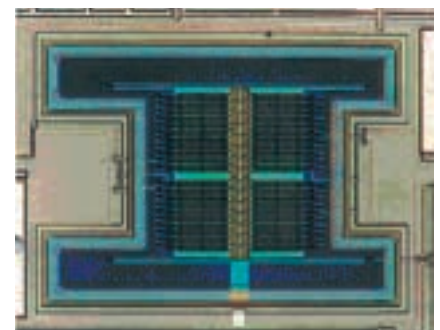


Abb. 3a: Monolithisch integrierter Airbagsensor: Sensorstruktur. <sup>5)</sup>

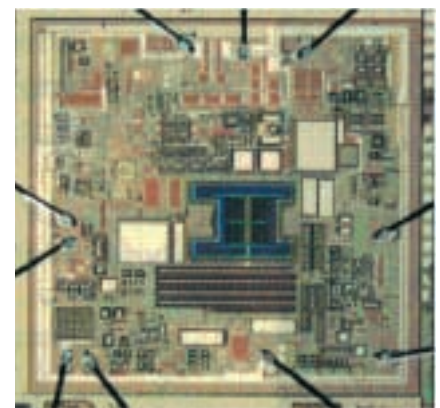


Abb. 3b: Monolithisch integrierter Airbagsensor: Kompletter Chip mit Sensorstruktur (Mitte) und Auswerteelektronik (Außen). <sup>5)</sup>

Fahrer und Beifahrer sind nicht nur durch Frontairbags, sondern auch durch Seitenairbags geschützt. Klassifizierungssensoren, Out-of-Position-Sensoren und Kindersitzsensoren sorgen für die richtige Aufblasenergie für die Prallschutzsäcke und verhindern eine Auslösung bei nicht besetzten Sitzen. Zusätzlich zum Beschleunigungssensor vorhandene Pre-crash- oder Up-Front-Sensoren sorgen für Sicherheit, indem sie bereits vor einem Aufprall Informationen über den Abstand zum Hindernis, die Relativgeschwindigkeit und die zu erwartende Aufprallart liefern. Eine Busarchitektur sorgt für die Kommunikation zwischen den einzelnen Baugruppen.



Abb. 4: Der Einsatz von Sensoren im Airbag-Sicherheitsystem ist sehr vielseitig. <sup>6)</sup>

### Einsatz von Mikrotechnik im Versuchsfeld

Aber die Mikrosystemtechnik findet nicht nur im fertigen Automobil, sondern auch im vorhergehenden Entwicklungsprozess Anwendung. Auch für den Anwendungsbereich des Versuchsfeldes ist die geringe Baugröße der Mikrosysteme von ausschlaggebender Bedeutung. Sie ist Voraussetzung dafür, dass Mikrosystemtechnik für die Instrumentierung von Baugruppen während der Erprobung in Bereichen zum Einsatz kommt, die sich dieser bisher entzogen hatten. Besonders vorteilhaft lässt sich Mikrotechnik einsetzen, wenn kleine Abstände zu messen sind. Aufgrund des bei Kraftfahrzeugen eingesetzten Stahls als Werkstoff bietet das Wirbelstromprinzip große Vorteile. Abbildung 5 zeigt einen am imt entwickelten Mikrowirbelstromsensor mit einer Größe von 0,7 mm x 0,4 mm. Mit diesem Demonstrator konnten Abstände von 1 µm bis 1.000 µm gemessen werden. Das Wirkprinzip ist magnetisch und als

solches sehr robust. Bei geeignetem Entwurf des Bauteils lässt es sich auch bei erhöhten Temperaturen anwenden. So entwickelte das imt in Kooperation mit dem Institut für Technische Verbrennung der Universität Hannover einen Mikrosensor zur Bestimmung des Abstands von den Kolbenringen zur Zylinderwand bei Dieselmotoren. Das genannte Beispiel zeigt das weite Anwendungsfeld des Sensorprinzips. Es können sowohl Messungen in Fluiden durchgeführt als auch hoch dynamische Prozesse erfasst werden.

Neben der Spaltmessung bieten magnetische Prinzipien ferner die Möglichkeit zur Längenmessung, zur Druckmessung und zur Dehnungsmessung. Abbildung 6 zeigt einen magnetoelastischen Mikrodehnungssensor, der sich durch besonders hohe Empfindlichkeit auszeichnet ( $k$ -Faktor  $> 1000$ ). Das Messprinzip basiert auf

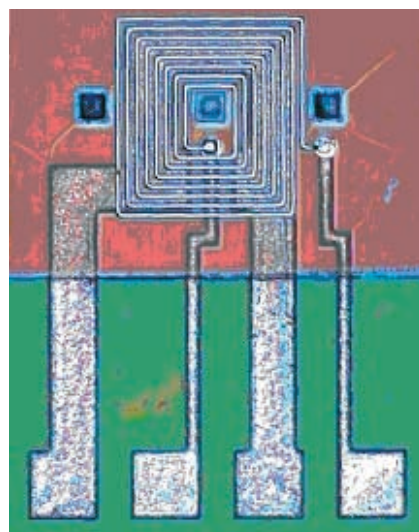


Abb. 5: Ein Mikrowirbelstromsensor misst kleinste Abstände. <sup>7)</sup>

der Dehnung eines magnetoelastischen Werkstoffs. Dadurch kommt es zu einer Änderung der magnetischen Schichtei-

### Ausblick

Der Einsatz im Automobil und in der Automobilentwicklung sind nur zwei der zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten für die Mikrosystemtechnik. Dabei hat sie den entscheidenden Vorteil, dass sie durchaus in der Lage ist, bei rasant steigenden Stückzahlen eine beträchtliche Kostenreduzierung zu ermöglichen. Dies ist insbesondere bei einem Produkt mit großem Absatzmarkt wie dem Automobil von ausschlaggebender Bedeutung.

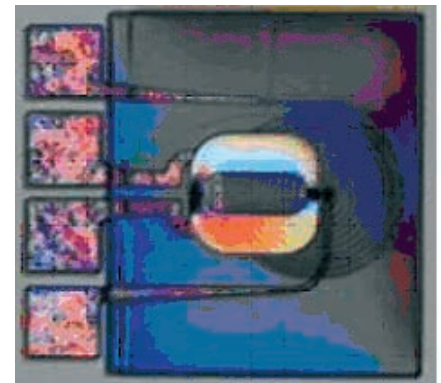


Abb. 6: Ein magnetoelastischer Mikrodehnungssensor. <sup>7)</sup>

Im Versuchsfeld gestattet die Miniaturisierung der Bauteile und das immer größer werdende Spektrum mikrotechnischer Sensoren, die Instrumentalisierung fahrzeugtechnischer Baugruppen während der Versuche wesentlich weiter zu treiben. So kann man an Komponenten wichtige Kenngrößen messen, die sich bisher der messtechnischen Erfassung entzogen haben. Dies ermöglicht eine wesentlich genauere Beschreibung des Bauteilverhaltens, was die Erstellung und Anpassung von Verhaltensmodellen für die Bauteilentwicklung erleichtert. Der beträchtlich erhöhte Wissensgewinn aus der Nutzung mikrotechnischer Sensoren in der Fahrzeugentwicklung bietet die Grundlage für eine deutliche Steigerung der Zuverlässigkeit des fertigen Produkts. Marc Christopher Wurz, imt

### Quellen:

- 1) Prof. C. Ehlers †
- 2) VDI – <http://www.vdivde-it.de/homepage/pressemitteilungen/texte/070.html>
- 3) mst-news
- 4) M. Elwenspoek
- 5) Analog Devices
- 6) Bosch
- 7) imt



# Zwölf Meter Schweißnaht in einer Minute

Bei der Fertigung von Karosseriebauteilen werden hohe Anforderungen an die Schweißverfahren gestellt. Sie müssen nicht nur eine hohe Qualität, sondern auch eine hohe Produktivität und Prozesssicherheit gewährleisten. Dabei gewinnt ein Fügeverfahren zunehmend an Bedeutung: das Elektronenstrahlschweißen an der Atmosphäre.

Das Elektronenstrahlschweißen an der Atmosphäre (Non Vacuum Electron Beam Welding, NVEBW) wurde bereits vor über 40 Jahren in Deutschland entwickelt, bislang jedoch hauptsächlich in der amerikanischen Automobilindustrie eingesetzt.

Seit einigen Jahren ist nun auch in ganz Europa ein zunehmender Nutzungsgrad des NVEBW zu verzeichnen. Das steigende Interesse an dieser Schweißtechnologie ist nicht nur auf die wirtschaftlichen Vorteile des Verfahrens gegenüber dem Lichtbogen- und Laserstrahlschweißen zurückzuführen. Auch der verstärkte Trend zu Leichtbaukonstruktionen mit dem Einsatz von höherfesten Stählen und Leichtmetallen ist eine Ursache für seine stark wachsende Bedeutung.

Das Haupteinsatzgebiet des NVEBW ist das Schweißen von Stahl- und Aluminiumblech mit Blechstärken zwischen 0,5 und 5 mm. Derzeit wird das Verfahren in Deutschland vornehmlich zur industriellen Serienproduktion von Aluminiumkarosseriebauteilen eingesetzt.

## Die Besonderheiten des NVEBW

Im Gegensatz zum weiter verbreiteten Vakuum-Elektronenstrahlschweißen hat das NVEBW den Vorteil, dass das Werkstück an Luft geschweißt werden kann. Durch den Wegfall zeitaufwendiger Evakuierungsschritte kann die Taktzeit der Produktion wesentlich verringert werden.

Die Erzeugung des Elektronenstrahls hingegen findet im Strahlgenerator im Hochvakuum statt. Eine Elektronenwolke wird hier stark fokussiert und durch eine Hochspannung auf  $\frac{2}{3}$  der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Die Auskopplung des Elektronenstrahls aus dem Hochvakuum an die Atmosphäre ist die Besonderheit dieses Verfahrens. Dies wird über ein Druckstufensystem realisiert. Beim Austritt des Strahls an die Atmosphäre kollidieren die Elektronen mit den Molekülen der Luft. Diese sogenannte Streuung bewirkt eine Aufweitung des Elektronenstrahls an der Atmosphäre. Der aufgeweitete Strahl sorgt so beim Schweißen für eine große Toleranz des Verfahrens gegenüber Spalten, Positio-



Das Prinzip des NVEBW: An der Atmosphäre kommt es zur Aufweitung des Elektronenstrahls.

nierfehlern und Ungenauigkeiten bei der Nahtvorbereitung.

## Vorteile des NVEBW

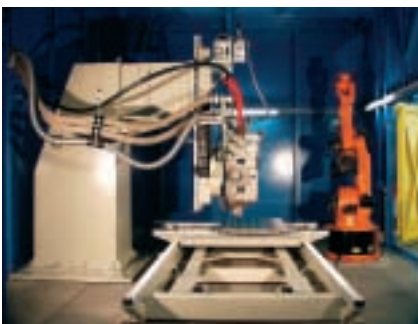
Das NVEBW bietet im Vergleich zu anderen Schweißverfahren folgende technologische und wirtschaftliche Vorteile:

- Sehr hohe Energiedichte des Elektronenstrahls auch an der Atmosphäre ( $10^5$ - $10^6$  W/cm<sup>2</sup>)

- Geringe Absorption des Elektronenstrahls im Schweißplasma, keine Reflexion des Elektronenstrahls an der Werkstückoberfläche
- Sehr hohe erreichbare Schweißgeschwindigkeiten (bei Stahlfeinblechen > 10 m/min, bei Aluminiumblechen > 15 m/min möglich)
- Hoher Gesamtwirkungsgrad einer NVEBW-Anlage von ca. 60%
- Gute Spaltüberbrückbarkeit und hohe Toleranz gegenüber Positionierungsgenauigkeiten, die aufgrund des aufgeweiteten Strahlprofils gewährleistet werden
- Kurze Taktzeiten durch den Wegfall der Evakuierungszeiten der Arbeitskammer im Vergleich zum Vakuum-Elektronenstrahlschweißen

### Anlagentechnik im industriellen Massstab

Am Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover (IW) ist derzeit eine NVEBW-Anlage in Betrieb. Die Anlage ist so konzipiert, dass Originalkomponenten, etwa aus dem Automobilbau, im Maßstab 1:1 geschweißt werden können. Auch komplexere dreidimensionale Schweißungen wurden in Industrieprojekten bereits mittels eines 6-Achsen-Industrieroboters verwirklicht, der die Bauteile in unterschiedliche Lagen bringt.



Die NVEBW-Anlage am IW ist sehr großzügig dimensioniert.

### Aus der Praxis: Schweißen von Aluminiumwerkstoffen

Bei der Volkswagen AG werden mit dem NVEBW derzeit Cockpitquerträger für den Golf V hergestellt. Hier werden zwei Halbschalen aus dem Aluminiumwerkstoff AlMg3 mit zwei Bördelnähten verschweißt. Die Schweißnaht überbrückt dabei Spalten von bis zu 0,5 mm, die Rundung gewährleistet den Schutz von elektrischen Leitungen, die im Cockpitbereich über das Bauteil geführt werden.

Die bei diesem Bauteil erreichte Schweißgeschwindigkeit beträgt durchschnittlich 12 Meter pro Minute. Das ist im Vergleich zum Laserstrahl- oder Lichtbogenschweißen drei- bis sechsmal schneller und damit wirtschaftlicher, wenn es um hohe Stückzahlen geht. Die vorher notwendigen Parameterstudien und das Verschweißen erster Prototypen erfolgten am IW. Sie bildeten die Grundlage dafür, die Technologie in die Praxis umzusetzen.



Beim Cockpit-Querträger des Golf V werden zwei Halbschalen mit Bördelnähten mittels NVEBW verschweißt. Im Querschliff durch die Schweißnaht ist die geforderte gute Rundung zu erkennen.

### Vorteile bei neuen höher- und höchstfesten Stahlwerkstoffen

In zunehmendem Maße werden im Feinblechbereich höher- und höchstfeste Stahlgüten eingesetzt. Die besonderen Eigenschaften dieser Stähle, gute Dehnungswerte und gutes Umformverhalten bei hohen Festigkeiten, beruhen auf speziell eingestellten Gefügen. Darüber hinaus werden sie aus Korrosionsschutzgründen fast ausschließlich oberflächenbeschichtet eingesetzt. Diese Werkstoffe werden industriell bisher häufig mit dem Laserstrahlschweißen zusammengefügt. Doch der Einsatz des NVEBW hätte hier große Vorteile: Einerseits erreicht das NVEBW hier höhere Schweißgeschwindigkeiten. Andererseits hat der aufgeweitete Elektronenstrahl gegenüber dem stark fokussierten Laserstrahl Vorteile, da er Spalten gut überbrückt und Positionierfehler toleriert.

Das IW fokussiert seine Untersuchungen auf das prozesssichere Fügen und modifiziert entsprechend die Anlagentechnik. Es ermittelt aber auch die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißnähte, die für eine Weiterverarbeitung in einem Umformprozess genauso wie für die spätere Praxistauglichkeit, zum Beispiel im Falle einer Crash-Belastung, immens wichtig sind. Hierbei wird mit Stahlherstellern und potenziellen Anwendern zusammengearbeitet.

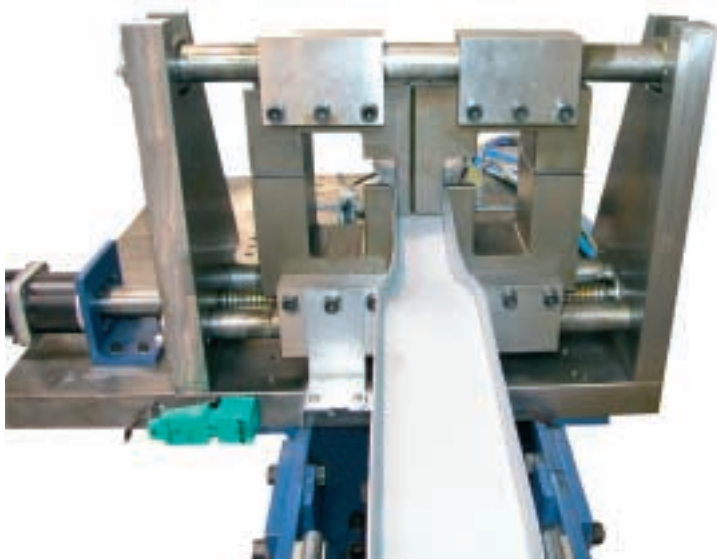
### Schweiß-Löten – ein Fügeverfahren für unterschiedliche Werkstoffe

Für Leichtbaukonzepte bietet der Einsatz von Hybridstrukturen, bei denen nicht artgleiche Werkstoffe zu „Tailored Hybrids“ gefügt werden, ein enormes technisches und wirtschaftliches Potenzial. Für diese Anwendungen sind besonders Kombinationen aus Aluminium und Stahl interessant. Das Fügen dieser Werkstoffkombinationen wird durch die Ausbildung spröder intermetallischer Phasen, durch schlechte Benetzungseigenschaften und durch unterschiedliche physikalische Eigenschaften der Werkstoffpartner erschwert. Hier lässt sich die Energiezufuhr mit dem NVEBW sehr präzise steuern, um haltbare Verbindungen in einer Art Kombination aus Schweißen und Löten zu erzeugen. Dabei wird das Aluminiumblech aufgeschmolzen, während der Stahlwerkstoff im festen Zustand verbleibt und nur die Oberfläche benetzt wird.

### Ausblick

Das NVEBW bietet als modernes Hochleistungsfügeverfahren technologische und wirtschaftliche Vorteile bei der Verarbeitung von Feinblechen für die Automobilindustrie. Diese resultierten bereits aus der industriellen Umsetzung zum Schweißen von Aluminium-Trägern. Es hat sich außerdem gezeigt, dass das NVEBW von höherfesten Stahlfeinblechen und Stahl-Aluminium-Hybridstrukturen für zukünftige Anwendungen ein großes Potenzial birgt.

Katharina Lau, Dr.-Ing. Ralf Verseemann, IW



# Leichter geht's nicht – Flexibles Profilieren von belastungsangepassten Trägerbauteilen

Um konsequent Leichtbaukonzepte durchzusetzen, ist die Automobilindustrie stets auf der Suche nach dafür geeigneten Verfahren. Dieser Anspruch begründet sich unter anderem durch stetig wachsende ökologische Anforderungen. Als eine bezahlbare Alternative bietet das Gleitziehbiegen hervorragende Voraussetzungen.

## Was ist Gleitziehbiegen?

Beim Gleitziehbiegen handelt es sich um ein Profilierverfahren, bei dem ein Blechzuschnitt mittels einer Zieheinrichtung durch formgebende Matrizen gezogen wird. So wird der Zuschnitt in die, durch die Matrizen vorgegebene Profilgeometrie umgeformt.

Bedingt durch die Forderung nach leichten und dabei hochbelastbaren Bauteilen in geringen Losgrößen (aufgrund einer immer größeren Formenvielfalt von Profilen) wurde das Verfahren Gleitziehbiegen zur Herstellung belastungsangepasster Profile weiterentwickelt. Profile mit einer lokalen Querschnittsänderung können durch eine Werkzeugverstellung während des Umformvorgangs hergestellt werden. Weiterhin ermöglicht die flexible Gleitziehbiegetechnologie die Herstellung von

Bauteilfamilien mit Hilfe eines Werkzeugsatzes.

Die Einsatzgebiete belastungsangepasster Profile erstrecken sich aufgrund der besonderen Eigenschaften vom konstruktiven Stahlbau über den Flugzeugbau, Schienenfahrzeug- bzw. Waggonbau bis hin zum Einsatz als Träger- und Seitenaufprallschutzelemente im Fahrzeugbau.

## Variabel ist flexibel und günstig

Das Ziehbiegen durch starre Matrizen ist seit längerem in der Produktionstechnik bekannt, wird aber wegen nicht vorhandener Erfahrungen bezüglich der Verfahrensrandbedingungen relativ selten angewendet. Aufgrund vielfältiger Möglichkeiten ist das Verfahren am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover (IFUM)

untersucht und weiterentwickelt worden. Das Gleitziehbiegen verfügt, verglichen mit dem Walzprofilieren, über ein großes Potenzial für die Prototypen-, Kleinserien- sowie Mittelserienproduktion. Dieses resultiert aus geringen Werkzeug- und Anlagenkosten sowie kurzen Umrüstzeiten.

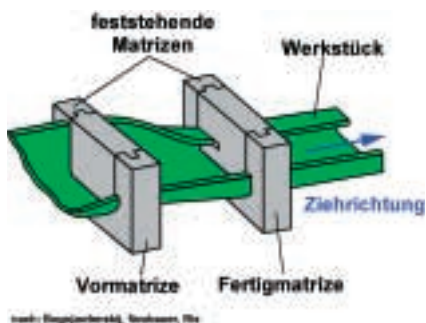
Die am IFUM vorhandene Anlage ist zur Herstellung von im Querschnitt variablen Profilen konzipiert. Während des Ziehvorgangs ist es so durch eine Verstellung der Matrizen möglich, das umgeformte Profil dem späteren Belastungsfall durch eine Geometrievariation anzupassen.

Durch eine Kombination von Werkstoff- sowie Form- und Konzeptleichtbau mit dem Verfahren des Gleitziehbiegens können völlig neue Anwendungsgebiete des Leichtbaus erschlossen werden. Es lassen sich auf kostengünstige Weise



Prototypen und Kleinserien herstellen, die entweder direkt als Bauteil einsetzbar sind oder Ausgangsteile für weitere Umformoperationen sein können.

Im Verlauf bisheriger Forschungsarbeiten zur Thematik Gleitziehbiegen wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Festkörpermechanik der Technischen Universität Dresden (IFKM) eine Optimierung der Ziehwerkzeuge erarbeitet. Durch FE-Simulationen und experimentelle Arbeiten konnte der Einfluss der Matrizengeometrie auf das Umformergebnis nachgewiesen werden. In weiterführenden Arbeiten wurde die vorhandene Anlagentechnik fortlaufend modifiziert und steu-



Beim Gleitziehbiegen wird ein Blechzuschnitt durch formgebende Matrizen gezogen. Durch Werkzeugverstellung während des Ziehens können belastungsangepasste Profile hergestellt werden.

rungstechnisch optimiert. Kernpunkt der Forschungsarbeiten stellt jedoch nach wie vor die Optimierung und Weiterentwicklung der Ziehmatrizen dar.

### Das Know-How steckt im Werkzeug

Bei der Entwicklung des Gleitziehbiegens kommt es darauf an, durch eine sinnvolle Gestaltung der Werkzeugkonturen eine effektive Umformung zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass der Werkstofffluss für das Gleitziehbiegen möglichst „frei“ zu gestalten ist. Es wird bei der Entwicklung und der Optimierung der Werkzeuge angestrebt, nur über einen möglichst geringen Bereich der Werkzeugaktivflächen von Stempel und Matrize einen allseitigen Ziehspalt zu erhalten. Der Ziehspalt definiert sich als der Abstand zwischen Matrize und Stempel des Werkzeugs. Dieser ist für die Endausformung der Werkstückkontur notwendig.

Die Geometrie der Werkzeuge wurde, basierend auf einer Grundgeometrie, iterativ optimiert. Diese Iterationen wurden mittels eines CAD-Systems durchgeführt. Da in vorhergehenden Untersuchungen gezeigt werden konnte, dass mittels

FE-Simulation eine sehr gute Abbildung des Verfahrens Gleitziehbiegen möglich ist, wurden die CAD-Variationen durch begleitende Simulationsrechnungen überprüft. Verschiedene Iterationsstadien wurden in der Praxis im Werkzeugsystem umgesetzt und mit experimentellen Versuchen verifiziert.

### Freiheit dem Blech!

Die Ausgangsmatrizengeometrie wurde in Anlehnung an das Verfahren Walzprofilieren entwickelt. Im Einlaufbereich wird das ebene Blech geführt und durch die Werkzeugkonturen, unter Beibehaltung eines über der gesamten Werkzeugaktivfläche gleichmäßigen Ziehspaltes, zum Endteil gleitziehgebogen. Bei experimentellen Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass diese Werkzeugform starke Randdehnungen im Zargenbereich des Profils verursachte. Enorme geometrische Abweichungen des Profils in Form von Längswölbung und Faltenbildung im Zargenbereich waren die Folge.

Eine optimierte Form der Werkzeuggeometrie stellt die reduzierte, abgeschrägte Matrize dar. Bei dieser Matrizengeometrie ist ein gleichmäßiger Ziehspalt mit einer Tiefe von ca. 10 mm im Zargen- und Bodenbereich vorhanden. Dadurch ist eine relativ kurze Kontaktzone und demzufolge auch eine geringe Reibung in der formgebenden Werkzeugkontur gegeben. Die Abschrägung der Innenteile der Matrize lässt eine sehr große Vorwölbung/Wannenbildung des Bleches vor dem Werkzeugeinlauf zu. Dies führt im Gegensatz zur Ausgangsmatrizengeometrie zu einer Verminderung der in das Blechmaterial eingebrachten Randdehnungen im Zargenbereich.

### Wer gut schmiert, der gut formt

Innerhalb der durchgeführten experimentellen Untersuchungen wurde schwerpunktmäßig der Einfluss verschiedener Schmiermittel auf das Umformergebnis betrachtet. Diese Betrachtungen erwiesen sich als sinnvoll, da es sich beim Gleitziehbiegen um ein stark reibungsbehaftetes Umformverfahren handelt.

Durch Experimente mit einer Aluminiumlegierung und Edelstahl konnten detaillierte Aussagen zum Reibverhalten getroffen werden. In Versuchen mit der Aluminiumlegierung wurde besonders in den hochbelasteten Radialbereichen der Matrize ein stark adhäsives Verhalten

(Kaltaufschweißungen) der Werkstoffpartner verzeichnet. Wie auch bei der Umformung der Aluminiumlegierung kam es bei Versuchen mit Edelstahl zu deutlichen „Stick-Slip-Effekten“ und somit zu einem starken Anstieg des Ziehkraftverlaufs während der Umformung. Der Einsatz von auf das Umformverfahren angepassten Schmierstoffen führte hier zu einem deutlich verbesserten Verfahrensablauf. Daran lässt sich klar die Bedeutung von speziell an Material und verfahrenstypische Belastungen angepassten Schmierstoffen erkennen.

### Der Blick in die Zukunft

Durch detaillierte Untersuchungen des Gleitziehbiegens wurden Grundlagen für die Werkstück- und Prozessauslegung anhand von gut umformbaren Werkstoffen dargestellt. Dabei bildete die Ermittlung der Verfahrensgrenzen und der optimalen Verfahrensbedingungen beim Gleitziehbiegen den Schwerpunkt.

Völlig neue Anwendungsgebiete für Kaltprofile beziehungsweise für das Gleitziehbiegen werden durch eine Weiterentwicklung des Verfahrens erschlossen. Durch variable Matrizen, die während des Ziehprozesses verstellbar sind, können



Belastungsangepasste Profile werden vielfältig im Automobilbau eingesetzt.

reproduzierbar belastungsangepasste Profile hergestellt werden, die unterschiedliche Querschnitte über der Profillänge aufweisen.

Stefan Mütze, IFUM



# Produktionsanläufe – Voraussicht ist besser als Nachsicht

Produktionsanläufe als Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Serienfertigung stellen Unternehmen vor große Herausforderungen. Eine vorausschauende Sicht des Projektmanagers kann dabei viele Probleme effizienter lösen, bedarf aber der Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Projektschritten.

Die Entwicklung der Märkte in den vergangenen Jahren setzt produzierende Unternehmen und insbesondere die Automobil- und Zulieferindustrie durch stetig verkürzte Produktlebenszyklen und eine gleichzeitig zunehmende Globalisierung unter starken Wettbewerbsdruck. Die Notwendigkeit, auf dem globalen Markt den einzelnen Regionen angepasste Produkte entwickeln und fertigen zu können, führt zu einer Zunahme der Produktionsanläufe, welche derzeit weder technologisch noch organisatorisch beherrschbar sind. Ein erfolgreicher Anlauf entscheidet jedoch in erheblichem Maße über Gewinn oder Verlust eines neuen Produkts und ist somit ein entscheidender Wettbewerbsfaktor geworden.

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover (IFA) erarbeitet im Forschungsverbund „Proaktive Anlaufsteuerung“ (ProactAS) in diesem Zusammenhang Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung des Projektmanagements bei der Anlaufplanung und -durchführung.

## Der Produktionsanlauf – Das unbekannte Wesen

In der Literatur hat sich für die Phase des Übergangs von Produktentwicklung zur Serienfertigung bisher keine einheitliche Definition durchgesetzt. Vielmehr wird der Anlauf unternehmens- oder womöglich projektspezifisch festgelegt, was die Vergleichbarkeit erschwert. Basierend auf Erfahrungen von Unternehmen und Erkenntnissen aus der Literatur wurde daher eine generelle Definition des Anlaufs mit den Phasen Inbetriebnahme und Hochlauf für das Projekt ProactAS erstellt.

Der Anlauf im Projekt ProactAS beginnt mit dem Aufbau der Anlage des Kunden unter Berücksichtigung etwaiger Auswirkungen vorheriger Phasen. Ferner wird zwischen der Inbetriebnahmephase,

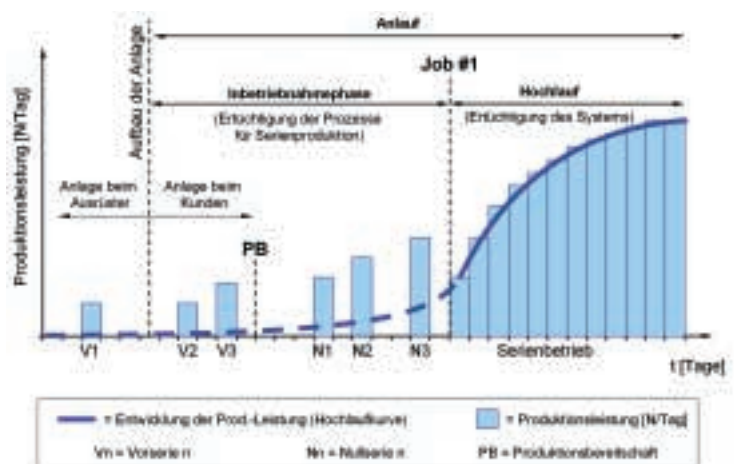


Abbildung der zeitlichen Abgrenzung der einzelnen Phasen eines Anlaufs.

bestehend aus Vor- und Nullserien, und der, ab dem ersten kundenfähigen Produkt (Job #1) startenden Hochlaufphase unterschieden. Der

Hochlauf gilt als beendet mit Erreichen eines unternehmensspezifischen Sollwertes, in der Regel der so genannten „Kammstückzahl“.

### **Bisherige Vorgehensweise: Reaktionen auf Probleme**

Produktionsanläufe werden bislang häufig nur bis zum Erreichen des ersten kundenfähigen Produkts strukturiert geplant. Im nachfolgenden Hochlauf wird lediglich auf auftretende Probleme reagiert. So verdeutlicht folgendes fiktives Beispiel die bisherigen Lösungsansätze und die damit einhergehende Auswirkung auf andere Schritte:

Ein produzierendes Unternehmen befindet sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Aufbau einer neuen Fertigungsanlage. Die Fertigstellung eines Bearbeitungssystems verzögert sich jedoch aufgrund terminlicher Probleme des Anlagenlieferanten. Um eine Verzögerung zu vermeiden, will die Projektleitung zusätzliche Mitarbeiter beim Aufbau einsetzen, welche sich derzeit in einer Schulung befinden.

Bei kurzfristiger Betrachtung ist das Unternehmen dadurch in der Lage, die durch den Lieferverzug ausgelöste Verzögerung zu minimieren. Aber welche Auswirkungen hat die Vernachlässigung der Schulung? Und inwiefern wurde dadurch das eigentliche Problem – der Lieferverzug des Anlagenherstellers – behoben?

Aktuell fehlt der Projektleitung eine Vorgehensweise, um eben diese weiterführenden Fragen beantworten zu können. Deshalb wird in der Realität die kurzfristige Lösung umgesetzt und auf daraus resultierenden Problemen erneut reagiert.

Im Hinblick auf die langfristigen Auswirkungen zeigt dieses einfache Beispiel das Potential von prognostizierenden Methoden und Werkzeugen bei der Entscheidungsfindung und -bewertung.

### **Ansatz der proaktiven Anlaufsteuerung**

Die proaktive Anlaufsteuerung versteht sich als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung für projektverantwortliche Personen. Sie basiert auf einem Wissensmanagement, das bewährte Reaktionen auf Probleme aus vorherigen Anläufen berücksichtigen kann. Da jedoch verschiedene Anläufe, selbst unternehmensintern, signifikante Unterschiede aufweisen können, ist eine Prognose der Auswirkun-

gen und somit eine Lösungsbewertung unumgänglich. Hierzu sollen Wechselwirkungsmodelle und Hochlaufsimulationen den Manager in die Lage versetzen, Auswirkungen auf andere Projektschritte abzuschätzen.



**Die verschiedenen Arbeitspakete zur  
Abbildung des Anlaufs.**

In Anlehnung an das fiktive Beispiel könnte der Planer unter Zuhilfenahme von ProactAS eine Auswirkung der verminderten Schulungsdauer der Mitarbeiter auf den Qualitätsverlauf, die Entwicklung der durchschnittlichen Reparaturdauer und die Taktzeit feststellen. Aus diesem Grund kann sich eine alternative Lösung zur Verminderung des zeitlichen Verzugs als sinnvoll erweisen, beispielsweise in Form von befristet eingestellten, externen Spezialisten. Unter Umständen kann auch der durch den Verzug entstehende, zusätzliche Zeitraum für andere Prozessschritte so verwendet werden, dass im Nachhinein der Gesamtverzug vermindert wird. Zum Beispiel könnte durch eine verlängerte Qualifizierung der Mitarbeiter die Taktzeit und die Reparaturdauer im folgenden Hochlauf reduziert werden.

### **Vom Erfassen der Wechselwirkungen bis zum Hochlauf**

Um einen Produktionsanlauf ganzheitlich zu erfassen, muss dieser hinreichend abgebildet werden. Umfangreiche Projekte wie Anläufe werden in der Regel unter Zuhilfenahme von Software-Werkzeugen wie Microsoft Project® geplant und strukturiert. Als Wechselwirkungen werden dabei allerdings stets nur terminliche Vorgänger-Nachfolgerbeziehungen abgebildet, welche zur Prognose von Entscheidungsauswirkungen nicht hinreichend sind. Im Projekt wurde daher ein Makro und eine Datenbank zur Abspeicherung der Wechselwirkungen und Anbindung an MS Project entwickelt, mit dessen Hilfe man bereits in der konzeptionellen Planungsphase in der Lage ist, Einflüsse auf Parameter wie Kosten, Qualität und Stückzahlen zu berücksichtigen. Die notwendige Anpassung des Werkzeugs an den konkreten Anwendungsfall ist zum derzeitigen Stand des Projekts über Ein-

gabemasken in der Datenbank möglich.

### **Prognose des Systemverhaltens nach SOP**

Die Wechselwirkungen nach Beginn des Hochlaufs unterscheiden sich signifikant von denen der Inbetriebnahmephase. So liegt der Fokus nach „Start of Production“ (SOP) auf dem Erreichen von Zielgrößen wie Taktzeit, Stückzahl, durchschnittlicher Reparaturdauer und Störabstand. Die Entwicklungen dieser Parameter decken sich dabei häufig in ihrem zeitlichen Verhalten mit der typischen Anlaufkurve. Hier setzt das Prognosesystem von ProactAS in Form von tabellenbasierten Prognosetools und um Hochlaufparameter erweiterte Materialflusssimulationen an.

### **Problem – Reaktion – Prognose**

Mit Hilfe der prognostizierten Verläufe sind Probleme für den Manager frühzeitig vorhersehbar. Um diese letztendlich zu lösen, werden Reaktionsstrategien und bewährte Lösungsansätze benötigt, welche dem Anwender über ein Wissensmanagementsystem zugänglich gemacht werden. Diese möglichen Lösungen können in einer weiteren Prognose bewertet und schließlich anhand der projektspezifischen Rahmenbedingungen ausgewählt werden. Dadurch ist der Manager in der Lage, zeitnah eine große Anzahl an Reaktionen mit deren Auswirkungen zu überprüfen und zu bewerten.

### **Fazit**

Gerade die Automobilindustrie und ihre Zulieferer stehen bei der Erstellung von ProactAS im Fokus des Projekts. Der Anlaufmanager wird in Zukunft ein umfangreiches Werkzeug erhalten, welches ihn sowohl bei der Findung als auch bei der Bewertung von Lösungen unterstützt. Dadurch wird er in der Lage sein, schnellere und bessere Entscheidungen im zeitlichen Verlauf zu treffen, was letztendlich die Gesamtdauer eines Anlaufs verringert und das Ergebnis verbessert.

**Patrick Großhennig, IFA**

Weitere Informationen unter:  
[www.proactas.de](http://www.proactas.de)



Kontinuierliches Wälzschleifen mit abrichtbarer Wälzschnecke.

## *Auf den Zahn gefühlt*

**Trotz der zunehmenden Verbreitung von stufenlosen Schaltgetrieben im Automobilbau gehört das Zahnrad als ein wichtiges Bauteil für die Leistungsübertragung noch lange nicht zum alten Eisen. Im Gegenteil: Die steigenden Anforderungen bedingen einschneidende Änderungen im Produktionsprozess.**

In nahezu allen Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen werden entweder Schalt- oder Automatikgetriebe eingesetzt, um die vom Motor abgegebene Leistung über die Räder auf die Straße zu übertragen. Sie sind notwendig, damit der Motor trotz unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeiten immer in einem für Drehmoment oder Kraftstoffverbrauch optimalen Drehzahlbereich arbeiten kann. Die hierfür erforderlichen Übersetzungen der Drehgeschwindigkeiten von An- und Abtriebswelle werden durch Zahnräder unterschiedlicher Zähnezahl realisiert. Als Verzahnungsform hat sich dabei das so genannte Evolventenprofil durchgesetzt.

### *Der Kunde ist König*

Die Automobilindustrie folgt dem Kundenwunsch nach mehr Leistung und Komfort. Für den Bereich des Fahrzeugantriebs führt dieses zur Entwicklung leistungsstarker Motoren mit hohem Drehmoment und geringer Geräuschemittlung. Von beiden Aspekten sind wiederum auch die Getriebe betroffen: Sie müssen einerseits die höheren Leistungen und Drehmomente übertragen, andererseits aber selber weniger Geräusche emittieren, da sie ansonsten die Motoren übertönen. Da die Kunden verstärkt Wert auf ökonomischen Betrieb ihrer Fahrzeu-

ge legen, sind die Automobilhersteller zudem bestrebt, durch Einsparungen in der Fahrzeugmasse die Massenzunahmen durch sicherheits- und komfortrelevante Komponenten wie Airbags, Klimaanlage etc. zu kompensieren und damit den Kraftstoffverbrauch möglichst zu minimieren. Auch Zahnräder werden also kleiner, ertragen höhere Belastungen und verursachen weniger Geräusche im Eingriff mit dem Gegenrad.

### *Die Qualität entscheidet*

Damit die Drehmomente überhaupt übertragen werden können, muss der

Werkstoff die entsprechenden Tragfähigkeiten aufweisen. Dafür werden üblicherweise Einsatzstähle verwendet, die im Zuge einer Wärmebehandlung in der Randzone gehärtet werden. Die Härte dieser oberflächennahen Schicht erhöht die Tragfähigkeit sowie den Widerstand gegen Verschleiß, der ungehärtete, zähe Kern dämpft stoßartige Belastungen, die ansonsten zu einem spontanen Versagen durch Gewaltbruch führen können. Das Evolventenprofil wird bereits vorher im „weichen“ Zustand durch Wälzfräsen oder Wälzstoßen erzeugt.

Für die Lebensdauer von Verzahnungen, insbesondere aber auch die Geräuscentwicklung zweier im Eingriff befindlicher Zahnräder, ist die geometrische Genauigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Die Verzahnungsqualität wird dabei im Wesentlichen nach vier Kriterien beurteilt: Die Abweichung des Profils von der idealen Evolvente, in radialer Richtung gemessen, die Flankenlinienabweichung quer dazu, der Rundlauf des Zahnrades und die Teilung, also den Abstand von Zahn zu Zahn.

In Abhängigkeit der Baugröße sind Qualitätsstufen für Toleranzbereiche definiert, die sich für typische Verzahnungen im Automobilbau im Bereich weniger Mikrometer befinden. Je besser die geforderte Qualität der Zahnräder, desto höher ist allerdings der Aufwand im Fertigungsprozess.

### **Die Fertigungstechnik ist gefragt**

Die bereits beschriebene Wärmebehandlung führt im Allgemeinen zu einer Verschlechterung der Verzahnungsqualität um ein bis zwei Stufen, da sich Härteverzüge durch ungleichmäßiges Abkühlen und daraus entstehende Eigenspannungen nicht vermeiden lassen. Die Weichbearbeitung müsste also entsprechend höhere Qualität liefern, was aus technologischer Sicht jedoch grenzwertig und nicht mehr wirtschaftlich ist. Die heutzutage erforderlichen Genauigkeiten für hoch- und mittelpreisige Fahrzeuge werden in Zukunft auch für Fahrzeuge im unteren Preissegment gelten. Sie können zunehmend nur noch durch die so genannte Hartfeinbearbeitung, in den meisten Fällen Verzahnungsschleifen, erreicht werden.

### **Viele Wege, ein Ziel**

Die Verfahren zum Verzahnungsschleifen können nach DIN 8589 nach verschiedenen Kriterien unterschieden werden. Im Hinblick auf die Eingriffskinetik sind kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren im Einsatz. Bei ersteren ist die Schleifscheibe ununterbrochen im Eingriff, alle Zähne werden gewissermaßen zeitlich parallel gefertigt. Bei den diskontinuierlichen Verfahren erfolgt die Fertigung der Zähne beziehungsweise Zahnücken nacheinander, d.h. nach Fertigstellung einer Lücke kommt das Schleifwerkzeug außer Eingriff, die nächste Lücke wird angefahren und der Prozess beginnt von neuem. Die dadurch entstehenden Nebenzeiten verlängern die Prozesszeit und führen so zu einer verringerten Wirtschaftlichkeit.

Ein weiteres Kriterium ist die Art und Weise, mit der die Zahnflankengeometrie erzeugt wird. Hier unterscheidet man zwischen den Profilschleifverfahren, bei denen die gewünschte Verzahnungsgeometrie durch Abbildung des Werkzeugprofils im Werkstück erzielt wird, und den Wälzschleifverfahren, bei denen die Sollgeometrie durch eine kinematische Koppelung von Werkzeug- und Werkstückbewegung entsteht.

Neben unterschiedlichen Geometrien variieren bei den Schleifwerkzeugen auch die Schleifstoffe und deren Bindungen. Die einfachsten und somit günstigsten Werkzeuge nutzen Schleifkörner aus Korund (Aluminiumoxid), die in einem keramischen Bindungssystem festgehalten sind. Soll allerdings das wesentlich härtere kubisch-kristalline Bornitrid (CBN) eingesetzt werden, so wird dieses meist nur einschichtig auf metallischen Grundkörpern durch Galvanisierung mit Nickel aufgebracht. Diese Werkzeuge sind wesentlich teurer, erreichen aber auch höhere Standzeiten. Aufgrund der besseren Wärmeleitfähigkeit von CBN im Vergleich zu Korund und dem ebenfalls gut leitenden Grundkörper kann mehr Prozesswärme aus der Kontaktzone abgeführt werden. Eine thermische Schädigung der Bauteile kann daher mit diesen Werkzeugen besser vermieden werden. In der Praxis spricht man deshalb häufig vom „kühlen Schliff“. Nachteil dieser CBN-Werkzeuge ist allerdings, dass sie bei Erreichen des Standzeitendes neu belegt werden müssen. Die Korundwerkzeuge hingegen werden durch das sogenannte Abrichten

so aufgearbeitet, dass sie wieder einsetzbar sind. Dabei können gegebenenfalls auch andere Profile in das Werkzeug eingebracht werden. Sie sind also flexibler einsetzbar als CBN-Scheiben mit vorgegebener Geometrie.

Verzahnungshersteller haben somit die Qual der Wahl. Verzahnungstyp, Baugröße und Stückzahl sind hier entscheidende Kriterien. Das Ziel jedoch ist immer das gleiche: Zahnräder entsprechend der geforderten Spezifikation zuverlässig und wirtschaftlich zu fertigen.

### **Verzahnungsschleifen am IFW**

Am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover (IFW) steht ein Verzahnungszentrum zur Verfügung, welches für alle oben genannten Schleifverfahren und Werkzeuge eingesetzt wird.

Auf dem Gebiet des Wälzschleifens nimmt das IFW dabei eine Sonderstellung ein; es ist deutschlandweit das einzige universitäre Institut, welches eine entsprechende Ausstattung aufweist – und auch nutzt. Darüber hinaus stehen, beginnend von der Metallographie über die röntgenographische Eigenspannungsmessungen und die Rasterelektronenmikroskopie bis hin zu geometrischen Vermessung mittels Koordinatenmessmaschine, vielfältige Analysemöglichkeiten zur Verfügung. Damit kann beispielsweise der Einfluss von keramisch gebundenen CBN-Werkzeugen, insbesondere Wälzschnecken, auf Schleifbearbeitung und -ergebnis, also Verzahnungsqualität und Randzonenbeeinflussung, untersucht werden. Diese Werkzeuge vereinen den Vorteil der höheren Standzeit mit der Abrichtbarkeit. Sie gelten aber gemeinhin als schwierig oder gar nicht abrichtbar. Ein besonderer Anreiz also für das IFW, diese These wissenschaftlich zu untersuchen – und zu widerlegen.

**Fausto Catoni, Frank Stimpel, IFW**



# *Land in Sicht! – Logistische Agilität bringt Zulieferer auf Kurs*

**Nachfrageschwankungen sind ein großes Problem für Automobilzulieferer. Wie stellt man sich am besten auf wechselnde Bestellungen ein? Durch große Lagerbestände? Oder durch flexible Kapazitäten? Eine gezielte Steuerung der logistischen Agilität ist eine zweckmäßige und kostengünstige Alternative.**

Zulieferunternehmen in der Automobilindustrie befinden sich häufig in schwerer See. Insbesondere Produktionsplanern und Disponenten weht der raue Wind in Form unzuverlässiger Kundenbestellungen ins Gesicht. Für Zulieferer ist aber das Halten des Kurses, das heißt die Erfüllung der Anforderungen des Kunden, überlebenswichtig.

Den Automobilherstellern per se einen bösen Willen zu unterstellen, wäre ungerrecht und auch etwas voreilig – immerhin dient das gegenwärtig verwendete System der Lieferabrufe mit aktuellen Bestellungen und einer Vorschau auf zukünftige Bedarfe theoretisch genau dazu, den Zulieferern eine sinnvolle Planung zu ermöglichen. In der Praxis schwanken die Vorhersagen der Lieferabrufe jedoch sehr stark, insbesondere kurz vor der geforderten Lieferung. Die langfristigen Prognosen erweisen sich hingegen als durchaus zuverlässig.

Die kurzfristigen Schwankungen haben vielfältige mögliche Ursachen wie beispielsweise den bereits in den Sechziger Jahren beschriebenen Peitscheneffekt oder das Wirken automatisierter Abrufsysteme. Sie verursachen auch vielfältige Probleme in der Produktion. Hierzu zählen fehlende Rohmaterialien oder Teile, Kapazitätsengpässe und die Notwendigkeit des Einsatzes von Eilaufträgen zur Termineinhaltung. Schlimmstenfalls besteht das Risiko von Konventionalstrafen und Sanktionen des Kunden, welche für mittelständische Zulieferer existenzbedrohend werden können.

## ***Zielgerichtet auf Schwankungen reagieren***

Wie kann sich ein Zulieferunternehmen am zweckmäßigsten auf das Agieren in diesem dynamischen Umfeld einstellen? Die „klassische“ Reaktion auf eine schwankende Nachfrage besteht in der

Entkoppelung von Produktion und Markt durch ein ausgedehntes Lager. Ein derartiges Lager bedeutet allerdings eine hohe Kapitalbindung und ist damit nicht in jedem Fall wirtschaftlich.

Eine andere Strategie ist die Flexibilisierung von Kapazitäten, die ebenfalls mitunter ein großes finanzielles Engagement erfordert.

Die strengen Anforderungen an den Preis, die in der Automobilindustrie herrschen, lassen keine eindeutige Festlegung auf eine der beiden Strategien zu. Das Ziel kann in der Regel weder eine reine Produktion auf Lager noch eine Flexibilisierung um jeden Preis sein, sondern der Aufbau einer logistischen Agilität, die der Komplexität der produzierten Artikel angemessen ist.

„Agilität“ bedeutet in diesem Zusammenhang die Fähigkeit eines Unterneh-

mens, durch personelle, organisatorische und technische Maßnahmen flexibel und schnell auf neue Situationen zu reagieren.

Eine gezielte Steuerung der Agilität setzt allerdings zunächst voraus, die vorhandene Agilität zu kennen und bewerten zu können. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover eine Methode entwickelt, um Nachfrageschwankungen und die realisierte logistische Agilität in der Automobilzulieferindustrie zu messen und darzustellen.

Der Begriff der logistischen Agilität wurde dabei konkreter als Fähigkeit der Produktion definiert, sich in Menge und Zeit an die Bestellungen des Kunden anzupassen. Da unterschiedliche Artikel und Kunden unterschiedliche Anforderungen an Produktion und Lieferung stellen, wird die logistische Agilität jeweils in Bezug auf einzelne Artikel gemessen.

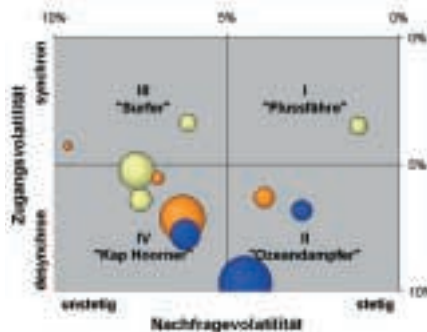
### **Drei Faktoren machen ein Unternehmen agil**

Die Agilität hängt von drei Faktoren ab. Zunächst ist die Schwankung der Bestellungen, die sogenannte Nachfragevolatilität, zentrale Grundlage der zu messenden Agilität. Natürlich ist es schwieriger, die Wünsche des Kunden zu erfüllen, wenn sich diese häufig ändern und sehr unregelmäßig sind. Hierbei handelt es sich jedoch um eine externe Größe, die der Zulieferer allein nicht beeinflussen kann.

Die zwei internen Größen, welche die logistische Agilität beeinflussen, sind zum einen der durchschnittliche Bestand, zum anderen die sogenannte Zugangsvolatilität. Diese Kennzahl drückt aus, wie sehr sich die letzte Produktionsstufe auf die Schwankungen der Nachfrage einstellen kann. In den beiden Kennzahlen spiegeln sich damit die oben skizzierten Strategien der ausgedehnten Lagerhaltung und der flexiblen Fertigung wider.

Die drei genannten Kenngrößen lassen sich gemeinsam in einem Portfolio darstellen (siehe Abbildung). Dabei werden die Volatilitäten auf den Achsen aufgetragen. Der Bestand wird durch die Größe der Kreise repräsentiert. Um keine Äpfel mit Birnen zu vergleichen, wird hierfür die relative Größe der mittleren Reichweite verwendet, das heißt die durchschnittliche Zeit, die allein mit dem Lagerbe-

stand ohne Produktionsabbruch weiter gefertigt werden kann. Eine absolute Kennzahl wie der Bestand wäre für den Vergleich von beispielsweise A-Teilen wie Motoren und C-Teilen wie Schrauben we-



Ein Beispielportfolio zeigt deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Artikeln.

nig sinnvoll.

### **Klare Sicht durch ein Portfolio**

Die im gefüllten Portfolio enthaltenen Artikel lassen sich anhand ihrer Eigenschaften einteilen. Je nach Schwankung der Nachfrage und der logistischen Leistungsfähigkeit, also je nach „Seegang“, ergeben sich vier unterschiedliche Sektoren, beziehungsweise Gruppen: „Flussfähren“, „Ozeandampfer“, „Surfer“ und „Kap Hoerner“.

„Flussfähren“ sind Artikel, die relativ stetig nachgefragt werden und deren Produktion der Nachfrage angepasst ist. Für ruhige Gewässer ist ihre Seetüchtigkeit absolut ausreichend, für den wilden Ozean oder eine Sturmflut unter Umständen nicht.

Auch „Ozeandampfer“ (wie Kreuzfahrtschiffe und dergleichen) vermeiden in der Regel schwierige, unruhige Gewässer. Im Vergleich zu Flussfähren sind sie weniger beweglich – ihre Produktion erfolgt nicht synchron zur Nachfrage. Durch ihre Masse können sie allerdings auch unvorhergesehenen Stürmen relativ gelassen entgegensehen. Sie halten ihren Kurs und ignorieren kleinere Unwetter. Ein typisches Beispiel hierfür sind Artikel, die in großen Losen gefertigt und auf Lager gelegt werden.

Die größte logistische Leistungsfähigkeit zeigen die „Surfer“. Bei diesen Artikeln gelingt es dem Unternehmen, sich einer stark schwankenden Nachfrage erfolgreich anzupassen. Hier bestehen die besten Voraussetzungen, um alle logis-

tischen Wünschen des Kunden erfüllen zu können. Ein Beispiel für „Surfer“ sind Produkte mit ausgeprägten saisonalen Schwankungen in der Nachfrage wie beispielsweise Cabrios.

„Kap Hoerner“ hingegen sind wie ihre Namensgeber, die Segelschiffe der Jahrhundertwende auf dem Weg nach Chile, in einer eher bedauernswerten Situation. Der Wind bläst stark aus verschiedenen Richtungen und das Schiff schwankt hin und her, ohne jedoch gezielt in die richtige Richtung zu steuern. Für Artikel in diesem Sektor ist die Gefahr von logistischen Problemen und Konventionalstrafen am größten.

### **Welcher Kurs ist der richtige?**

Allerdings lässt sich trotz alledem kein optimaler Sektor im Portfolio bestimmen. Eine fehlende Abstimmung zwischen Produktion und Nachfrage wie bei Ozeandampfern und Kap Hoernern kann auch Folge einer Fertigung in Losen sein, die entweder technisch erforderlich oder wirtschaftlich sinnvoll ist. Insofern kann jeder Sektor für bestimmte Produkte der geeignetste sein.

Eine allgemeingültige Handlungsempfehlung für alle Produkte unabhängig ihrer Eigenschaften kann also nicht ausgesprochen werden. Frei nach Friedrich Nietzsche lautet in diesem Zusammenhang die relevante Frage damit nicht „Messen und Bewerten – wovon?“, sondern vielmehr „Messen und Bewerten – wozu?“.

Die entwickelte Methode gibt kein Standardkonzept für jeden Artikel vor; sie hilft dem Planer aber dabei, die betrachteten Artikel einzuteilen und diejenigen zu identifizieren, die eine größere individuelle Aufmerksamkeit rechtfertigen. Außerdem lassen sich aus der Positionierung im Portfolio geeignete Maßnahmen zur Anpassung der logistischen Agilität ableiten. Mit einem relativ geringen Aufwand können so schnell richtige Schritte ergriffen werden, um ein großes Optimierungspotenzial auszuschöpfen.

Auch ein erfahrener Kapitän verändert nicht die ganze Takelage bei schwerer See. Gezielt gesetzte kleine Segel können bereits ausreichen, um das Schiff auf dem richtigen Kurs zu halten.

Arne Jacobsen, IPH



# Verbesserte Laserschweißnähte in der Automobilindustrie

**Auch wenn das Laserschweißen nicht mehr aus der industriellen Fertigung – insbesondere der Automobilproduktion – wegzudenken ist, ist das Verbesserungspotential noch nicht ausgeschöpft. Mit einem neuartigen Bearbeitungskopf ist es einfacher, Laserschweißnähte mit hoher Qualität zu produzieren.**

Die Automobilindustrie ist oft die treibende Kraft bei der Umsetzung neuer Fertigungstechnologien gewesen. Das gilt auch für Fügeverfahren wie das Laserstrahlschweißen, das für die Fertigung von Karosserien zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Der Laser zeichnet sich durch verfahrensspezifische Vorteile aus, wie zum Beispiel schlanke Schweißnähte, geringe Wärmeeinflusszonen, flexible Verbindungsmöglichkeiten und vergleichsweise hohe Prozessgeschwindigkeiten.

Schon in der Bauteilkonstruktion können die Gestaltungsmöglichkeiten des Lasers vorteilhaft genutzt werden. Beispielsweise sind reduzierte Flanschbreiten und die Verwendung belastungsgerechter Materialien und Blechdicken möglich. Durch die linienförmige Fügeverbindung und

die herausragenden Festigkeitseigenschaften von Laserschweißungen können signifikante Materialeinsparungen im konstruktiven Leichtbau erzielt werden.

Durch diese Gewichtseinsparungen kann der weltweiten Forderung nach Fahrzeugen mit sparsamerem Kraftstoffverbrauch Rechnung getragen werden. Gleichzeitig ermöglichen laserstrahlgeschweißte Karosserien eine hohe mechanische Steifigkeit, die zur Erhöhung der Fahrgastsicherheit beiträgt.

## ***Der Dampf muss raus!***

Für einen dauerhaften Korrosionsschutz von Automobilen wird der überwiegende Teil der Stahlkarosserien aus zinkbeschichteten Schalensegmenten zusammengesetzt. Gerade diese Zinkbeschichtungen stellen jedoch die Prozess-

sicherheit beim Laserstrahlschweißen im Karosseriebau bereits viele Jahre auf die Probe. Laserschweißungen werden fast ausschließlich im Überlappstoß von zwei bis drei Blechen ausgeführt. Das hat zur Folge, dass sich zwischen den zu fügenden Blechen eine Zinkschicht mindestens zweifacher Dicke befindet. Da Zink eine vergleichsweise geringe Verdampfungstemperatur gegenüber dem Stahl aufweist, kommt es im Bereich der Laserschweißung zu einer starken Zinkverdampfung. Eine kontrollierte und stabile Ausgasung zwischen den Blechen wird hierbei üblicherweise über ein definiertes Spaltmaß von 0,1 mm bis 0,2 mm realisiert.

In der Praxis führen jedoch bereits kleine Abweichungen von der optimalen Spaltgröße zu Prozessinstabilitäten, die wiederum zu Löchern, Nahtenfällen oder



Anbindungsfehlern bei Schweißnähten im Dach-, Tür- und Schwellerbereich führen. Der Fachmann spricht bei Anbindungsfehlern von so genannten „falschen Freunden“, da diese Fehlstellen durch eine visuelle, äußere Begutachtung nicht erkennbar sind, dem Betrachter somit den Anschein einer guten Schweißnaht vermitteln.

### Qualität erzeugen

Ziel eines Forschungsprojektes am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) ist es, die Qualität von Überlappschweißnähten für den Automobilbau durch die Überwachung und Regelung prozessrelevanter Parameter zu verbessern. Zielführend hierbei ist das Messen und Regeln des idealen Spaltmaßes weniger zehntel Millimeter von Blechen im Überlappstoß. Zu diesem Zweck sind verschiedene berührungslose und taktile Messverfahren am Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover (IW) entwickelt und erprobt worden. Mit dem gemessenen Spaltmaß wird die benötigte Kraft einer mitlaufenden Andruckrolle geregelt, die das optimale Spaltmaß von beispielsweise 0,2 mm zwischen den Blechen einstellt.



Ein Messfinger misst den Spalt, der mittels einer mitlaufenden Andruckrolle auf die richtige Größe eingeregelt wird.

### Qualität überwachen

Um den stetig steigenden Anforderungen an eine automatisierte Qualitätsprüfung und Dokumentation, insbesondere in der vollautomatisierten Fertigung, zu entsprechen, werden Prozessüberwachungssysteme benötigt. Beispielsweise entstehen, als Folge einer mangelnden Reinigung, durch Fett- und Ölverschmutzung der Karosserieteile, unruhige Prozessverläufe und Ablagerungen im Bereich der Schweißnaht. Weitere, zum Teil stark anhaftende Prozessemissionen, entstehen durch fehlerhafte Laserparameter beim Schweißen. Diese Anhaftun-

gen sind auf Oxidationserscheinungen von Eisen und Zink zurückzuführen und bedeuten einen erhöhten Reinigungsaufwand vor der Weiterbearbeitung, beispielsweise der Fahrzeuglackierung.

Den größten Einfluss auf die Bauteilqualität hat, wie eingangs erwähnt, die Einhaltung des notwendigen Spaltmaßes weniger zehntel Millimeter zwischen den Blechen. Um ein mögliches Versagen der System- und Regelungstechnik und damit fehlerhafte Schweißungen frühzeitig erkennen zu können, ist insbesondere die automatisierte Prozessüberwachung von zentraler Bedeutung. In der Praxis werden zur Prüfung aufwendige, mechanische Meißelprüfungen stichprobenartig durchgeführt.

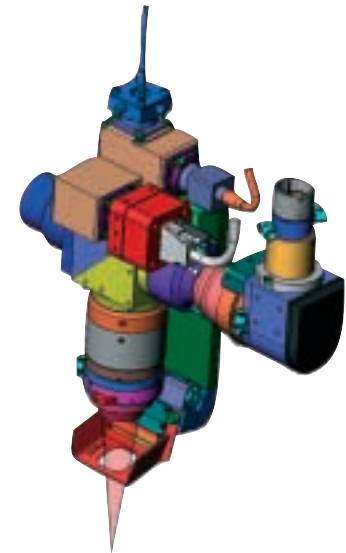
### Sensoren schaffen Abhilfe

Eine belastbare, automatisierte Erkennung des so genannten „falschen Freundes“ konnte lange Zeit nicht realisiert werden. Deshalb wurde am LZH ein neues Sensorsystem entwickelt. Das optische Prozessleuchten, welches direkt vom Laserschweißprozess ausgeht, wird hierbei untersucht, da es eine Fülle von Informationen über den Prozessverlauf und der resultierenden Bearbeitungsqualität enthält. Dabei macht sich das LZH klassische Messmethoden der Astronomie zu nutze, um Informationen aus der spektralen Zusammensetzung des emittierten Lichts von Laserprozessen zu erhalten. Mit Hilfe eines miniaturisierten Spektralanalysesystems wird dieses Prozessleuchten zeitlich- und spektral hochauflösend erfasst und über neu entwickelte Algorithmen ausgewertet.

Durch das entwickelte Spektralanalysesystem ist jetzt eine neue Lösung geschaffen, die im Versuchsbetrieb am LZH erfolgreich erprobt wurde. Ferner wird erstmals eine sichere Unterscheidung der verschiedenen Fehlerarten ermöglicht. Zukünftig wird dadurch in der industriellen Fertigung eine verbesserte Wartung und Behebung möglicher Fehlerursachen unterstützt.

Eine neue Mess- und Regelungstechnik wird sich jedoch nur dann erfolgreich in der Industrie durchsetzen, wenn neben wirtschaftlichen Aspekten eine einfache, störungsunempfindliche Integration in industrietaugliche Laserstrahlschweißköpfe möglich ist. Zu diesem Zweck wurde ein Laserbearbeitungskopf mit der Firma

Permanova Lasersystem AB entwickelt. Dieser Bearbeitungskopf besteht aus einzelnen Modulen, wie beispielsweise einer optischen Nahtverfolgung, einer Laserleistungsmessung, einer Schutzglasüberwachung sowie Schnittstellen für ein Kamera- und das Spektralanalysesystem. Diese Module können ähnlich eines Baukastenprinzips applikationsspezifisch zusammengestellt werden. So ist es möglich, die Qualität der Laserschweißnähte zu überwachen und letztendlich zu gewährleisten.



Das Prozessüberwachungssystem ist in den Laserschweißkopf voll integriert.

### Ausblick: Laserstrahlschweißen in der Automobilindustrie

Die Arbeiten und Entwicklungen am LZH zeigen, dass das Verbesserungspotenzial des Laserstrahlschweißens noch immer nicht voll ausgeschöpft ist. Die neuesten Entwicklungen leisten einen konsequenten Beitrag, um einerseits die Prozesssicherheit beim Laserstrahlschweißen beschichteter Metalle zu erhöhen und andererseits eine lückenlose Qualitätsüberwachung sicherzustellen. Die entwickelte Technologie wird im nächsten Schritt in der industriellen Serienfertigung von Automobilkarosserien eingesetzt und erprobt. Das Projekt wird mit Partnern der europäischen Automobilindustrie durchgeführt und im Rahmen des INLASMA-Projektes von der Europäischen Union unterstützt.

Tim Hesse, LZH

## Hochpräzise Bestückungsautomaten für das ITA

Seit Januar 2005 sind am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) ein Die-Sorter und ein Bestückungsautomat in Betrieb. Die beiden Maschinen erweitern die Forschungsmöglichkeiten im Bereich Aufbau- und Verbindungstechnik. Zusätzlich zur Chipmontage auf flexiblem Substrat und der Dispensiertechnik können nun auch Aufgabenstellungen auf starren Substraten realisiert werden.



Hochpräziser Bestückungsautomat zur Verarbeitung von SMD-Bauteile,  $\mu$ BGAs, Chips und speziellen Bauteilformen.

Bei dem Bestückungsautomat handelt es sich um den hochgenauen Bestü-

ckungsautomat MICRON 2 der Firma ESEC. Er ist mit zwei Bestückungsköpfen ausgestattet und kann unterschiedliche Bauteilformen verarbeiten. Aufgrund der sehr guten Ablagegenauigkeit von  $5\mu\text{m}$  können auch „Finepitch“ Aufgaben erfüllt werden. Mit dem Die-Sorter D9000 von der Firma Mühlbauer werden qualitativ „gute“ Chips vom Wafer in ein adhäsives Tape, das so genannte Surftape, sortiert. Die sortierten Chips können anschließend mit der MICRON 2 weiterverarbeitet werden.

Die vielseitigen Möglichkeiten dieser neuen Geräte ermöglichen die Prototypenerstellung auf starrem Substrat und den Einsatz in verschiedenen Forschungsbereichen. Das ITA bedankt sich an dieser Stelle recht herzlich bei der Firma Blaupunkt für die großzügige Spende.

### Kontakt, weitere Information:

Thomas Fahlbusch, ITA,  
Telefon (0511) 762-2513,  
thomas.fahlbusch@ita.uni-hannover.de

## 1. Praxisseminar Fabrikplanung in Hannover

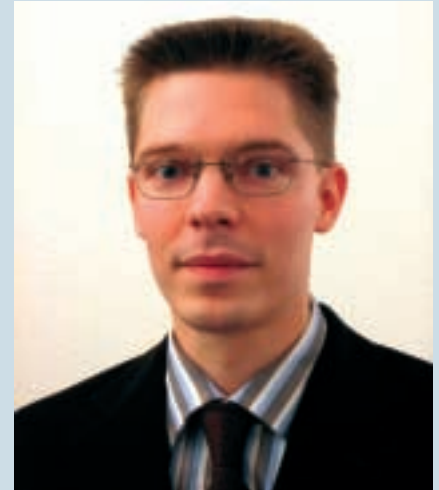
Am 29. und 30. Juni 2005 findet erstmalig das Praxisseminar Fabrikplanung im Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) statt.

In der gemeinsamen Veranstaltung vom Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) und vom IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH werden Planungsmethoden für die wirtschaftliche Fabrik der Zukunft vorgestellt und in Form von Workshops vertieft. Darüber hinaus werden zahlreiche Anwendungsbeispiele präsentiert. Die Teilnehmer bekommen so einen Einblick in die Thematik der Wandlungsfähigkeit von Fabriken

und haben die Möglichkeit gemeinsam mit Experten Erfahrungen auszutauschen und Praxisbeispiele zu beurteilen. Schwerpunkte des Seminars sind die kommunikationsorientierte Fabrik- und Layoutplanung sowie die Bewertungsmaßstäbe für die Wandlungsfähigkeit von Fabriken.

Professor Hans-Peter Wiendahl, geschäftsführender Gesellschafter des IPH, und Professor Peter Nyhuis, Institutsleiter des IFA, werden zum Thema vortragen und aus Ihrem reichen Erfahrungsschatz berichten.

## Neuer Abteilungsleiter am Laser Zentrum Hannover e.V.



Dipl.-Ing. Oliver Meier, neuer Abteilungsleiter am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH)

Neuer Leiter der Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) ist Dipl.-Ing. Oliver Meier. Er studierte Maschinenbau an der Universität Hannover mit den Schwerpunkten Werkstoff- und Fertigungstechnik. Meier kam 1997 als wissenschaftliche Hilfskraft zum LZH und bearbeitete ab September 2001 als wissenschaftlicher Mitarbeiter Aufgabenstellungen zum Laserstrahlschweißen hochfester Stähle. Meier war Assistent des Vorstands bevor er 2004 Leiter der Fachgruppe Fügetechnik wurde. Sein Vorgänger Dr.-Ing. Jens Bunte wechselte zum 01.01.2005 zur Audi AG in Neckarsulm.

Die Veranstaltung richtet sich vor allem an Fabrikplaner und Führungskräfte, die sich mit dem Thema zukunftsrobuster Fabriken auseinandersetzen.

Interessierte können sich telefonisch bei Frederik Löllmann im IPH unter 0511 -27976 -445 oder per E-Mail unter loellmann@iph-hannover.de anmelden oder die Internetseite [www.praxisseminar-fabrikplanung.de](http://www.praxisseminar-fabrikplanung.de) besuchen. Anmeldeschluss ist der 10. Juni 2005.

## Mehr Mobilität im Produktionsmanagement

Die zunehmend komplexen Abläufe in der Fertigung mittelständischer Unternehmen werden für die Produktionsplanung und -steuerung immer unübersichtlicher. In dem Verbundprojekt mit dem Kurztitel „Mobile Kommunikation der Telematik in der Produktion“ (MobiTeP) wird ein Informationssystem entwickelt, das für mehr Transparenz und Flexibilität sorgt.

Im Verbundprojekt „Mobile Kommunikationswerkzeuge der Telematik zur logistischen Analyse und kurzfristigen Produktionsplanung für mittelständische Fertiger variantenreicher Produkte in Niedersachsen“ haben sich vier niedersächsische mittelständische Unternehmen mit dem Ziel zusammengeschlossen, ein neues System zu entwickeln, das den gestiegenen Anforderungen im Produktionsmanagement gerecht wird.

Das Informationssystem basiert auf einer Kombination und Weiterentwicklung von mobiler Hardware und einer Software zum Monitoring und zur Steuerung der Produktion. Mit dem zu entwickelnden Werkzeug werden KMU bei der Analyse von Engpässen und im Rahmen von kurzfristigen Änderungen im Produktionsplan sowie bei der nachfolgenden Umplanung unterstützt. Ein großer Vorteil dieses Systems ist dabei der direkte Einsatz am Arbeitsplatz. Maschinen, Aufträge und

Personen sollen automatisch identifiziert werden und die Darstellung der Informationen wird entsprechend angepasst. Somit kann die aktuelle Situation vor Ort beurteilt und die entsprechenden Umplanungsmaßnahmen zur Verbesserung direkt am Arbeitsplatz des Mitarbeiters vorgenommen werden. Die Verwendung von ausgedruckten Listen oder unübersichtlichen Plantafeln gehört damit der Vergangenheit an.

Das beschriebene Projekt wird vom Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr sowie von der Europäischen Union im Rahmen der Telematik-Initiative gefördert und läuft bis zum 31. Oktober 2006. Das Projekt-Konsortium setzt sich zusammen aus der Höft und Wessel AG, der Firma Heinrich Graff Norddeutsche Werkzeugfabrik aus Hannover sowie der Firma LMB Kunststofftechnik aus Leer. Konsortialführer ist die Firma GTT – Gesellschaft für Technologie Transfer mbH aus Hannover. Als Forschungs- und Entwicklungspartner ist das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH beteiligt.

### Kontakt:

IPH, Sven Voges, unter voges@iph-hannover.de oder Telefon (0511) 2 79 76-222.



## Auf dem Weg zum schmerzfreien Zahnarztbesuch

Der so genannte Femtosekundenlaser (fs-Laser) ist für die minimalinvasive Karies-therapie prädestiniert, weil er „kalt“ und dadurch schmerzfrei bohrt. Im Rahmen eines neuen Forschungsprojekts hat das LZH neben der Entwicklung eines solchen fs-Lasers die Aufgabe, sicherheitstechnischen Aspekten der fs-Laserbehandlung nachzugehen.

Mit den Projektpartnern werden zuerst sicherheitstechnische Einrichtungen wie lokale Abschirmungen, Schutzvorhänge oder Schutzbrillen untersucht. Zweitens werden die bei der Kariesbehandlung entstehenden Emissionen auf mögliche Gefährdungen sowie die Erfordernisse an Absaug- und Abluftsysteme untersucht. Drittens ist zu klären, ob bei der Zahnbehandlung ionisierende Strahlung entsteht, und wenn ja, in welcher Dosis.

In dem vom BMBF unterstützten Projekt (Laufzeit bis Herbst 2007) werden Daten für die Sicherheitsbeurteilung und die Auslegung von Schutzmaßnahmen gesammelt. Daraus wird ein Informations- und Schulungsmodul für den sicheren Umgang mit dem fs-Laser erarbeitet.



## 2. Branchenforum Automotive am 12. Mai im IPH

Neue Technologieansätze frühzeitig erkennen, spezialisierte Dienstleister kennen lernen oder Partnerschaften für neue Vorhaben schließen - unter diesem Motto stand das 1. Branchenforum Automotive, das im Januar 2005 im PZH stattfand. Initiiert durch die hannoverimpuls GmbH wurde hier neben interessanten Fachvorträgen die Möglichkeit gegeben, erste Kontakte mit potenziellen Partnern aus Industrie und Forschung zu knüpfen.

Am 12. Mai findet die Folgeveranstaltung des Branchenforums Automotive unter dem Thema Produktivitätssteigerung statt – diesmal in den Räumen des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH. Wieder eine gute Gelegenheit sich mit Fachleuten aus der wissenschaftlichen Forschung und den Unternehmen auszutauschen und neue Kontakte zu schließen.

Eingeladen sind alle interessierten Unternehmen der Automotivebranche, Forschungseinrichtungen und Branchenexperten, die sich über Trends und Möglichkeiten der Zusammenarbeit informieren möchten. Nähere Informationen im Internet unter [www.hannoverimpuls.de](http://www.hannoverimpuls.de) oder über Martin Singelmann, Telefon: (0511) 300333-42, [martin.singelmann@hannoverimpuls.de](mailto:martin.singelmann@hannoverimpuls.de).

# Vorschau

Die nächste Ausgabe der *phi* erscheint im Juli 2005



## Kommunikation in der Produktion

Gurtförderer wissen wo es lang geht!

Wer gehört zu mir? – Ähnlichkeitbasierte Schriedeprozessplanung

MobiTep macht die Arbeit mobil

Erfahrungsbericht:  
Mit der Kurt-Alten-Stiftung in die USA

Kommunikationsfördernde Fabriken

Körperschall zur Prozesskontrolle

Drahtlos an den Sensor

## Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover

**IFA**

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover

**IFW**

Institut für Mikrotechnologie der Universität Hannover

**imt**

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover

**ITA**

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**