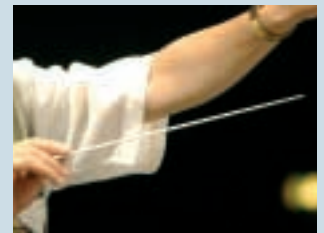


φ phi

Produktionstechnik Hannover informiert



Foto Elke Bollmeyer



*Modularität gibt
den Ton an*



*Wandlungsfähigkeit
ohne Turbulenzen*



*Lebensdauererhöhung
durch Anpassung*

Modularisierung von Produkten und Prozessen

inhalt

- 3 **Vorwort**
- 4 **Von Lego lernen**
- 6 **Modularität gibt den Ton an**
- 8 **Wandlungsfähigkeit ohne Turbulenzen**
- 10 **Lebensdauererhöhung durch Anpassung**
- 12 **Mit weniger Aufwand zu fertigen Teil**
- 14 **Qualitätsmängeln die Zähne zeigen**
- 16 **Sicher ist sicher**
- 18 **Magazin**
- 20 **Vorschau**

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

Redaktion
Mario Leupold (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
Internet: www.phi-hannover.de

Beteiligte Institute
Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans-Peter Wiendahl
Callinstr. 36
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2440
Fax: (05 11) 762-3814
E-Mail: ifa@ifa.uni-hannover.de
Internet: www.ifa.uni-hannover.de

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena
Schlosswender Str. 5
30159 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2533
Fax: (05 11) 762-5115
E-Mail: ifw@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.ifw.uni-hannover.de

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2264
Fax: (05 11) 762-3007
E-Mail: ifum@ifum.uni-hannover.de
Internet: www.ifum.uni-hannover.de

Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach
Appelstr. 11A
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-4312
Fax: (05 11) 762-5245
E-Mail: info@iw.uni-hannover.de
Internet: www.iw.uni-hannover.de



Software-Module ermöglichen es, die Geschwindigkeit der Bauteilkonstruktion zu erhöhen.



Für die zerstörungsfreie Inline-Bauteilprüfung werden Prüfmodule eingesetzt.



Lasersicherheit besteht aus vielen Bausteinen.

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
Internet: 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
Internet: 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

vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

die Automobilindustrie bleibt – allen konjunkturellen Entwicklungen zum Trotz – weiter eine der wesentlichen Säulen der Wirtschaftskraft Deutschlands. Sie ist nicht nur ein Garant für Arbeitsplätze, sondern vor allem auch ein Motor für Innovationen. Daran beteiligt sind nicht nur die Automobilhersteller selbst. Vielmehr hat sich eine stark vernetzte Struktur von Zulieferunternehmen und Dienstleistern herausgebildet.

Die Entwicklung hat zu einer Veränderung der Struktur des Produktes Automobil geführt. Es dominieren heute so genannte Module wie beispielsweise Cockpit, Front- und Rear-End. Diese werden in einer hohen Komplexität komplett von Zulieferern hergestellt und zumeist in eigener Verantwortung „just in time“ angeliefert. Dies hat einen erheblichen Einfluss auf die strukturelle Entwicklung der Automobilwerke. War in der Vergangenheit eine eher konservative Anlieferung und Lagerhaltung vorzufinden, ist heute eine Ansiedlung der Zulieferer in unmittelbarer Nähe des eigentlichen Automobilproduzenten unverzichtbar.

Der Aufbau derartiger Standorte stellt für die oft mittelständischen Unternehmen eine große Herausforderung dar. Unabhängig von der Größe des neuen Produktionsstandortes muss eine minimale Infrastruktur geschaffen werden. Neben einer geeigneten Immobilie gehören hierzu zum Beispiel entsprechende Sozialeinrichtungen für die Mitarbeiter. Als Konsequenz entstehen vor den Toren der Automobilwerke so genannte Lieferantenparks, die durch die Bündelung der beschriebenen Bedürfnisse insbesondere kleineren Firmen den Aufbau eines derartigen Satellitenstandortes überhaupt erst ermöglichen. Oft stellt ein unabhängiger Betreiber bedarfsgerecht Flächen, Sozialeinrichtungen und vor allem auch die logistische Anbindung zum Automobilhersteller für die Lieferanten bereit.

Auch am Standort Hannover ist ein solcher Lieferantenpark im Zuge der Vorbereitungen auf das neue Produkt „T5“ entstanden. Insbesondere an „gewachsenen“ Standorten wie Hannover ist eine Erweiterung schwierig, da kaum noch freie Flächen verfügbar sind. Durch die Errichtung neuer Hallen in Kooperation mit einem Logistikdienstleister und deren direkte Anbindung über eine Verbindungsbrücke an die Produktion von Volkswagen Nutzfahrzeuge konnte diese Herausforderung gemeistert werden. Neben der Reduzierung des Lkw-Verkehrs wurde so die Ansiedlung von Zulieferern zeitkritischer „just in time“-Module und damit die Schaffung neuer Arbeitsplätze in Hannover erreicht. Dies ist einer der wesentlichen Beiträge der Industrie zum groß angelegten „Hannover Projekt“.

Mit Blick auf die ebenfalls am Standort Hannover geplante Produktion des Microbus ist dieser Wachstumsprozess noch längst nicht abgeschlossen.

Bernd Wiedemann

Sprecher des Markenvorstandes
von Volkswagen Nutzfahrzeuge



Foto Elke Böllmeyer

Von Lego lernen

Seit der Däne Ole Kirk Christiansen die ersten genoppten Spielsteine aus Kunststoff herstellte, bekommen Kindern glänzende Augen beim Anblick der Plastiksteine, die als LEGO weltbekannt wurden. Doch wer konnte ahnen, dass auch Ingenieure Gefallen an diesem Paradebeispiel für Modularisierung finden würden?

Im Jahr 1949 purzelten in einer kleinen Werkstatt im dänischen Billund die ersten „sich automatisch miteinander verbindenden Spielsteine“ aus der neuen Kunststoff-Spritzgussmaschine des Tischlermeisters Ole Kirk Christiansen. Von dort traten sie einen triumphalen Siegeszug durch die Kinderzimmer überall auf der Welt an. Doch ganz nebenbei eroberte sich das bunte Plastikspielzeug auch die Labore und Herzen der Ingenieure. Selbst bei der NASA wird schon mal zu LEGO gegriffen, um eine Idee schnell in ein plastisches Modell umzusetzen.

Heute Auto, morgen Unterseeboot

LEGO dient heute in den verschiedensten Bereichen der Technik als Vorbild für eine gelungene Modularisierung. Das genial einfache Prinzip der genoppten Spielsteine bietet unendlich viele Möglichkeiten der Kombination. Findige Köpfe haben ermittelt, dass sich beispielsweise drei Acht-Knopf-Steine auf 1.060 ver-

schiedene Arten zusammenstecken lassen. Aus den gleichen Kunststoffsteinen



Foto LEGO

Modularisierung par excellence: LEGO-Bausteine lassen sich immer wieder zu neuen Produkten kombinieren.

entstehen Häuser, Autos, Fluggeräte, Roboter, Märchenschlösser, Unterseeboote und später, wenn die Steine für neue Abenteuer gebraucht werden, wieder ein großer Haufen Kunststoffquader.

Szenenwechsel vom Kinderzimmer in die Automobilindustrie. Bei der Modularisierung ihrer Produkte nimmt die Kfz-Branche – wie so oft – eine Spitzenposition ein. Seit Jahren wird eine konsequente Untergliederung der Fahrzeuge in Module verfolgt. Die Modularisierung bringt den Autoherstellern erhebliche Vorteile. Umfangreiche Baugruppen können von Systemlieferanten produziert werden, die diese Module zeitpunktgenau am Montageband zur Verfügung stellen und so einen Großteil des logistischen Risikos übernehmen. Gleichzeitig kann in der Endmontage die Prozesskette erheblich gestrafft werden.

Plattformkonzepte, bei denen ein Basismodul rund um das Chassis mit jeweils unterschiedlichen Modulen für

Karosserie, Ausstattung und Antriebssystem kombiniert werden, reduzieren den Aufwand der PKW-Hersteller weiter. Um eine Vielzahl von Fahrzeugen für die unterschiedlichsten Ansprüche und Portmonees anzubieten, lassen sich auf den Basis-Modulen immer neue Varianten aufbauen. Aus der klassischen Limousine wird so der sportive Geländewagen oder der belastbare Kleintransporter. In Zeiten sich stark ausdifferenzierender Marktsegmente und individueller Kundenbedarfe ein klarer Wettbewerbsvorteil.

Module mit dem Plus an Funktion

Auch im Maschinen- und Anlagenbau hilft eine Modularisierung der Produkte dabei, die mit einer variantenreichen Fertigung verbundenen Aufwände gering zu halten, da wesentliche Teile der Produkte kundenanonym vorgefertigt werden können und nur noch die Montage kundenindividuell erfolgt.

„Bei dieser Vorgehensweise kann es vorkommen, dass das vorgefertigte Modul Funktionen ermöglicht, die vom einzelnen Kunden gar nicht gebraucht werden. Das nehmen die Unternehmen dabei bewusst in Kauf“, weiß Jan Petzold vom IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover, der beispielsweise Werkzeug- und Formenbauer bei der Modularisierung ihrer Produkte berät. „Durch größere Lose bei der Vorfertigung der Module kann wesentlich effizienter produziert werden. Außerdem reduziert sich der Aufwand bei der Kalkulation und Entwicklung des Werkzeugs ganz erheblich.“ Von diesen Vorteilen profitieren Hersteller und Kunde gleichermaßen, da sich auch bei günstigen Preisen noch angemessene Erträge erzielen lassen.

Passgenau auch bei vielen Varianten

Jedes Teil passt zu jedem anderen – bei LEGO Steinen ist dieses Ideal der Modularisierung Programm geworden. Bei komplexen technischen Systemen ist jedoch die Gestaltung der Schnittstellen weitaus schwieriger als bei den bunten Plastiksteinen, bei denen die 1958 patentierte Kombination aus Noppen, Röhren und Stegen eine simple und sichere Verbindung bietet.

Denn bei hochwertigen Produkten erhöhen technische Restriktionen die Komplexität bei der Zusammenstellung der Module. Mit softwaregestützten Produktkonfiguratoren wird es möglich, diese Komplexität zu beherrschen. In den Systemen lassen sich beispielsweise

zwingende Kombinationen von Modulen genauso hinterlegen wie Regeln für die Reduktion von Alternativen, wenn ein der Module im Entscheidungsprozess ausscheidet.

Henne und Ei: Prozesse werden modular

Als LEGO 1998 mit der Serie Mindstorms auf den Markt kam, zeigte sich wieder einmal die Affinität von Spielzeughersteller und Ingenieuren. Das LEGO der neuen Generation wurde in Zusammenarbeit mit dem legendären Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt und bot die Möglichkeit, aus LEGO gebaute Modelle durch PC-Software zu steuern.

Bei der Umsetzung der Mindstorm-Software war das Team MIT/LEGO genial konsequent. Wie bei dem klassischen



Produktion mit K(n)öpfchen: Selbst die Anatomie der LEGO-Männchen basiert auf dem patentierten Druckknopf.

LEGO lassen sich auch in der Steuerungssoftware Bausteine einfach miteinander zu komplexen Abläufen verbinden. Eine Idee übrigens, bei der möglicherweise LEGO das „Ei“ und die Ingenieurkunst die „Henne“ war. Immerhin ist die Modularisierung von Prozessen in der Produktion schon seit einiger Zeit ein Kernthema im Rahmen der Geschäftsprozessoptimierung. Da sich die Aufgabenstellungen in der Produktion durch kurze Produktlebenszyklen oft ändern, müssen sich auch die Prozesse schnell und flexibel anpassen lassen. Bei einer Reorganisation können standardisierte Prozessmodule sowohl die Geschwindigkeit als auch die Qualität der Geschäftsprozessgestaltung deutlich erhöhen, gerade, wenn die Auswahl und Kombination der erforderlichen Teilprozesse softwaregestützt erfolgt.

Modularität ohne Grenzen?

Wenn sich nicht nur Produkte, Einzelaggregate und Prozesse, sondern gesamte Produktionssysteme modular gestalten lassen, rückt die Wandlungsfähige Fabrik in greifbare Nähe. Denn Fabrikmodule,

die sich flexibel und aufwandsarm kombinieren lassen, sind eine wichtige Voraussetzung, um die Produktion sich ändernden Anforderungen und Randbedingungen anzupassen. In der Praxis der Neu- und Umplanung von Fabriken stellen häufig schon die Gebäude eine enorme Einschränkung der Wandelbarkeit dar. Weitere Restriktionen ergeben sich durch Technologien, bei denen voluminöse Anlagen mit massiven Fundamenten für eine hohe Immobilität sorgen. Wissenschaftler, Architekten, Anlagenhersteller und Fabrikplaner entwickeln auch für diesen Bereich Modularisierungsansätze. Dabei wird dann auch einmal wieder in die LEGO-Kiste gegriffen, wenn eine gute Idee gesucht wird. Flächen- und Volumenmodule mit standardisierten Funktionen lassen sich nämlich idealerweise genauso gut miteinander kombinieren wie die kleinen, bunten Bausteine.

Der Vergleich industrieller Konzepte mit den farbigen Spielzeugsteinen zeigt aber auch die Grenzen der Modularisierung auf: Ein konsequentes Raster vereinfacht zwar die Lösungsfindung, kann aber auch die gestalterische Kreativität des Fabrikplaners stark reduzieren. Lösungen außerhalb der Norm werden so selten wie ein LEGO-Stein mit fünf Noppen.

Alles im Legoland

Dass man mit einem guten Modularisierungskonzept eine ganze Welt entstehen lassen kann, beweist jeder der weltweit



Diese Fabrik im Miniaturformat steht im Legoland Deutschland.

vier Legoland-Parks. Ein Heer von Designern und Technikern entwirft und baut immer neue Sehenswürdigkeiten aus den genoppten Quadern. Allein im jüngsten Park, dem Legoland Deutschland zwischen Stuttgart und München, wurden über 50 Millionen Steine für die Modelle verbaut. Eine Fabrik im Miniaturformat ist übrigens auch dabei.

Mario Leupold



Foto Eberhard Franke, Staatsoper Hannover;
Generalmusikdirektor: Shao-Chia Lü

Modularität gibt den Ton an!

Wandlungsfähigkeit hat sich unbestritten zum Schlüsselbegriff zukunftsfähiger Fabriken entwickelt. Die Modularität, als eine wichtige Eigenschaft wandlungsfähiger Fabriken, wird in der Fabrikplanung im Einklang mit weiteren Fachdisziplinen immer konsequenter verfolgt.

Ihren Ursprung hat die Modularisierung in der Produktgestaltung. Speziell die Automobilindustrie strebt die Beherrschung einer zunehmenden Teilevielfalt und Komplexität mit Hilfe der Modulstrategie an. In der Zeitschrift *Automobile-Produktion* (Oktober 2001) definierte das Vorstandsmitglied des Volkswagen-Konzerns Dr. Folker Weißgerber „Module als verbaupunktorientierte Baugruppen, die aus funktionaler, logistischer und produktionstechnischer Sicht sinnvolle Einheiten darstellen“. In vielen Automobilunternehmen führt die Modularisierung der Produkte in der Konsequenz zu einer Modularisierung der Fabriken.

Die Vorteile, die sich für Automobilhersteller aufgrund modularer Fabriken erge-

ben, sind mannigfaltig. Als Beispiele seien die transparente Entkopplung von Produktionsbereichen, die prozess- und flussoptimierte Organisation der einzelnen Module mit einer angepassten wirtschaftlichen Automatisierung sowie die Reduktion der Länge der Rohbau- und Montagehauptlinien und damit die Vermeidung von Taktverlusten genannt.

Doch die Modularstrategie ist keineswegs auf die Automobilhersteller beschränkt, wie Erfahrungen des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover in Forschungs- und Industrieberatungsprojekten zeigen. Vielmehr ist diese Strategie für alle Unternehmen interessant, bei denen die neuen Rahmenbedingungen im Umfeld ihrer

Produktion dazu führen, dass die Wandlungsfähigkeit der Schlüsselbegriff zukunftsfähiger Fabriken ist. So beschreibt Dr.-Ing. Roberto Hernández, Porsche AG, in seiner am IFA erstellten Dissertation zur „Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung“ die Modularität als eine wichtige Eigenschaft wandlungsfähiger Fabriken.

Keine Solovorstellung

Eine in der Fabrikplanung konsequent angestrebte Umsetzung der Modulstrategie ist nur in enger Kooperation mit anderen Fachdisziplinen, wie der Anlagenplanung und der Architektur, möglich. Erhebliches Potenzial kann dann erschlossen werden, wenn sowohl die

logistische und technische Prozesssicht des Logistiklers bzw. des Technologen als auch die Raumsicht des Architekten frühzeitig zusammengeführt werden. So kann die Fabrikplanung die konsequente Umsetzung der Modularstrategie beschleunigen. Mitspielen müssen allerdings alle Fachdisziplinen.

Modularität prägt Gebäudestruktur

In einem Beratungsprojekt für einen Aggregatehersteller bestand die Aufgabe des IFA darin, einen Fabrikneubau in Spanien zu planen. Ziel war es, eine wirtschaftlich und logistisch hochleistungsfähige Produktion mit geringsten Kosten aufzubauen. Im Projekt wurde früh deutlich, dass die mittel- und langfristigen Absatzprognosen derart unsicher und schwankend waren, dass deshalb der Wandlungsfähigkeit von Fabrikstruktur und -layout eine besondere Bedeutung zukam. In enger Kooperation mit dem Büro Reichardt Architekten BDA wurde eine Gebäudestruktur entwickelt, die sich durch eine konsequente Modularität auszeichnet und in idealer Kongruenz zu dem aus Prozesssicht geplanten Fabriklayout steht. Die Gebäudekonstruktion in Stahlleichtbauweise mit einem Modulgrundriss von 21 x 21 Metern unterstützt hierbei eine aufwandsarme Erweiterung der Produktion durch standardisierte, technisch vorgeprüfte Gebäudemodule mit entsprechenden Tragwerks- und Fassadeneinheiten und Medieneinbauten. Zusätzlich wurden die wachstumsträchtigen Produktsegmente in ihrer Anordnung im Layout direkt an die Grenzen des Erweiterungsgeländes platziert. Eine stufenweise Erhöhung der Produktionskapazitäten ist dank dieser Modularität der Gebäudestruktur möglich, ohne dass die laufende Produktion gestört bzw. das bestehende Konzept der Fabrikstruktur und des Fabriklayouts aufgeweicht wird.

Flächenmodule lassen atmen

„Welches Flächenmodul hätten´s denn gern?“ Diese in Anlehnung an eine bekannte deutsche Ratesendung formulierte Frage kann zukünftig ein Leiter eines neuen Werkes in Osteuropa seinen Kollegen stellen, wenn diese Montageeinheiten in sein Werk in Osteuropa verlagern sollen. Ausgangspunkt für die Definition standardisierter Flächenmodule war die Neuplanung einer Montagefabrik eines führenden Automobilzulieferers für komplexe Baugruppen, bei der das IFA beratend tätig war. Der Auto-

mobilitätszulieferer verfügt weltweit über eine Vielzahl an Werken. Der Neubau in Osteuropa ist aufgrund steigender Marktanteile und Stückzahlen erforderlich geworden. Allgemein ist das Geschäft des Automobilzulieferers durch die zunehmende Variantenvielfalt und kürzer werdende Produktlebenszyklen der Autos geprägt. In Ergänzung zu der Serienproduktion beliefert der Automobilzulieferer auch noch den Handel. Entsprechend den Jahresstückzahlen und der Komplexität der Baugruppen wird nach wirtschaftlichen und technischen Kriterien für jede einzelne Montageeinheit der Automati-



Die Modularität des Gebäudes sichert die Wandlungsfähigkeit dieser Aggregatefabrik in Spanien.

sierungsgrad festgelegt und der Montageablauf und die -anlage geplant. Standardisierte Vorgaben sind hier nur wenige zu finden. Im Unternehmen lassen sich bezüglich Ablauf und Flächenbedarfe die unterschiedlichsten Montageeinheiten betrachten. Als Folge davon ist die Verlagerung von bestehenden oder die Integration von neuen Montageeinheiten in die vorhandenen Fabriklayouts immer sehr restriktiv („Wo ist noch wie viel Fläche?“) und mit großem Aufwand (Verschieben mehrerer weiterer Montageeinheiten) verbunden. Die Ziele für die neue Fabrik waren jedoch eine transparente Fabrikstruktur und ein atmungsfähiges Fabriklayout, welches das Herauslösen und die Integration von Montageeinheiten, beispielsweise bei Produktwechseln, schnell und ohne Beeinflussung der bestehenden Produktion ermöglicht.

Passt L oder besser XL?

Die Lösung dieser Aufgabe, die das IFA in enger Kooperation mit den Montageanlagenplanern des Automobilzulieferers erarbeitete, stellen standardisierte Flächenmodule dar. Diese bauen auf einem Standardmodul auf. Jedes Flächenmodul umfasst Montage- und Logistikflächen. Vier Größenklassen, jeweils als Vielfache

des Standardmoduls definiert, konnten in Anlehnung an die vorhandenen Abmaße der Montageeinheiten sinnvoll festgelegt werden. Dabei wurden die Bezeichnungen in der Bekleidungsindustrie aufgegriffen und die Modulklassen S (4 x 5 m), M (8 x 10 m), L (16 x 10 m) und XL (10 x 24 m) gebildet. Die Forderung der Fabrikplanung an die Montageanlagenplanung lautet nun, jede neue oder zu verlagernde Montageeinheit für diese Fabrik an diese Modulklassen anzupassen. Der Erfolg stellte sich schon in der Planungsphase ein. Dank der standardisierten Flächenmodule konnten in kürzester Zeit Layoutalternativen gebildet und diskutiert werden. Im Betrieb wird sich zeigen, dass das auf die Logistik ausgerichtete Layout, trotz der zunehmenden Wechsel von Montageeinheiten, nicht seine transparente Struktur verlieren wird. Ebenso wird die Beeinträchtigung der laufenden Produktion auf ein Minimum reduziert. Die Modularisierung, hier in Form von Flächenmodulen, befähigt diese Fabrik somit zum raschen Wandel.

Potenzial ausschöpfen

Die Ergebnisse, die bisher im Bereich der Modularisierung erreicht wurden, sind beachtlich. Viele der Firmen, die auf die Modulstrategie setzen, können die zunehmende Teilevielfalt und Komplexität besser beherrschen als ihre Konkurrenz. Der Impuls zur Modularisierung sollte dabei zumeist an der Produktgestaltung ansetzen. Der kurze Überblick zeigt, dass weiteres Potenzial ausgeschöpft werden kann, wenn auch in der Fabrikplanung die Modulstrategie konsequent verfolgt wird.

Von der Fabrikplanung sollte die Umsetzung der Modulstrategie weiter vorangetrieben werden. Doch wie bei einem guten Orchester, sollten die Einzelstimmen dem Tempo folgen und alle gleichzeitig das Ziel erreichen. Auf produzierende Unternehmen übertragen verlangt dies eine enge Kooperation der Fabrikplanung und der anderen Fachdisziplinen, von der Architektur über die Anlagen- und Technologieplanung bis hin zu den Produktentwicklern.

Christian Fiebig, IFA



Wandlungsfähigkeit ohne Turbulenzen

Die Produktion von morgen durch wandlungsfähige Fabrikstrukturen zu gestalten, ist *die* Herausforderung, der sich Fabrikplaner stellen müssen. Eine konsequente Ausnutzung der Potenziale, die die Modularisierung von Fabrikstrukturen bietet, ist der Schlüsselfaktor zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit.

Turbulente Zeiten, in denen rasante Veränderungen und globale Entwicklungen den Wettbewerb bestimmen, kennzeichnen unsere Gesellschaft. Reaktions-schnelles, flexibles und vorausschauendes Handeln ist in allen Bereichen der Wirtschaft angezeigt. Hierzu gehört auch, dass sich Fabriken schnell und häufig wandeln müssen. Betrachtet man nun aber heutige Fabriken genauer, so ist feststellbar, dass in vielen Fällen die

anzutreffenden Fabrikstrukturen einen Wandel nicht oder nur in einem zu geringen Maße zulassen. Gründe dafür sind komplexe gewachsene Strukturen, eine mangelnde Marktausrichtung, ein ausgeprägtes Sicherheitsdenken sowie eine fehlende Entwicklungsplanung. Umstrukturierungsmaßnahmen können nur mit sehr großem Aufwand sowie einer langen Planungs- und Realisierungsdauer durchgeführt werden.

Die Erkenntnis, dass neue Ansätze, Methoden und Werkzeuge im Bereich der Fabrikplanung notwendig sind, stellt die Motivation für mehrere Industrieunternehmen dar, gemeinsam mit dem IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover und dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover im Rahmen eines Forschungsprojekts einen Ansatz zur Planung, Gestaltung und zum Betrieb wand-

lungsfähiger Fabriken zu entwickeln. Bei diesem Forschungsprojekt handelt es sich um das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt „Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen“ (WdmF).

Wandel durch Module

Grundlegende Voraussetzung zur Gestaltung wandlungsfähiger Fabriken ist deren Modularisierung. Auf diese Weise wird die Fabrik in autonome Einheiten „zerlegt“, die nur über Schnittstellen verbunden sind. Wird ein Wandel in einem Modul erforderlich, bleiben andere Module davon unberührt. Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Wandlungsfähigkeit müssen Fabrikmodule umfassend definiert werden. Technische Elemente werden bei der Gestaltung von Fabrikmodulen genauso berücksichtigt wie organisatorische und bauliche. Zu den technischen Elementen gehören sowohl Betriebsmittel als auch Logistiksysteme und Sicherheitseinrichtungen. Organisatorische Elemente beziehen sich zum einen auf Aufbau- und ablauforganisatorische Aspekte, zum anderen aber auch auf die Auslegung des Logistikkonzepts und die Gestaltung der Arbeitsorganisation. Die baulichen Elemente können unter den Oberbegriffen Hülle, Tragwerk, Ausbau und Fläche zusammengefasst werden.

Maschinen auf Rollen

Um Wandlungsfähigkeit und Flexibilität innerhalb der Module sicherzustellen, müssen die Elemente wandlungsfördernde Ausprägungen aufweisen. Denkbar sind leichte und kompakte Maschinen auf Rollen, dezentrale Organisationsstrukturen oder auch modular aufgebaute Fassaden, die bei einer Erweiterung der Fabrik einfach geöffnet werden können. Im letzten Schritt kann durch eine Standardisierung der Elemente eine einfache Austauschbarkeit und Modifizierbarkeit sichergestellt werden.

Wandlungsfähigkeit um jeden Preis?

Nicht die Wandlungsfähigkeit um jeden Preis ist richtig. Vielmehr ist das „notwendige“ Maß an Wandlungsfähigkeit zu finden, das bei der Planung und Auslegung zukunftsfähiger Fabriken berücksichtigt werden muss. Maschinen auf Rollen sind also nur dann sinnvoll, wenn dieses „Mobilitätspotenzial“ in

Zukunft auch tatsächlich genutzt wird. Berücksichtigt man dies bei der Planung wandlungsfähiger Fabriken, wird sich Wandlungsfähigkeit auch tatsächlich rechnen! Steht zukünftig eine grundlegende Umgestaltung einer Fabrik an, kann dieser Wandel kostengünstig und schnell durchgeführt werden. Die möglicherweise höheren Anfangsinvestitionen haben sich gelohnt.

Planen mit angemessenen Detaillierungsgraden

Eine Fabrik stellt ein sehr komplexes System dar. Angefangen vom Arbeitsplatz über die Gruppe, den Fertigungsbereich, die gesamte Fabrik bis hin zum Standort kann man zwischen fünf Strukturebenen unterscheiden. In konkreten Planungsprojekten wird von Fall zu Fall eine andere Strukturebene im Fokus stehen. Auf allen Ebenen gibt es Fabrikmodule, wobei Module einer untergeordneten Ebene als Submodule in die nächst höhere Ebene eingehen. Die Fabrikmodule ermöglichen eine zusätzliche Strukturierung auf den einzelnen Ebenen. So können beispielsweise auf der untersten Ebene Arbeitsplätze für das Drehen, Fräsen und Schleifen abgegrenzt werden, auf höheren Ebenen Bereiche zur Montage verschiedener Produkte. Fallspezifische Vorgehensweisen sichern kurze Planungs- und Realisierungszeiten.

Handeln in Regelkreisen

Die Planung und Realisierung wandlungsfähiger Fabrikstrukturen macht nur dann Sinn, wenn das geschaffene Wandlungspotenzial der Fabrik zukünftig auch tatsächlich realisiert wird. Hierzu ist es erforderlich, die Fabrik kontinuierlich hinsichtlich einer gegebenenfalls vorhandenen Wandlungsnotwendigkeit zu überwachen. Wird eine Wandlungsnotwendigkeit erkannt, ist der notwendige Wandel einzuleiten.

Welche Strukturebene und welches Modul aber sind betroffen? Diese Frage kann mit Hilfe von Checklisten beantwortet werden, anhand derer der Handlungsbedarf näher spezifiziert und auf die betroffenen Module „heruntergebrochen“ wird. Eine im Anschluss an den Wandel durchgeführte Erfolgskontrolle überprüft das Ergebnis der getroffenen Maßnahmen.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie häufig eine Fabrik hinsichtlich der Wandlungsnotwendigkeit zu überwachen ist. Es ist sicherlich nicht sinnvoll, eine

Fabrik monatlich dahingehend zu überprüfen, ob die grundlegende Struktur geändert werden muss. Hier erscheint ein langfristiger „Überwachungsrythmus“ angemessen. Es kann allerdings durchaus angebracht sein, monatlich zu bewerten, ob die gewählte Anordnung der Betriebsmittel in einer Fertigungsinsel noch sinnvoll ist oder ob eine andere Änderung erforderlich ist. Und wer überwacht die Fabrik? Diese Aufgabe muss ein Team aus Fabrikplanern, Controllern und der strategischen Unternehmensplanung übernehmen. In kleinen Unternehmen kann diese Aufgabe natürlich auch von dem Geschäftsführer allein wahrgenommen werden.

Faktor „Zukunft“ wird kalkulierbar

Die konsequente Ausnutzung des Wandlungspotenzials führt dazu, dass die Fabrik kontinuierlich an veränderte Anforderungen angepasst wird. Anstatt weniger großer Veränderungen wird eine Vielzahl kleiner Änderungen vorgenommen. Die Komplexität von Fabrikplanungsprozessen nimmt deutlich ab – zum einen durch die geringeren Umfänge und zum anderen durch den modularen Aufbau der Fabriken an sich. Die Gefahr von Fehlplanungen geht auf ein Minimum zurück. Der unsichere Faktor „Zukunft“ wird kalkulierbar, indem auf turbulente Entwicklungen schnell und angemessen reagiert werden kann. Und mehr noch: Wandlungsfähige Unternehmen können selbst für Turbulenz am Markt sorgen: Sie sind ihrer Konkurrenz den entscheidenden Schritt voraus.

Jan Klußmann, Dirk Nofen,
Frederik Löllmann, IPH

Lebensdauererhöhung durch Anpassung

Nur anpassungsfähige Organismen sind auf Dauer überlebensfähig. Was für die Natur gilt, gilt auch in der Technik. Den Anforderungen des Wettbewerbs wird mit dem Streben nach Veränderungsfähigkeit begegnet. Können rekonfigurierbare Werkzeugmaschinen wiederholte Aufgabenänderungen überleben?

Der internationale Wettbewerb erzwingt häufigere Veränderungen in der Produktion. Produktionseinrichtungen und -anlagen sind permanent auf wechselnde Anforderungen abzustimmen. Jedoch lassen sich zukünftige Kundenwünsche und Bedarfsentwicklungen immer schwieriger vorhersehen. Anpassungsfähigkeit und Reaktionsschnelligkeit werden zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor.

Das Bestreben um Wandlungsfähigkeit, also um Variabilität in den Prozes-

Vielseitigkeit bei der Herstellung kundenspezifischer Produktausprägungen gefordert. Die Umsetzung des „Mass Customization“ bedeutet die Serienfertigung von Einzelstücken.

Ein vielversprechender Ansatz zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit und Flexibilität besteht in der Modularisierung, Standardisierung und Mobilisierung. Zum einen wird stufenweise eine Erweiterung zur Leistungs- oder Flexibilitätssteigerung erleichtert. Zum anderen lassen

Baukästen, Module und Rekonfiguration

Die Herausforderung „Vielfalt in Serie“ gilt für die Werkzeugmaschine in zweifacher Weise.

Zum einen soll sie dazu befähigen, flexibel Produkte in wachsender Variantenvielfalt zu akzeptablen Kosten zu fertigen. Zum anderen ist die Maschine selbst ein variantenreiches Produkt, das in seinen Ausprägungen und Eigenschaften Kundenbedürfnissen gerecht werden muss. Unabhängig von der Vielseitigkeit sind Fertigungsqualität und -geschwindigkeit weiterhin zu erhöhen, die Verfügbarkeit zu sichern und die Bedienung und Wartung zu vereinfachen. Außerdem dürfen die auf die Nutzungsdauer bezogenen Anlagenkosten nicht übermäßig steigen. Werkzeugmaschinenhersteller bieten zunehmend Baukastensysteme an. Durch die Kombination von Funktionsmodulen ermöglichen diese eine kostengünstige und anforderungsgerechte Maschinengestaltung. Als Module können beispielsweise für Dreh-Fräszentren unterschiedliche Hauptantriebe, zusätzliche Vorschub- und Schwenkachsen, Gegenspindeln und Werkzeugsysteme ausgewählt werden. Die Baukästen verschiedener Anbieter unterscheiden sich in der Definition von Modulen und Schnittstellen. Eine herstellerübergreifende Konfiguration ist zumeist nicht möglich.

Bei derzeitigen Baukastenmaschinen sind nach der kundenspezifischen und an aktuelle Werkstückspektren angepassten Erstkonfiguration keine späteren Modifikationen vorgesehen. Anpassungen an neue Bearbeitungsaufgaben, zum Beispiel durch Hinzufügen oder Entfernen von Vorschubachsen und Werkzeugsystemen, sind nur sehr eingeschränkt mög-



sen und Abläufen, prägt die moderne Produktion. Kürzere Produktlebenszyklen und kundenindividuelle Produktgestaltung bei steigender Produktkomplexität bestimmen das Anforderungsprofil. Individualisierung bedeutet einen drastischen Anstieg der Variantenvielfalt und die Reduzierung der Losgrößen. Neben der Fähigkeit zur sequenziellen Anpassung an modifizierte Produkte und veränderte Produktspektren ist eine hohe

sich bestehende modulare Systeme zerlegen und entsprechend einer neuen bzw. veränderten Produktionsaufgabe optimiert neu strukturieren. Diese Vorgehensweise wird allgemein als Rekonfiguration bezeichnet. Einen besonderen Aspekt stellt die Wieder- bzw. Weiterverwendung vorhandener Module dar. Sowohl Kosten als auch Aufwände bei der Gestaltung neuer Produktionssysteme können so reduziert werden.

lich. Neu entwickelte Komponenten und innovative Fertigungsverfahren können nur schwer nachträglich integriert werden. Der Aufwand zur Rekonfiguration ist derzeit so hoch, dass die Anschaffung neuer Anlagen bei Veränderungen des Produktspektrums oder zur Nutzung neu entwickelter Technologien wirtschaftlicher ist. Ein Grund hierfür ist, dass die mechanischen und steuerungstechnischen Schnittstellen innerhalb der Baukästen nicht für eine mehrfache Neukombination der Funktionselemente ausgelegt sind.

Für zukünftige Maschinenkonzepte besteht die Herausforderung, eine wirtschaftliche Rekonfiguration zu ermöglichen. Ziel ist es, für jede neue bzw. veränderte Fertigungsaufgabe eine optimierte Maschine konfigurieren zu können. Dabei sollen vorhandene Module den Anforderungen entsprechend weiter- bzw. wiederverwendet werden können. Veraltete Module und Verfahren müssen durch innovative Technologien ersetzt werden können.

Gemischtwarenladen Werkzeugmaschine

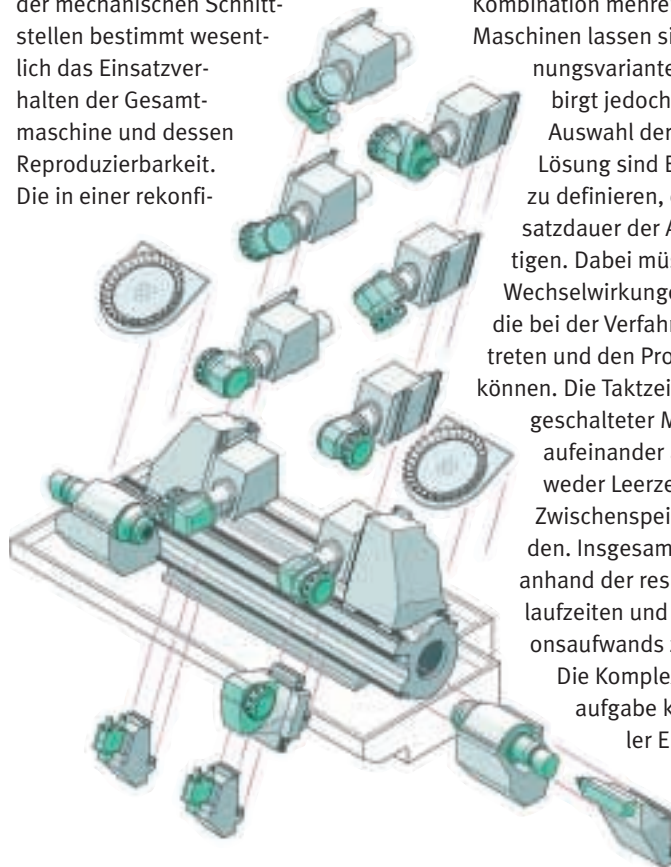
Im Vordergrund der Rekonfiguration stehen die eingesetzten Prozesse. Neben der Leistungssteigerung von Werkzeugmaschinen durch Erhöhung der Hauptantriebsleistung und Achsdynamik gewinnt die Komplettbearbeitung zunehmend an Bedeutung. Zum einen verspricht die komplette Bearbeitung eines Werkstücks in einer Maschine einen deutlichen Produktivitätsgewinn durch die Minimierung von Nebenzeiten. Zum anderen bedeutet die Vermeidung von Umspannvorgängen einen Genauigkeitsvorteil für die Bearbeitung.

Mit der Komplettbearbeitung ist vermehrt die Integration verschiedener Fertigungsverfahren in eine Maschine verbunden. Angefangen von der viel genutzten Kombination des Drehens und FräSENS über die Kopplung mit Schleifprozessen bis zur Laserintegration sind vielfältige Konstellationen am Markt erhältlich. Innovative Prozesstechnologien beschränken sich nicht nur auf die Aneinanderreihung verschiedener Verfahren, sondern sehen auch Verfahrenskombinationen vor. Laserunterstützte Drehbearbeitung und Schleifhärten sind Beispiele hierfür. Vor diesem Hintergrund ergeben sich zusätzliche Anforderungen an rekonfigurierbare Werkzeugmaschinen. Auf der Basis von technologischen Modulen sollten sich unterschiedlichste Verfahrenskombinationen realisieren las-

sen. Hiervon ist neben der mechanischen Struktur vor allem die Steuerungsintegration betroffen.

Schnittstellen zwischen Funktionsmodulen

Eine grundsätzliche Aufgabe bei der Erzeugung rekonfigurierbarer Systeme besteht in der Standardisierung der Schnittstellen. Die Durchgängigkeit dieser Standards bestimmt die Austauschbarkeit der Module. Lösungsansätze zur geometrischen Gestaltung mechanischer Schnittstellen sind bei zahlreichen Strukturbaustensystemen zu finden. In Werkzeugmaschinen treten jedoch erheblich höhere Anforderungen auf. Diese betreffen in erster Linie die Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften, die sich entscheidend auf das Eigenverhalten der Gesamtstruktur auswirken. Damit verbunden müssen extreme Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden. Die Qualität der mechanischen Schnittstellen bestimmt wesentlich das Einsatzverhalten der Gesamtmaschine und dessen Reproduzierbarkeit. Die in einer rekonfi-



gurierbaren Werkzeugmaschine verwendeten Funktionsmodule sind als Träger abgegrenzter Teilaufgaben zu konzipieren. Module, die Antriebs- oder Messfunktionalität besitzen, bedürfen der Anbindung an die Gesamtsteuerung. Die Funktionseigenschaften der Module müssen der Steuerung möglichst einfach und standardisiert mitgeteilt werden, um den Zeitaufwand zur Steuerungsrekonfiguration zu minimieren. Hierbei sind

wiederum die integrierten Prozesstechnologien zu berücksichtigen. Art und Umfang der über eine Schnittstelle zu kommunizierenden Informationen sind funktionsabhängig und können sehr verschieden sein. Die Aufgabe der Datenübertragung kann von modernen Bussystemen übernommen werden.

Bewegung in der Produktion

Der Einsatz modularer, rekonfigurierbarer Werkzeugmaschinen mit standardisierten Schnittstellen kann neue Möglichkeiten bei der Gestaltung von Fertigungseinrichtungen und -abläufen eröffnen. Die Verwendung einzelner Elemente ist nicht auf eine Werkzeugmaschine begrenzt. Vielmehr kann ein Austausch in der gesamten Produktion stattfinden. Dies ermöglicht es, nicht nur eine Maschine optimal zu konfigurieren, sondern die komplette Fertigung an die jeweilige Aufgabenstellung anzupassen. Durch die Kombination mehrerer rekonfigurierbarer Maschinen lassen sich sehr viele Pla-

nungsvarianten erzeugen. Dies birgt jedoch auch Risiken. Zur Auswahl der vorteilhaftesten Lösung sind Bewertungskriterien zu definieren, die die gesamte Einsatzdauer der Anlagen berücksichtigen. Dabei müssen beispielsweise Wechselwirkungen beachtet werden, die bei der Verfahrensintegration auftreten und den Prozess beeinträchtigen können. Die Taktzeiten hintereinander geschalteter Maschinen sind so aufeinander abzustimmen, dass weder Leerzeiten auftreten noch Zwischenspeicher erforderlich werden. Insgesamt sind die Varianten anhand der resultierenden Durchlaufzeiten und des Rekonfigurationsaufwands zu bewerten.

Die Komplexität dieser Planungsaufgabe kann mit Hilfe spezieller EDV-Systeme reduziert werden. Hinsichtlich der Werkzeugmaschine besteht die Herausforderung darin, Varianten bezüglich ihrer technologischen Eigenschaften beurteilen zu können, bevor die Rekonfiguration durchgeführt wird. Hier besteht ein hohes Potenzial für den Einsatz „virtueller Prototypen“.

Hans-Christian Möhring, IFW

Mit weniger Aufwand zum fertigen Teil

Schmiedetechnische Produktionsverfahren können im Wettbewerb mit anderen Fertigungsformen insbesondere die hohe Qualität sowie kostengünstige Herstellung bei hohen Stückzahlen „in die Waagschale werfen“. Doch die Konkurrenz ist groß. Softwaremodule sollen helfen, die „gewichtige“ Rolle beizubehalten.

Im Bereich der Schmiedeindustrie, die besonders zu den Herstellern von Gieß- und Sinterprodukten in starkem Wettbewerb steht, gilt es, sich vornehmlich

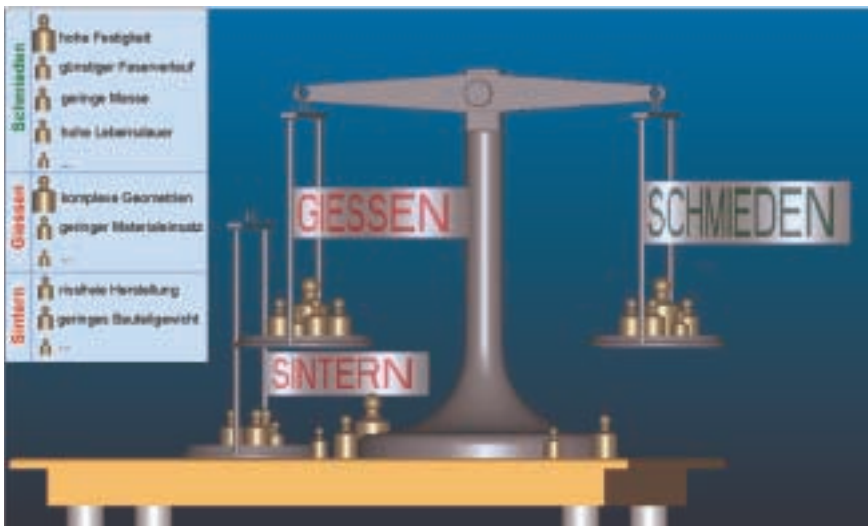
scher Schmieden (IDS) wird propagiert: „Beim Gestalten eines Bauteils ist jene Lösung optimal, die einerseits die technisch einwandfreie Funktion dieses Teils

die sich in den letzten Jahren stark veränderte Ausgangssituation der Schmiedebetriebe. Bei der bisherigen Vorgehensweise entwickelte der Kunde eine komplette Baugruppe mit allen Einzelteilen, die dem Zulieferer als Fertigteilzeichnung und/oder als Rohteilzeichnung übergeben wurde. Es folgte die Überarbeitung zum Schmiederohteil mit anschließender Freigabe durch den Kunden.

Bei einer derartigen Vorgehensweise kann es durchaus vorkommen, dass eine optimale Schmiederohteilkonstruktion unter Berücksichtigung der fertigungsbedingten Gegebenheiten nicht möglich ist und die an den Zulieferer übergebenen CAD-Daten häufig nur mit beträchtlichem Nachbearbeitungsaufwand weiterverwendet werden können. Dies versucht man, durch das Festlegen einer CAD-gestützten Prozesskette zu vermeiden.

Bereits in der Entwurfsphase die Zulieferer einbeziehen

Der Zulieferer sollte bereits im Entwurfsstadium einbezogen werden. Er erhält zunächst ein Lastenheft mit allen erforderlichen Informationen und ein Grobmodell des Bauteils. Die Informationen müssen dabei ausreichen, um die absolute Funktionsfähigkeit zu gewährleisten. Gleichzeitig sollten sie die Flexibilität des Schmiedeunternehmens in der Gestaltung für eine optimale Prozessauslegung zulassen. Daraufhin erfolgt die 3-D-Konstruktion durch den Zulieferer. Das Ergebnis kann zu Untersuchungen der Geometrie mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) genutzt werden. Das auf diese Weise verifizierte Modell dient als Basis für die Werkzeugkon-



im Bereich der klassischen Auswahlkriterien für Schmiedeteile von der Konkurrenz abzugrenzen.

Durch die zunehmende Teilevielfalt und verkürzte Produktlebenszyklen steigen jedoch die Anforderungen an die Zulieferbetriebe, die immer früher in den Produktentwicklungsprozess eingebunden werden.

Um sowohl die Kosten als auch die Entwicklungsdauer beeinflussen zu können, muss als Konsequenz in den Konstruktionsprozess eingegriffen werden. Dabei können Softwaremodule helfen, die speziell auf diese Problematik abgestimmt sind.

Gegenläufige Einflussgrößen unter einem Hut

Schon im Handbuch zur Schmiedeteilgestaltung des Industrieverbands Deut-

sicherstellt und andererseits dessen wirtschaftlichste Herstellung ermöglicht“. Für Schmiedeteile müssen dazu mehrere voneinander abhängige und zum Teil gegenläufige Einflussgrößen, wie Losgröße, Auslegung der Stadienfolge, Genauigkeit, Werkstoffeinsatz und Weiterarbeitbarkeit, berücksichtigt werden.

Diese unterschiedlichen Einflussfaktoren und deren gegenseitige Beeinflussung erschweren den Konstrukteuren die Auslegung der Schmiedeprozesse.

Im Rahmen der „Entwicklung eines Industriestandards zum Austausch produktdefinierender Informationen an der Schnittstelle Kunde-Lieferant“ wurden vom IDS in Zusammenarbeit mit BMW und der Schmiedeindustrie Faktoren zur Abstimmung der CAD-Prozesskette Kunde-Lieferant herausgearbeitet.

Eine entscheidende Rolle spielt dabei

struktion. Die Konstruktion des Rohteils beim Zulieferer hat den Vorteil, dass die Schmiedeteilgeometrie unter Einbindung



Auf den Zulieferer kommt in der möglichen Prozesskette eine neue Aufgabe zu.

der zur Disposition stehenden Maschinen, Werkstücke und betriebseigener Normungen optimiert gestaltet werden kann.

Die geänderte Vorgehensweise zieht auch einige Modifikationen in den Schmiedebetrieben nach sich. So liegen die Vorteile im Entfallen diverser Datenübertragungen mit den bekannten Schnittstellenproblemen sowie in Zeitvorteilen durch die Parallelisierung der Entwicklung beim Kunden und Zulieferer. Eventuell erforderlicher Änderungsaufwand wird durch die fertigungsorientierte Rohteilkonstruktion und durchgängige Entwicklungskette minimiert. Allerdings haben die Betriebe höheren Aufwand durch die intensivere Entwicklungsarbeit. Diesen Mehraufwand gilt es, durch den Einsatz geeigneter Technologien (z. B. spezieller Softwaremodule) gering zu halten.

Fertigungsrelevante Daten frühzeitig nutzen

Einen Ansatz für einen „Eingriff“ in die Entwicklungskette von Schmiedeteilen bieten reproduzierbare Elemente bzw. Arbeitsschritte bei der Konstruktion.

Durch die frühzeitige Einbeziehung fertigungsrelevanter Informationen in den Konstruktionsprozess ist es einfacher, den Entwicklungsprozess positiv zu beeinflussen. Formelemente bieten diese Möglichkeit, so dass neben der reinen Geometrieinformation auch zusätzliche Informationen (Toleranzen, Passungen

usw.) hinterlegt werden. Diese funktionell ausgelegte Konstruktionsweise ermöglicht dem Konstrukteur das Arbeiten auf einer höheren, seiner Denkweise vertrauten Ebene.

In der Schmiedetechnologie gibt es fertigungsrelevante Größen, die für die Bauteil- bzw. Prozessauslegung hinterlegt werden können.

Softwaremodul stellt Formelemente bereit

In modernen CAD-Systemen ist es möglich, Formelemente abzuspeichern, so dass, ausgehend von der Funktionsgeometrie, die Gestalt des Schmiedeteils automatisch bestimmt werden kann.

Im Rahmen des DFG-Projektes „Formelemente für Schmiedeteile“ wird daher am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover ein Softwaremodul entwickelt, dem als Basis für die Konstruktion von Schmiedeteilen eine Formelemente-Bibliothek zugrunde liegt.

Im ersten Projektzeitraum wurde für das CAD-System Pro/ENGINEER ein Modul als Zusatzapplikation entwickelt, mit der schmiedespezifische Formelemente zur Konstruktion von Schmiedebauteilen genutzt werden können. Die Einbindung erfolgte unter Nutzung von benutzerdefinierten Konstruktionselementen. Bei der Modellierung werden lediglich die Parameter zur Konstruktion der Funktionsgeometrie sowie die Referenzen zur Platzierung des Formelementes im Bauteil abgefragt.

Mit dieser Methode können Bauteile niedriger Komplexität durch die Auswahl verschiedener Formelemente aus einer Bibliothek zusammengesetzt werden. Genau genommen bestehen die Formelemente aus drei Elementen, da neben dem Funktionsmodell auch die Informationen zum Schmiede- und Fertigteil enthalten sind. Die für die Modellierung des Schmiedeteils erforderlichen Werte, beispielsweise Bearbeitungszugaben und Aushebeschrägen, werden auf Basis von Tabellen aus Normen und Richtlinien

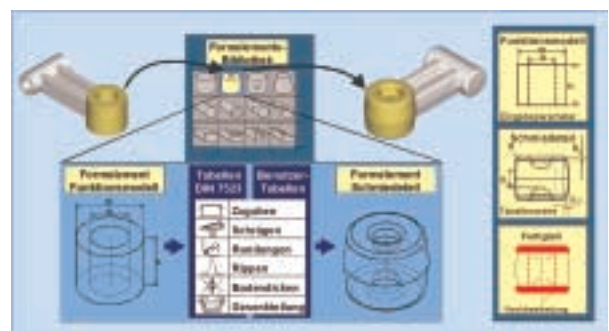
automatisch ermittelt, wodurch aufwändiges Suchen entfällt. Die Werte können aber auch manuell eingegeben werden.

Konstruktionsphase beeinflusst die Modellauswahl

Die Auswahl des Modells (Funktionsmodell, Schmiedeteil, Fertigteil) ist abhängig von der Konstruktionsphase. Das Funktionsmodell wird zur Grobauslegung und bei Geometrieänderungen verwendet, während das Schmiedeteil zur Auslegung der Stadienfolge und der Umformwerkzeuge dient. Die Gestalt des Fertigteils entspricht der Geometrie des Schmiedeteils nach der Nachbearbeitung und wird unter anderem für abschließende Berechnungen, Einbauuntersuchungen und zur Erstellung von Fertigungsunterlagen benötigt.

Formelemente unterstützen den gesamten Schmiedeprozess

Aufbauend auf der Bibliothek für Schmiedeteile werden Formelemente für eine

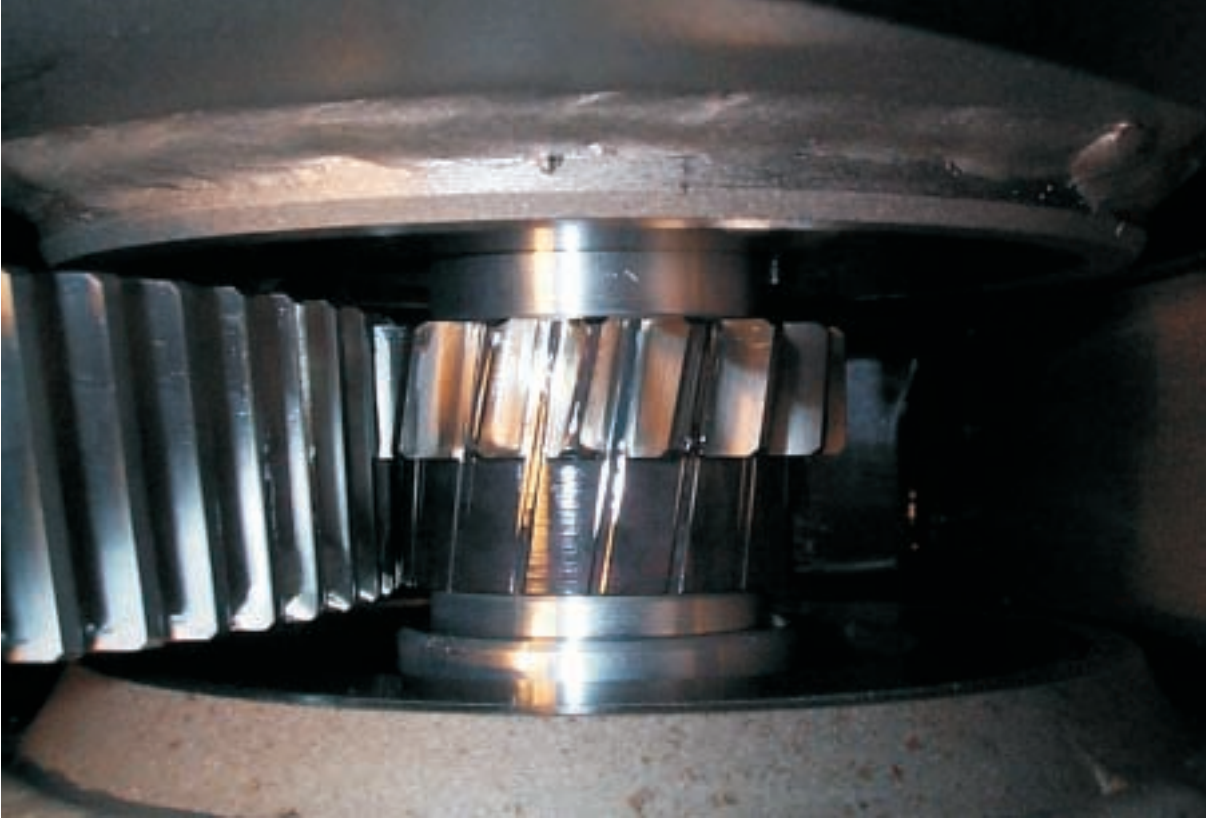


Das Softwaremodul beinhaltet Formelemente für das Funktionsmodell, das Schmiede- und das Fertigteil.

ganzheitliche Betrachtung des Schmiedeprozesses entwickelt und in das Softwaremodul integriert. Durch die Kombination von Konstruktions-Know-how mit Fertigungswissen in Formelementen ist es möglich, den Konstrukteur bei der Gestaltung von Schmiedewerkzeugen sowie der Auslegung von Schmiedeprozessen zu unterstützen. Das am IFUM entwickelte Modul soll dazu beitragen, sich den geänderten Anforderungen des Marktes besser anpassen zu können.

Günter Klawitter, IFUM

Förderinfo: Die in diesem Artikel dargestellte Arbeit wird im Rahmen des Projektes „Formelemente für Schmiedeteile“ am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover durchgeführt. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die finanzielle Unterstützung des Projektes.



Qualitätsmängeln die Zähne zeigen

Moderne Produktion erfordert neben neuen Werkstoffen eine schnelle, flexible Qualitätssicherung. Eine modular aufgebaute Prüfsoftware ermöglicht in einer flexiblen Fertigung die unkomplizierte Anpassung der Inline-Bauteilprüfung auch an häufig wechselnde Prüfaufgaben.

Durch den Einsatz schneller Prüftechniken mit modularer Softwarestruktur können die Forderungen nach hoher Qualität und Prozesssicherheit erfüllt werden. So ist am Institut für Werkstoffkunde (IW) der Universität Hannover ein zerstörungsfrei arbeitendes, elektromagnetisches Prüfsystem entwickelt worden, mit dem sich eine Inline-Messung der Bauteilqualität direkt im Fertigungsprozess – auch als 100-Prozent-Prüfung sicherheitsrelevanter, hochbeanspruchter Serienbauteile – realisieren lässt.

Zerstörungsfrei klassifizieren – ein modulares Konzept

Werkstoffkennwerte und Bauteileigenschaften, zum Beispiel Gefüge-, Festigkeits- oder Härteeigenschaften, werden am IW seit langem erfolgreich mit der

Harmonischen-Analyse von Wirbelstromsignalen zerstörungsfrei quantitativ bestimmt.

Mit diesem Verfahren werden Prüftakte im Sekundenbereich und Messgenauigkeiten vergleichbar mit konventionellen, zerstörenden Prüfungen erreicht. Das System ist sehr vielseitig einsetzbar: So lassen sich Werkstoffe nach Chargen sortieren, Bauteile – auch bei häufigen Produktionswechseln – auf Inhomogenitäten hin untersuchen oder Härte- und Festigkeitseigenschaften bestimmen.

Um die Leistung dieses Systems zu steigern und gleichzeitig die Handhabung zu vereinfachen, wurde am IW ein modulares Konzept zur automatisierten Kalibrierung und Klassifizierung erstellt und umgesetzt. Es ermöglicht die Auswahl geeigneter Messgrößen unter Verwendung verschiedener Bewertungsme-

thoden, beispielsweise der linearen Regressionsanalyse, der Fuzzy-Logic oder Neuronaler Netzwerke.

Warum modular?

Bei der Datenanalyse mit einem modularen System werden aufeinander aufbauende Arbeitsschritte nicht in einem Programmblock, sondern unabhängig voneinander bearbeitet. Die Ergebnisse der einzelnen Teilschritte werden über das systeminterne Datenhandling miteinander verknüpft.

Durch diese Modularisierung lassen sich Softwarebausteine gegeneinander austauschen, um das jeweils am besten geeignete Modul für den gewünschten Teilschritt der Datenverarbeitung nutzen zu können. Auf diese Weise lässt sich ein optimal angepasstes Mess- und Analy-

sesystem aus verschiedenen Programmkomponenten realisieren. Die schnelle Anpassbarkeit des Systems an wechselnde Prüfaufgaben, wie sie in der industriellen Fertigung zum Beispiel als Produktionsänderungen oder Bauteilwechsel alltäglich sind, ermöglicht vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

**Bauteilqualität:
Unsichtbar, aber messbar**

Zu den traditionell hoch belasteten Bauteilen im Maschinenwesen zählen Getriebebauteile, zum Beispiel geschmiedete



Mit dem am IW-ZfP realisierten Mess- und Analysesystem lassen sich auch Werkstoffe sortieren.

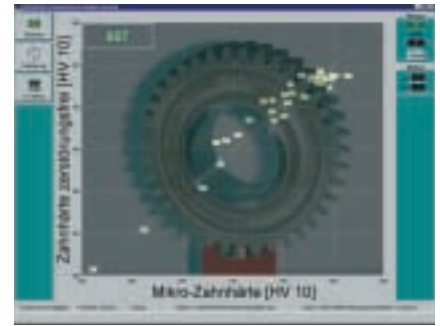
Zahnräder. Will man deren Härteeigenschaften zur Steuerung bzw. Korrektur des Herstellprozesses nutzen, ist man auf eine schnelle, automatisierte Ermittlung dieser Werte angewiesen. Daher bietet sich die zerstörungsfreie Ermittlung der Härtekennwerte als schnellere und bessere Möglichkeit an, um diese Informationen in den Prozess zurückzuführen. Ohne lange Totzeiten gelangt man zu Prozessparameteränderungen und beschleunigt die Steuerung des Prozesses. Unnötig produzierter Ausschuss wird vermieden.

Ein wichtiges Argument für den Einsatz der schnellen Inline-Prüftechnik ist die leichte Handhabung vor Ort. „Ein gutes zerstörungsfrei arbeitendes Messgerät muss von Mitarbeitern in der Fertigung leicht zu kalibrieren und anzuwenden sein“, betont Dr. Reimche, Leiter des Bereichs Zerstörungsfreie Prüfverfahren am IW (IW-ZfP), und skizziert den zukünftigen Handlungsbedarf für die industrielle Serienfertigung: „Üblicherweise werden heute die Messgrößen für die Systemkalibrierung vom Benutzer manuell ausgewählt. Dieses Vorgehen erfordert ein Expertenwissen, das in der industriellen Fertigung häufig nicht in ausreichendem Maße vorhanden ist.“ Aber selbst für Experten ist es oft schwierig, eine optimale Auswahl der Einzelmessgrößen zu treffen. Daher ist am IW-ZfP ein Verfahren entwickelt worden,

das aus sechs Modulen besteht (siehe Kasten) und mit dem eine automatisierte, schnelle Bewertung von Messgrößen ermöglicht wird.

Modularität macht flexibel

Durch den modularen Aufbau der Softwarestruktur ist es gelungen, ein Prüfsystem zu entwickeln, das mit einer geeigneten Kombination verschiedener Module an einer Vielzahl von Beispielen seine Praxistauglichkeit unter Beweis stellen konnte und somit aktuellen und zukünftigen Anforderungen industrieller Anwendungen in hohem Maße gerecht wird. Insbesondere in der Härteermittlung an Konstruktionsbauteilen des Maschinenbaus kann dieses zerstörungs-



Ein neues Software-Modul ermittelt automatisch die beste Kalibrierung zur Inline-Zahnhärtebestimmung.

frei arbeitende Mess- und Analysesystem ein hohes Zeit- und Kostensparpotenzial für den Herstellungsprozess darstellen.

Rainer Duhm, Martin Bernard, Karsten Lothar Feiste, Wilfried Reimche, IW-ZfP

Modul 1: Messdatenerfassung

Das erste Modul der Datenanalyse erfasst analoge Messsignale über der Zeit und digitalisiert sie. Simultan wird eine Mittelung der Daten im Zeitbereich durchgeführt, um die Signalqualität zu verbessern.

Modul 2: Messdaten-Vorverarbeitung

Im Rahmen der Datenvorverarbeitung werden die vorliegenden Zeitsignale in Real- und Imaginäranteile bestimmter Harmonischer Frequenzen umgewandelt, aus denen Größen wie Amplituden, Phasenwerte oder Klirrfaktoren berechnet werden.

Modul 3: Datenreduktion

Mit diesem Modul werden die gewählten Messgrößen bezüglich ihrer Stabilität überprüft. Wird eine gesetzte Schwelle unterschritten, so ist die betreffende Größe systembedingt als zu instabil anzusehen und wird folglich nicht zur weiteren Auswertung herangezogen.

Modul 4: Optimierung und Kalibrierung

Sind stabile Kennwerte identifiziert, erfolgt eine Optimierung ihrer Realteile anhand einer schrittweisen Rotation in der Impedanzebene. Dabei entspricht eine Messdatendrehung um 360° einer zeitlichen Verschiebung des Messsignals gegenüber dem Erregersignal um eine ganze Signalperiode. Schrittweise wird das Kalibrierergebnis in Abhängigkeit von der gewünschten Härteeigenschaft bestimmt.

Das im Laufe einer Signalperiode festgestellte Maximum und der zugeordnete Drehwinkel werden für spätere Messungen gespeichert. Auf diese Weise

erhält man einen optimierten Realteil aus dem Messsignal, der den besten Zusammenhang zwischen Messsignal und der gewünschten Härteeigenschaft darstellt.

Modul 5: Extraktion zuverlässiger Merkmale

Zur weiteren Anhebung der Messgenauigkeit werden diejenigen Einzelmessgrößen aus dem Datenpool entfernt, die nur eine geringe Abhängigkeit zur gesuchten Härteeigenschaft aufweisen. Die Verwendung dieses Moduls vermeidet insbesondere Systeminstabilitäten bei der Verwendung hochwertiger, mehrdimensionaler Kalibriermodelle.

Modul 6: Klassifizierung

Weitere Verbesserungen der statistischen Aussagegenauigkeit von Kalibriermodellen lassen sich durch gezielte mehrdimensionale Messgrößenverknüpfungen realisieren. In diesem Modul sind mit dem „Vorwärts-Algorithmus“ und dem sogenannten „Jack-Knife-Test“ zwei gängige Bewertungsverfahren zur Auswahl geeigneter Messgrößen implementiert. Diese Verfahren ermöglichen eine automatisierte Ergebnisoptimierung des Kalibriermodells aus der Menge aller möglichen Messgrößenkombinationen hinsichtlich der Korrelation mit der gesuchten Härteeigenschaft. Das System berücksichtigt bereits die abnehmende Dichte des mehrdimensionalen Modellraumes bei ansteigender Kalibrierdimension, die das Ergebnis verschlechtern würde. Mit Hilfe statistischer Kennwerte wird das aktuelle Kalibriermodell gezielt bei Erreichen der jeweils optimalen Regressionsdimension beendet.



Sicher ist sicher

Damit der Umgang mit Lasern und Lasersystemen für Mensch und Umwelt weiterhin sicher bleibt, werden ständig Forschungsaktivitäten durchgeführt. Aktuelle Schwerpunkte sind die Sicherheit bei Ultrakurzpulslasern, die Entwicklung kostengünstiger Abluftreinigungsverfahren und die Ergänzung von Normen und Standards.

In den letzten zehn bis fünfzehn Jahren wurden viele Kenntnisse über sicherheitsrelevante Aspekte der Lasertechnik in Europa und in den USA gewonnen. Daraus wurden spezifische Normen und Standards für den sicheren Umgang mit Lasersystemen und für den Laserschutz erarbeitet. Diese Normen beziehen sich in der Regel auf die „marktüblichen“ Lasersysteme (CO₂-, Nd:YAG-, Excimer-, Diodenlaser etc.). Allerdings stehen Ultrakurzpulslaser im Femtosekundenbereich ($1\text{fs}=10^{-15}$ sek.) und mit Pulsraten von über 1 kHz an der Schwelle zum Praxiseinsatz in der Medizintechnik, Messtechnik, Lasermaterialbearbeitung, Mikrobearbeitung und anderen Gebieten.

Ultrakurze Laserpulse werden ultra-sicher

Zur Zeit werden erste Forschungsaktivitäten im Bereich „Sicherheit für Ultrakurzpuls-Laserstrahlung“ unternommen. Die

Arbeiten begleiten die Entwicklung von Strahlquellen mit Pulslängen bis 5 fs und hohen Strahlleistungen. Für diese Laser gibt es derzeit keine zuverlässigen Vorschriften zur Lasersicherheit.

Hinzu kommt, dass die fs-Lasertechnik grundsätzliche Sicherheitsfragen aufwirft, da nicht bewiesen ist, dass Erkenntnisse über Gefahren und Schutzmaßnahmen aus dem Bereich der konventionellen Laser auf den Bereich der ultrakurzen Pulse übertragbar sind. Diese Fragen beziehen sich auf alle Aspekte der Lasersicherheit.

Vor allem die Wirkung der fs-Laserstrahlung auf Auge und Haut ist von großem Interesse. Auch die Sekundärstrahlung (z. B. Röntgenstrahlen) und luftgetragene Partikel als Emissionen sind Themen der jetzigen Forschungsaktivitäten am Laser Zentrum Hannover (LZH). Weitere Forschungsaktivitäten befassen sich mit Schutzmaßnahmen und -ausrüstung: Sicherheitsbrillen, -gläser,

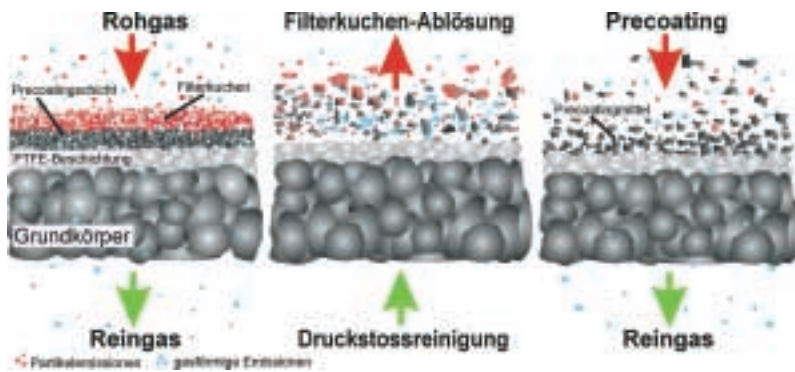
Schutzwände etc. Um diese sicherheitsrelevanten Einrichtungen zu entwickeln, ist es notwendig, dass Zerstörschwellen für menschliches Gewebe sowie für Schutzausrüstungen bekannt sind. Die gewonnenen Informationen werden als Basis für internationale Normen und Standards dienen und dazu beitragen, dass auch im Bereich der Ultrakurzpulslaser, eine „Ultrasicherheit“ erreicht werden kann.

Saubere Abluft für eine saubere Umwelt

Laserstrahlung wird zunehmend zur Be- und Verarbeitung polymerer Werkstoffe eingesetzt. Dabei werden auf Grund der thermischen Bearbeitung partikel- und gasförmige Prozessnebenprodukte emittiert. Diese Emissionen müssen aus der Abluft herausgefiltert werden, bevor die gereinigte Luft in die Umwelt zurückgeführt wird. Mit konventionellen Abluftreinigungsanlagen werden diese Prozess-

nebenprodukte nicht effizient bzw. nicht wirtschaftlich genug entfernt, da sehr feine ($< 1 \mu\text{m}$) und klebrige Partikelemissionen die Filtermedien verstopfen und somit in starkem Maße die Standzeiten der Filter verringern. Außerdem erfolgt keine ausreichende Abscheidung von gasförmigen Kohlenwasserstoff-Emissionen.

Zur Lösung dieses Problems hat das LZH in einem Forschungsprojekt mit der Herding GmbH ein Filtrationsverfahren für die Prozessemissionen von Polymer- und Holzwerkstoffen weiterentwickelt und qualifiziert. Bei dem sogenannten „Precoating-Verfahren“ werden Filterelemente vor Beginn jedes Filtrationszyklus mit einem Hilfsstoff (Precoatingmittel) bestäubt.



Mit dem Precoating-Verfahren kann die Abluft von Laseranlagen zur Bearbeitung von Polymeren von Partikeln und Gasen effektiv gereinigt werden.

An dieser Precoating-Schicht werden die Partikelemissionen nahezu vollständig abgeschieden ($> 99,95\%$) und gleichzeitig die gasförmigen Emissionen bis zu 26% adsorbiert. Der Filter wird in regelmäßigen Intervallen durch eine Druckstoßreinigung gesäubert und anschließend wird die regenerierte Filteroberfläche wieder mit frischem Precoating-Mittel beschichtet. So lassen sich Verstopfungen des Filtermaterials weitgehend unterdrücken und lange Standzeiten der Filterelemente erzielen.

Im Abluftstrom der Filteranlage sind noch verschiedene gasförmige Kohlenwasserstoffe enthalten, die in Art und Zusammensetzung stark von dem bearbeiteten Werkstoff abhängen. Mit einer nachgeschalteten Aktivkohle-Adsorption werden auch diese gasförmigen Emissionskomponenten abgeschieden, so dass die vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten werden. Mit der entwickelten Verfahrenskombination aus Precoating-Verfahren

und nachgeschalteter Aktivkohle-Adsorption lassen sich die komplex zusammengesetzten Prozessemissionen aus der Laser-Polymerbearbeitung zuverlässig und unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte reinigen.

Das Verfahren eignet sich auch bei ständig wechselnden Werkstoffen. Weiterhin können mit geeigneter Anlagentechnik hohe Standzeiten und eine daraus resultierende höhere Wirtschaftlichkeiten realisiert werden.

Stanzformhersteller können aufatmen

In Deutschland sind zur Zeit ca. 120-130 mittelständische Stanzwerkzeugbaubetriebe etabliert. Diese Betriebe setzen überwiegend das Laserschneiden von Schichthölzern zur Produktion von Stanz-

formen für die Verpackungsindustrie ein. Da durch die Laserbearbeitung Verbrennungsprodukte aus Holz, Leim und Harz entstehen, muss die Umgebungsluft abgesaugt und gereinigt werden, um die Sicherheit am Arbeitsplatz zu gewährleisten. Diese Prozessnebenprodukte aus der Holzbearbeitung riechen teilweise extrem unangenehm und sind zum Teil gesundheitsgefährdend. An effektive und preisgünstige Abluftreinigungssysteme werden deshalb hohe Anforderungen gestellt.

Das LZH hat mit Projektpartnern im

Lasersicherheit durch Aus- und Weiterbildung

Sicherheit ist nur möglich, wenn Mitarbeiter/-innen in Betrieben mit Lasern entsprechend geschult sind. Sachkenntnisse über den sicheren Umgang mit Lasern müssen ermittelt und im Betrieb weitergegeben werden. Von den Berufsgenossenschaften anerkannten Seminare für Laserschutzbeauftragten für technische und für medizinische Anwendungen werden – unter anderem – vom LZH angeboten. Mehr Informationen dazu finden Sie unter www.lzh.de im Internet.

Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojektes ein geeignetes und wirtschaftliches Abluftreinigungssystem qualifiziert. Diverse Reinigungsverfahren wurden für die laserinduzierten Gesamtemissionen erprobt, wobei sich das Biotropfkörper-Verfahren (BKT-Verfahren) als ökologisch und ökonomisch effiziente Lösung erwiesen hat. Dieser biologische Abluftfilter verwendet Mikroorganismen, die sich von den Schadstoffen in der Abluft ernähren und sie in CO_2 und Wasser umwandeln.

Das BTK-Verfahren zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- effiziente Abscheidung von grenzwertrelevanten Komponenten aus der Abluft
- effiziente Abscheidung von Geruchsstoffen aus der Abluft
- minimaler Energieeinsatz
- hohe Wirtschaftlichkeit
- hohe Prozesssicherheit
- vollständige Übertragbarkeit auf Stanzformenhersteller

Im Mittel betrug die Geruchsminderung 42% und die Abscheidung der Aerosole war mit 36% als ausreichend zu bewerten. Die BTK-Anlage wurde im Langzeitbetrieb getestet und wird über den Kooperationspartner M+W Zander Facility Management GmbH als Drittnutzer vermarktet.

Da die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Laserbearbeitung verschiedener Holzfaserverwerkstoffe gegeben ist, ist eine Verwertung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse auch in anderen Branchen wie Holz-, Holzstaub- und Holzwerkstoff-Verbrennung möglich.

Intelligente Abluftreinigung

Betreiber von Laseranlagen zum Schneiden von Kunststoffen und Holz stehen oftmals vor dem Problem, dass sie die permanente, einwandfreie Funktion ihrer Absaug- und Filtereinheit sicherstellen müssen. Da Kontrollmessungen sehr aufwändig sind und eine Produktionsunterbrechung bedingen, wird am LZH ein kostengünstiges Online-Messsystem entwickelt, das etwaige Betriebsstörungen oder Grenzwertüberschreitungen erkennt. Mit einer solchen „intelligenten“ Filteranlage ausgestattet, befindet sich der Laseranwender stets auf der sicheren Seite und spart Betriebskosten sowohl durch den Wegfall von Kontrollmessungen als auch durch optimale Ausnutzung der Standzeit seines Filtersystems.
Stephan Barcikowski, Jens Bunte, LZH

Bewegungen in der Antriebstechnik

Das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover veranstaltet am 14. und 15. Mai 2003 erstmalig das Seminar „Antriebstechnik für die Fertigung“. Ziel des zukünftig jährlich stattfindenden Seminars ist es, einen umfassenden Überblick über den Stand von Technik, Entwicklung und Forschung auf dem Gebiet der Antriebstechnik für Werkzeugmaschinen, Industrieroboter und Handhabungseinrichtungen im industriellen und wissenschaftlichen Umfeld zu geben.

Zu den Themengebieten Antriebssysteme, mechanische Übertragungselemente, Steuerungs- und Messtechnik

werden Neuentwicklungen, Forschungsvorhaben, Erfahrungen und Anforderungen diskutiert. Zusätzlich wird im Rahmen eines Schwerpunktvortrags das Thema Direktantriebstechnik intensiv betrachtet.

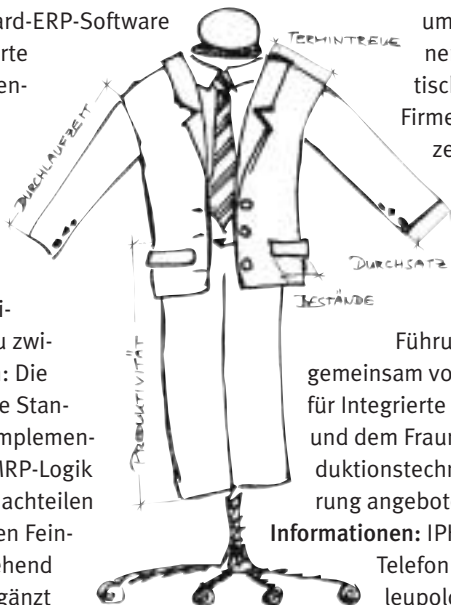
Das Seminar richtet sich an Hersteller von Antriebskomponenten, Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen sowie Maschinenanwender, z. B. aus der Automobil-, Luft- und Raumfahrt-Industrie.

Weitere Information:

IFW, Hans-Christian Möhring,
Telefon (0511) 762-2390,
moehring@ifw.uni.hannover.de

Maßanzug PPS

Wie aus einer Standard-ERP-Software eine maßgeschneiderte Lösung wird, ist Gegenstand des Seminars „Maßanzug PPS“ am 8. Mai 2003 in Hannover. Zur Zeit bewegt sich die Planung und Steuerung im Maschinen- und Anlagenbau zwischen zwei Extremen: Die Entscheidung für eine Standard-ERP-Software implementiert die klassische MRP-Logik mit den bekannten Nachteilen einer minutengenauen Feinplanung. Eine weitgehend manuelle Lösung, ergänzt



um Tabellenkalkulationen, ist die pragmatische Alternative vieler Firmen. Wirklich überzeugend ist keine dieser Möglichkeiten. Auswege aus dem Dilemma zeigt das ganztägige Seminar für Führungskräfte, das gemeinsam vom IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover und dem Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung angeboten wird.

Informationen: IPH, Mario Leupold,
Telefon (0511) 27 97 6-116,
leupold@iph-hannover.de

Objekte im Miniaturformat

Am LZH wurde eine neue Technik zur 3-D-Strukturierung von UV-sensitiven Polymeren entwickelt. Diese Technik erlaubt es, beliebige 3-D-Objekte mit einer Auflösung von 100 nm nach Computervorgaben in die Realität umzusetzen.

Werden Femtosekunden-Laserpulse in das Volumen des Harzes fokussiert, so kann innerhalb des Fokusvolumens der Polymerisationsprozess durch Zwei-Photonen-Absorption initialisiert werden.

Wird der Laserfokus dreidimensional durch das Harz bewegt, so findet die Polymerisation entlang der Spur des Fokusses statt. Mit der neuen Technik ist möglich, Strukturen zu generieren, die kleiner als das Beugungslimit der Laserstrahlung und von optischer Qualität sind.

Kontakt und Information:

LZH, Jesper Serbin,
Telefon (0511) 2788-237

Neuer Oberingenieur am IFW



Dipl.-Ing. Jan Cord Becker

Am 01. März 2003 hat Dipl.-Ing. Jan Cord Becker die Funktion des Oberingenieurs am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover übernommen. Er löst damit Dr.-Ing. habil. Thomas Friemuth ab, der nach mehr als sieben Jahren erfolgreicher Tätigkeit am IFW in die Industrie wechselt.

Jan Cord Becker studierte Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik an der Technischen Universität Braunschweig und ist seit Juli 1998 Mitarbeiter des IFW.

Hannoveraner entwickeln zukunftsfähige Implantate

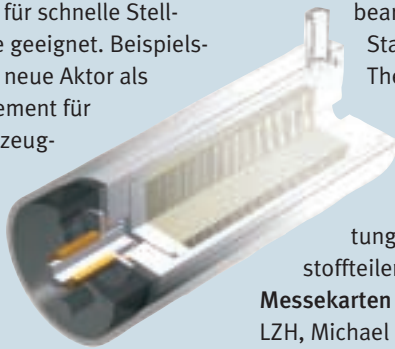
10 Millionen Euro für Biomedizintechnik

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert in den kommenden vier Jahre mit mehr als 10 Millionen Euro einen neuen Sonderforschungsbereich (SFB) für Biomedizintechnik. Ziel ist die Entwicklung zukunftsfähiger bioresorbierbarer und permanenter Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen.

Neben verschiedenen technischen Instituten der Universität Hannover sind an dem Sonderforschungsbereich die Medizinische Hochschule Hannover, die Tierärztliche Hochschule Hannover, das Laser Zentrum Hannover und die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung in Braunschweig (GBF) beteiligt.

Klein, schnell und kräftig: IFW entwickelt neuartigen Piezostapelaktor

Am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover wurde ein neuartiger Piezostapelaktor mit einem miniaturisierten hydraulischen Stellwegübersetzer zu einem kompakten Aktormodul kombiniert, der als schneller und kräftiger Antrieb mit Stellwegen im Submillimeterbereich dient. Bei einem Leerlaufstellweg von 0,5 mm und einer Blockierkraft von 300 N benötigt das Modul nur 32 x 32 x 80 mm Bauraum und ist damit insbesondere als Antrieb für schnelle Stell- und Schaltvorgänge geeignet. Beispielsweise lässt sich der neue Aktor als aktives Vorspannelement für wälzgelagerte Werkzeugspindeln einsetzen. Präsentiert wird das Aktormodul im Rahmen der Hannover Messe 2003 auf dem Gemeinschaftsstand „Innovationslandschaft Niedersachsen“ zusammen mit weiteren 40 Projekten aus Industrie und Wissenschaft.
Halle 18, 1.OG Stand 003



Mikro und Makro: Lasertechnik für klein und groß

Ebenfalls auf der Hannover Messe 2003 präsentiert das Laser Zentrum Hannover (LZH) den produktions-technischen Einsatz des Lasers in

der Mikro- und Makromaterialbearbeitung. Auf dem LZH-Stand in Halle 6 werden die Themen Mikromaterialbearbeitung und -systemtechnik, Laserstrahlschweißen im Waggonbau, Glastrennen, Innenrohrbearbeitung und Schweißen von Kunststoffteilen vorgestellt.

Messekarten und weitere Informationen:
LZH, Michael Botts, bt@lzh.de
Halle 6, Stand Co7



Laser sorgt für saubere Kunst

Viele metallische Kunst- und Kulturobjekte sowie archäologische Fundstücke zeigen alters- und umweltbedingte Korrosionsschäden. Die Korrosion beeinträchtigt nicht nur das optische Erscheinungsbild, sondern stellt auch einen gravierenden Schadensfaktor dar. Klassische Reinigungs- und Restaurierungsmethoden

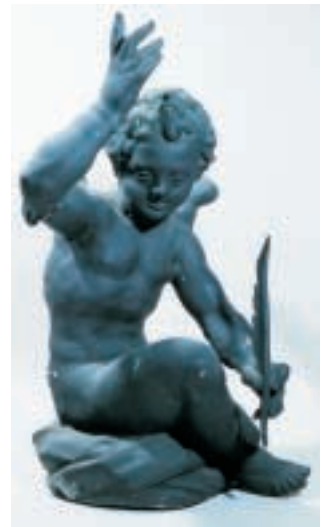
führen vielfach sowohl aus materialkundlicher Sicht als auch aus Sicht der Denkmalpflege nicht zu befriedigenden Ergebnissen. In einem Kooperationsvorhaben

untersucht das Laser Zentrum Hannover

(LZH) jetzt die Möglichkeiten und Grenzen eines Reinigungsprozesses mittels Femtosekundenlaserstrahlung, die einen „kalten“ und damit materialschonenden Abtrag von Korrosionen und Verunreinigungen ermöglicht. Nach 12 Monaten sollen die geeigneten Laserbearbeitungsparameter verfügbar sein, mit denen eine exemplarische Reinigung einer Rückenpartie eines Bronze-Puttos aus dem Jahre 1648 von Adrian de Vries erfolgt, die von dem Grafenhaus der Schaumburger Landschaft dafür zur Verfügung gestellt wird.

Insbesondere die Wirtschaftlichkeitskriterien sowie die Handhabbarkeit und Betriebssicherheit bzw. -stabilität werden anschließend beurteilt. Das Projekt wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unterstützt.

Weitere Information:
LZH, Tomas Burmester,
Telefon (0511) 2788-484, tb@lzh.de



Freut sich bald über einen sauberen Rücken: Mit einem Laser wird dieser Bronze-Puttos gereinigt.

Optische 3-D-Vermessung von Bauteilen und Werkzeugen

In Bereichen wie Design, CAD-Konstruktion, NC-Fertigung und Qualitätssicherung werden immer häufiger genaue Maßangaben über Oberflächenkonturen benötigt. Optische Messsysteme, wie das am Institut für Umformtechnik und Umformverfahren (IFUM) der Universität Hannover eingesetzte ATOS II der Firma GOM, ermöglichen die berührungslose und materialunabhängige 3-D-Digitalisierung von fast beliebigen Objekten. Dabei spielt es keine Rolle, ob das zu vermessende Teil 10 mm oder 10 m groß ist. Ein großer Vorteil des ATOS-Systems ist seine Flexibilität. So kann man die gesamte Messeinheit innerhalb kürzester Zeit am Einsatzort aufstellen. Die aufgenommenen Daten werden im Anschluss am IFUM je nach Einsatzzweck (Simulation, Konstruktion, NC-Bearbeitung usw.) in

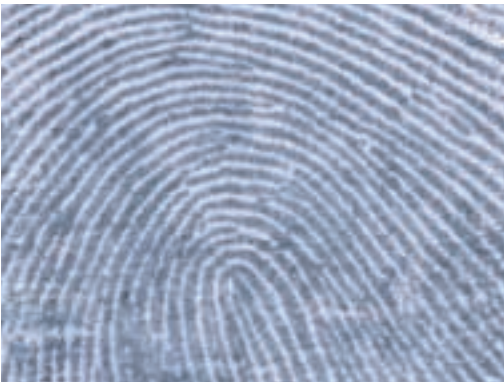
verschiedene Systeme importiert und weiterverarbeitet.

Information: IFUM, Ralf Koblitz,
koblitz@ifum.uni-hannover.de



vorschau

Die nächste Ausgabe der *phi*
erscheint im Juni/Juli 2003



Mass Customisation

Maßschuhe für den kleinen Geldbeutel

Produktkonfiguratoren

Hochflexible Produktionsendstufen

Steigende Modellvielfalt und
Nischenproduktion

Reparaturlötung am laufenden Band

Von Mikro zu Nano

Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und
Logistik der Universität Hannover

IFA

Institut für Fertigungstechnik
und Werkzeugmaschinen
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

