

φ phi

Produktionstechnik Hannover informiert



Foto Airbus



Magnesium macht das Fliegen leichter



Mit neuen Flügeln



Titan hebt ab

*Produktionstechnik für die
Luft- und Raumfahrt*

inhalt

- 3 **Editorial**
- 4 **Leitartikel**
- 6 **Magnesium macht das Fliegen leichter**
- 8 **Ich sehe was, was du nicht siehst ...**
- 10 **Mit neuen Flügeln**
- 12 **Titan hebt ab**
- 14 **Instandhaltungs-Check für das Bodenpersonal**
- 16 **Weniger ist mehr – logistische Schlankheitskur im Flugzeugbau**
- 18 **Magazin**
- 20 **Vorschau**

impressum

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



Lasermesssysteme haben einen festen Platz in der Luft- und Raumfahrttechnik.



Von den Wartungs- und Instandhaltungs-routinen der Luftverkehrsbranche können Industrieunternehmen eine Menge lernen.



Eine logistische Schlankheitskur macht Unternehmen der Luftfahrtindustrie beweglicher.

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



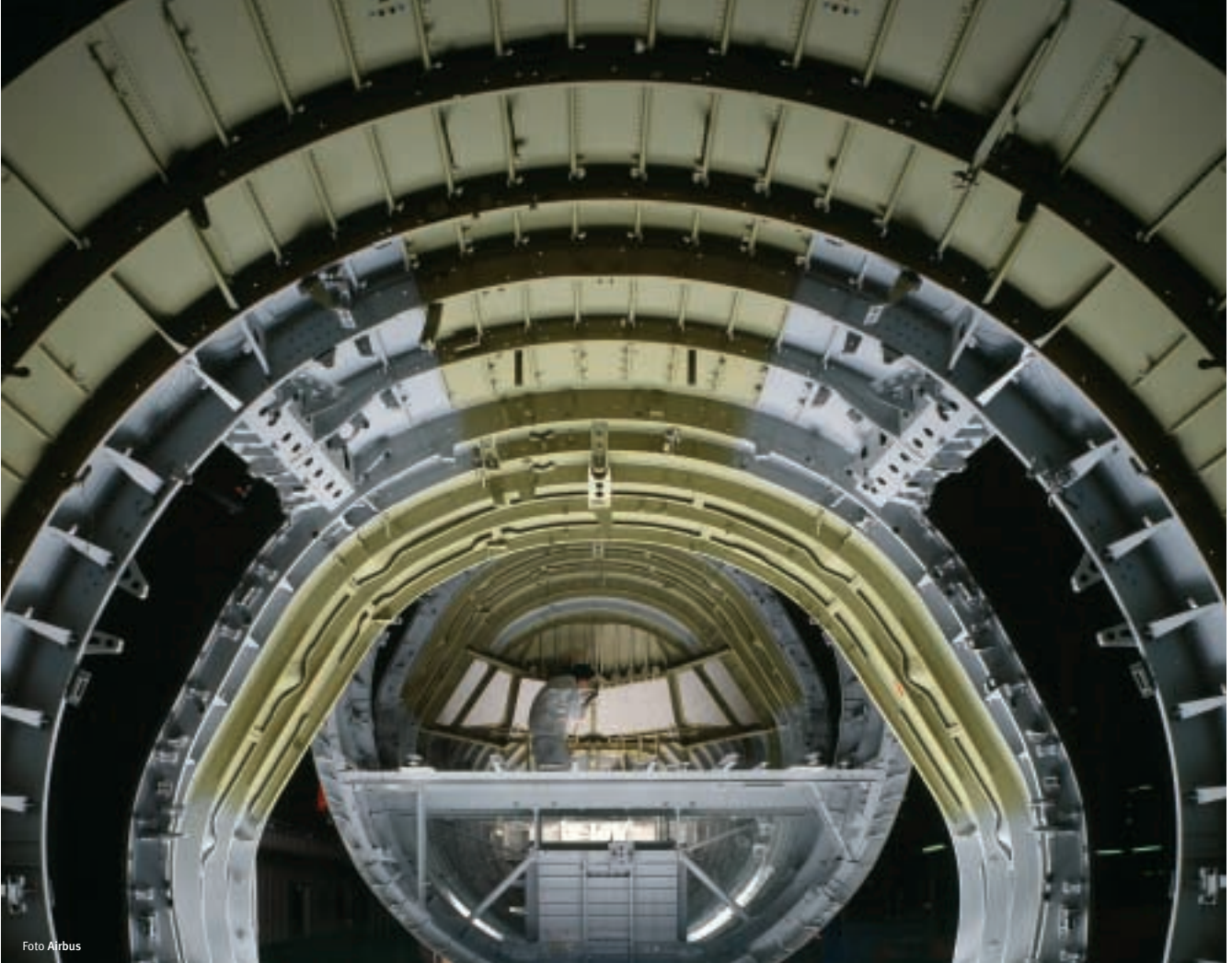
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff
IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover

Liebe Leserinnen und Leser,

die Luft- und Raumfahrt gehört zu den hochkarätigen Technologietreibern. Norddeutschland hat mit den Standorten Bremen, Hamburg, Stade, Varel und Nordenham Fertigungsstätten der Luft- und Raumfahrt, in denen Hochtechnologien umgesetzt werden. Das Feld ist extrem breit. Es reicht von neuen Urformverfahren für Polymere und verstärkte Matrixwerkstoffe über material- und energiesparende Umformverfahren, das Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsspannen mit Quantensprüngen in der Produktivität sowie hochproduktive chemische und elektrochemische Abtragverfahren bis hin zu neuen Fügeverfahren und Beschichtungsprozessen. In der Vielfalt der Fertigungsprozesse liegt eine Chance und eine Herausforderung für die technologische Forschung. Vorsprünge in Produktivität und Qualität lassen sich nur halten, wenn neues Wissen ständig nachgeliefert wird. Vorsprünge sind gerade in dieser Branche essentiell, denn der Wettbewerb richtet sich nach außen – und hier vor allem auf die amerikanische Flugzeugindustrie – aber auch nach innen in die europäischen Gruppen. Luft- und Raumfahrt ist eine Branche, die offenbar supranational agieren muss. Das bedeutet aber auch konkurrierende Standorte innerhalb einer Unternehmensgruppe. Dieser interne und externe Wettbewerbsdruck muss die Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft forcieren. Hier liegt für kreative Forschergruppen, die zielgerichtet zu arbeiten verstehen, eine Chance.

Die Herausforderung an die Produktionswissenschaft sehe ich darin, dass es auch der Luft- und Raumfahrtindustrie letztlich um das Produkt geht, nicht isoliert um den einzelnen Produktionsprozess oder Fertigungsschritt. Dieser Paradigmenwechsel muss auch in der Wissenschaft vollzogen werden. Nach den bestehenden Strukturen muss das eine massive Intensivierung von Kooperationen zwischen den Fachgebieten der Produktionstechnik und darüber hinaus bedeuten. Organisatorische Grenzen dürfen keine Hemmnisse mehr sein. Disziplinübergreifendes Arbeiten ist gefragt. Dafür kann Hannover einige erfolgreiche Beispiele zitieren: Das Laser Zentrum Hannover verdankt seinen Erfolg dem intensiven Zusammenwirken von Physik, Werkstofftechnik und Produktionswissenschaft. Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover führt Logistik, Prozesstechnik und Informationstechnik zusammen und ist ein weiteres Exempel dafür, dass sich die Devise „In den Nischen liegen die Potenziale“ bewährt. Das Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) wird in Garbsen gleich sechs Disziplinen zusammenführen und dann den Nachweis zu erbringen haben, dass gilt: Einzelarbeit addiert, Zusammenarbeit multipliziert.

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



Vorreiter Luft- und Raumfahrttechnik

Die Luft- und Raumfahrtindustrie steht als Vorreiter in der Forschungs- und Technologieentwicklung weit vorne. Grenzwerte werden ausgelotet und neue Trends nicht nur in der Produktionstechnik gesetzt. Daher schauen viele Unternehmen in Deutschland auf die Entwicklungen in diesem Industriezweig.

Keine Branche orientiert sich so intensiv an den Grenzwerten in der Produktionstechnik wie die Luft- und Raumfahrtindustrie. Strategisch von höchster Priorität für uns und unsere europäischen Nachbarn, suchen die Fachleute in Unternehmen und Forschung nach immer neuen Möglichkeiten, die maschinen- und technologieseitigen Grenzen hinauszuschieben. Wirft man einen Blick auf die

Entwicklung der Beschäftigtenzahlen in Deutschland, so stellt man ein Auseinanderdriften der Zuwachsraten fest, wobei die Zahl der Erwerbstätigen im Luft- und Raumfahrtbereich in den vergangenen Jahren mit durchschnittlich fast 3 % sehr erfreulich gewachsen ist, während die Erwerbstätigenzahl der Gesamtwirtschaft bei unter 0,5 % Zuwachs stagniert. Andererseits verlagern deutsche Firmen

zunehmend Produktionen ins Ausland, während der Anteil von Unternehmen, die Teile der Produktion wieder nach Deutschland zurückverlagern bei 7 % verharrt. Eine Studie des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) fragte Unternehmen nach den Gründen für die Reintegration nach Deutschland. 62 % der Unternehmen geben höhere Flexibilität bezüglich

Lieferfähigkeit und Termintreue als Grund für eine Rückverlagerung an. Qualität wird von 43 % der Unternehmen genannt, von 21 % die Produktion in unmittelbarer Nähe zu den FuE-Zentren. Der Technologiefortschritt, die gute Infrastruktur und die hervorragend ausgebildeten Mitarbeiter sind somit als Stärken des Standorts Deutschland zu verstehen. In der Luft- und Raumfahrtindustrie sind dies wettbewerbsentscheidende Faktoren.

Interdisziplinäre Entwicklung

Gegenwärtige und zukünftige Produktionsaufgaben in der Luft- und Raumfahrttechnik lassen sich in zunehmendem Maße nur noch durch themenübergreifende Ansätze bewältigen. Einzelbetrachtungen, beispielsweise der konstruktiven Bauteilgestaltung auf der einen und der Bauteilfertigung auf der anderen Seite, reichen nicht mehr aus. Diesem Problem müssen sich insbesondere moderne CAx-Systeme stellen. Entwicklungen im Bereich der Fertigungsverfahren – wie beispielsweise dem fünfachsigen Flankenfräsen komplexer Freiformgeometrien – lassen sich nur dann wirtschaftlich umsetzen, wenn entsprechende CAD/CAM-Systeme existieren, die diese Technologien unterstützen. Im Zuge der Steuerungsentwicklung wurde die Möglichkeit geschaffen, mathematische Funktionen wie Splines und NURBS zu verarbeiten und damit neue Wege in der Bearbeitung gekrümmter Flächen zu erschließen. Seitens der CAM-Systeme herrscht noch großes Entwicklungspotenzial, diese Möglichkeiten sinnvoll auszunutzen.

Die hochproduktive Umsetzung komplexer Bearbeitungsvorgänge durch die Werkzeugmaschine ist nach wie vor das entscheidende Element in der Herstellungskette. Die Zunahme simultaner, mehrachsiger Operationen bedeutet steigende Anforderungen an die Dynamik und Präzision der einzelnen Vorschubachsen. Neben den Elementen der Antriebsstränge sind strukturelle Maschineneigenschaften zu berücksichtigen. Eine Folge davon ist die konsequente Reduzierung bewegter Massen. Neue Werkstoffe, Methoden zur Optimierung der Kräfteinleitung und Verteilung in Maschinenkomponenten sowie parallelkinematische Achsarchitekturen sind nur einige Möglichkeiten.

Weitere Ansätze zur Erhöhung der Arbeitsleistungen bestehen in der Integration und Kombination mehrerer Produktionsschritte und Fertigungsprozesse

in einer Maschine. Es ergeben sich Zeiteinsparungen durch den Wegfall von Handhabungseinrichtungen und Zwischenspeichern sowie eine Reduzierung des Raumbedarfs der Fertigungseinrichtungen. Darüber hinaus lässt sich eine Steigerung der Arbeitsgenauigkeit erreichen, da Ungenauigkeiten durch Umspannvorgänge und Teilehandling minimiert bzw. ausgeschlossen werden. Als Beispiel sei hier die Entwicklung von Multifunktionsmaschinen für verschiedenste Bearbeitungsverfahren innerhalb einer Maschine genannt. So wird in einer Aufspannung gefräst, geschliffen, gebohrt, gehont, geräumt und vermessen. Das verringert in erheblichem Maß die Nebenzeiten. Dadurch ergeben sich reduzierten Zykluszeiten sowie die Möglichkeit, die Bestände an halbfertigen Erzeugnissen zu reduzieren.

Neue Horizonte erforschen

Sowohl die Steigerung der Antriebsleistungen als auch die Integration mehrerer Fertigungsverfahren können durch konstruktive und steuerungstechnische Maßnahmen erfüllt werden. Mit der Erweiterung der Steuerungsfunktionalitäten um Überwachungs- und Kompensationsaufgaben können Maschinen- und Prozesszustände erfasst werden, um eine Nachregelung der Fertigungsabläufe zu ermöglichen. Von besonderem Interesse sind die Beobachtung des Werkzeugsystems hinsichtlich einer Verschleiß- und Bruchüberwachung sowie die Erkennung und Reduzierung auftretender Strukturschwingungen. Aktuelle Forschungsvorhaben beschäftigen sich daher intensiv mit der Einbindung mechatronischer und adaptiver Systeme, die einfließenden Störgrößen direkt entgegenwirken sollen.

So soll das Verhalten der Werkzeugmaschine im gewünschten Fertigungsprozess in der NC-Programmierung berücksichtigt werden. Visionäres Ziel ist die integrale Simulation des gesamten Fertigungsablaufs. Die Rückführung der in der Simulation und Probefertigung gewonnenen Informationen in spätere Konstruktions- und Planungsabläufe kann helfen, diese von vornherein zu optimieren.

Hochgeschwindigkeit oder Hochleistung?

Auf dem Feld der Fertigungsverfahren ist die Zeit, in der die Prozessparameter einfach nur erhöht wurden, schon lange vorbei. Jetzt werden die Strategien zur

Bearbeitung der Bauteile weiterentwickelt. Dabei ist die Ausrichtung der Bearbeitungsstrategie von den Rahmenbedingungen und vor allem von den Anforderungen an Werkzeug, Maschine und Bauteil abhängig. So besitzt die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung bei den Schlichtprozessen ein weites Anwendungsgebiet. Bei hohen Drehzahlen (60.000 min^{-1}) und vergleichsweise hohen Vorschüben (20 m/min) werden Schlichtprozesse vorangetrieben.

Sicherlich erfolgt weit über die Hälfte der Zerspanprozesse in der Luft- und Raumfahrtindustrie an Aluminiumbauteilen durch Schruppprozesse. Hier bedarf es hoher Vorschübe und Zeitspanvolumina bei hohen Motorleistungen im Bereich von 100 kW bei Drehzahlen von 20.000 min^{-1} . Das Resultat der Hochleistungsbearbeitung ist eine erhebliche Einsparung in der Bearbeitungszeit und somit ein glatter Kostenvorteil. Hierzu müssen jedoch entsprechende Maschinen, Steuerungen und Werkzeuge entwickelt werden.

Von der Luft auf die Straße

Was seit Jahrzehnten Stand in der Luft- und Raumfahrttechnik ist, wird heute auch Standard im Automobilbau. Erst seit wenigen Jahren gibt es Serienautos, die vollständig aus Aluminium hergestellt werden. Heutzutage werden Teile des Flugzeugtrupfes und der -flügel aus CFK oder anderen Verbundwerkstoffen, aus Titan und Aluminium gefertigt. In wenigen Jahren werden auch mit diesen Werkstoffen ausgestattete Serienautos auf unseren Straßen fahren. Jedoch müssen diese Werkstoffe auch be- und verarbeitbar sein. Hier sind weitere Entwicklungen notwendig.

Es ist anzunehmen, dass die Luft- und Raumfahrtindustrie auch in Zukunft Technologievorreiter bleiben wird, zumal sich die Nachfrage nach der Transportdienstleistung Fliegen in den nächsten 20 Jahren mehr als verdoppeln wird. Für den Flugfrachtbetrieb werden weit höhere Zuwachsraten erwartet. Die Entwicklungen in dieser Branche werden auch künftig andere innovative Industriezweige (z. B. Automobil und Schwerindustrie) inspirieren.

Berend Denkena, IFW



Magnesium macht das Fliegen leichter

In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist jedes Gramm Gewicht, das eingespart werden kann, wertvoll. Ging es in den Anfängen der Luftfahrt noch darum, überhaupt vom Boden abheben zu können, machen heute besonders leichte Bauteile das Fliegen wirtschaftlicher.

Als den ersten Menschen, der wirklich mit einem Fluggerät flog, kann man Otto Lilienthal bezeichnen. Er gilt als Pionier des Gleitflugs, wobei er zwischen 1891 und 1896 Flüge von bis zu 300 m Weite durchführte. Im Jahre 1902 tüftelten die Brüder Orville und Wilbur Wright in ihrer Werkstatt über Tischmodellen und Konstruktionszeichnungen an einem Fluggerät, welches einen Motor besitzt, der eine Luftschraube antreibt. Im Jahre 1902 war dies leichter gesagt als getan: Eine Dampfmaschine kam aufgrund des Gewichts nicht in Frage, und auch der gerade von Nikolaus Otto erfundene Ottomotor wog zuviel. Daher konstruierten die Brüder Wright einen neuen Motor – einen speziellen Flugmotor, der leicht und stark genug war, ein Fluggerät vom Boden abzuheben und durch die Luft zu

tragen. Heraus kam ein Vierzylindermotor mit 12 PS und für damalige Verhältnisse unfassbar leichten 110 kg. Am 17. Dezember 1903 gelang schließlich den Brüdern Wright mit Hilfe dieses neu entwickelten Motors unter anderem ein Flug von 59 Sekunden über eine Strecke von 255 Metern. Man kann in diesem Fall schon von einem ersten Leichtbau im Motorenbereich der Luftfahrt sprechen. Heute wissen wir, dass die Gebrüder Wright nicht die ersten waren, die mit Hilfe eines Motors geflogen sind. Vier Monate vor ihnen gelang nämlich bereits am 18. August 1903 Karl Jatho in Hannover der erste Motorflug über eine Distanz von 18 Metern.

Die Entwicklung der Luftfahrt vollzog sich nach diesen ersten Erfolgen rasant. Nur

sechs Jahre später gelang 1909 die Erstüberquerung des Ärmelkanals. Nach dem Krieg gelang die erste Atlantiküberquerung im Jahre 1919. Die erste Non-Stop-Überquerung wurde 1927 bewältigt.

Im Bereich der Flugzeugmotoren führte 1939 das erste Flugzeug mit Düsenantrieb (eine Heinkel He-178) seinen Jungfernflug durch. In den 50er Jahren fanden schließlich Düsenflugzeuge Eingang in den zivilen Luftverkehr. 1976/77 wurden hierbei erstmals auch Überschallflugzeuge im Passagierliniendienst eingesetzt (die britisch-französische Concorde und die sowjetische Tupolew Tu-144).

Große Schritte für die Menschheit

Die Grundsteine der ersten wirklichen Raketen, die die Voraussetzung der

Raumfahrt darstellten, wurden im Zweiten Weltkrieg gelegt. Der erste erfolgreiche Start der V2 zu Testzwecken erfolgte am 3.10.1942 von Peenemünde aus. Sie erreichte letztendlich eine Höhe von 90 km und eine Flugstrecke von über 300 km.

Der eigentliche Durchbruch zur Raumfahrt gelang der damaligen UdSSR im Jahre 1957 mit dem „Sputnik“ als ersten Erdsatelliten. Nur vier Jahre später, 1961, fand der erste bemannte Raumflug durch Juri Gagarin statt. Aber auch die Amerikaner beschäftigten sich, angespornt durch den Vorsprung der UdSSR, sehr intensiv mit der Raumfahrt. Am 16.7.1969 startete die Apollo 11 der USA. Vier Tage später betrat Neil Armstrong als erster Mensch den Mond.

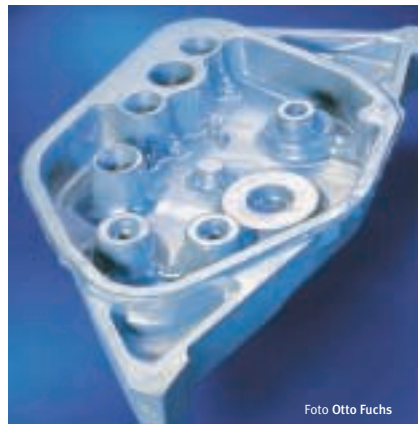
Von der Dampfmaschine zur Rakete

Wie konnte innerhalb so kurzer Zeit der Fortschritt von der Dampfmaschine bis zur Rakete vollzogen werden? „Die rasante Entwicklung dieser Technik ist natürlich nicht mit dem Fortschritt nur eines Technologiebereiches zu begründen, sondern vielmehr handelt es sich dabei um ein Zusammenspiel der verschiedenen produktionstechnischen Gebiete wie der Konstruktions-, Fertigungs-, aber auch der Werkstofftechnik“, erläutert Professor Friedrich-Wilhelm Bach, Leiter des Instituts für Werkstoffkunde (IW) der Universität Hannover. „Früher bestanden Zylinderköpfe aus Gusseisen, heute findet selbst im Automobilbau schon Aluminium und Magnesium verstärkt Verwendung, zum Beispiel beim Aluminium-Space-Frame von Audi.“ Neben einer optimierten Verfahrens- und Fertigungstechnik spielen Hochleistungswerkstoffe für stark beanspruchte Bereiche sowie Leichtmetalle für Gehäuse und weniger beanspruchte Bauteile eine wichtige Rolle.

Mit Magnesium leichter bauen

Magnesium besitzt als leichtestes der technisch relevanten Metalle mit ca. 1,7 g/cm³ ein erhebliches Potenzial zum Leichtbau. Zusätzlich hat es gute abschirmende Eigenschaften gegenüber elektromagnetischen Wellen und auch hervorragende mechanische und akustische Dämpfungskapazitäten. Gegenüber Aluminium lässt sich durch Magnesium eine zusätzliche Gewichtsreduzierung von bis zu 18 %, gegenüber Titan von 37 % und gegenüber Stahl von bis zu 53 % realisieren. Hierdurch bietet

sich Magnesium als Konstruktionswerkstoff für die Luft- und Raumfahrtindustrie in besonderem Maß an, um noch weiteres Gewicht einzusparen. Der Einsatz



Dieser Getriebegehäusedeckel aus der Magnesiumlegierung ZK60A des Hubschraubers Sea King hat ein Gewicht von 43 kg.

hierbei ist jedoch nicht neu. So wurden beispielsweise bereits die Motorträger der Ju 87 aus einer Magnesiumlegierung gefertigt. Mit der XP56 von Northrop 1943 und der F-80C von Lockheed um 1950 wurden sogar „Experimental All-Magnesium Aircrafts“ gebaut und getestet. Im Bereich der Raumfahrt ist das berühmteste Beispiel wohl die MIR der ehemaligen UdSSR, welche lange Zeit als ständig besetzte Raumstation die Erde umkreiste und mehrere Weltrekorde gebrochen hat. Diese bestand zum großen Teil aus einer Magnesium-Lithium-Legierung.

Aber auch in jüngerer Zeit wird Magnesium wieder verstärkt eingesetzt. So werden die massigen Getriebe neuerer Hubschrauber, beispielsweise beim Eurocopter NH90, aus Magnesium gegossen.



Das massige Getriebegehäuse des europäischen NH90-Hubschraubers besteht vollständig aus Magnesium.

Insbesondere in der Luft- und Raumfahrttechnik ist konsequent umgesetzter Leichtbau die Grundlage für einen wirtschaftlichen Betrieb. So besitzt das zur Zeit eingesetzte Spaceshuttle der NASA eine Nutzlast von nur 1,4 % des Startge-

wichts von über 2.000 Tonnen. Hieraus wird deutlich, welche Bedeutung dem Leichtbau zukommt und in den kommenden Jahren noch zukommen wird. Magnesium kann hier eine entscheidende Funktion übernehmen.

Am Institut für Werkstoffkunde wird seit vielen Jahren im Bereich der Magnesiumwerkstoffe und Verarbeitung geforscht. Dabei reicht das Spektrum der Legierungen von kriechbeständigen und ermüdungsfreien Schmiedelegierungen für hoch beanspruchte Bauteile über duktile und leicht verpressbare Strangpresslegierungen für Profile bis hin zu extrem leichten und hoch duktilen Magnesium-Lithium-Legierungen mit einer Dichte von nur 1,3 g/cm³. Gerade diese Legierungen besitzen für die Luft- und Raumfahrt ein hohes Potenzial. Sie weisen hervorragende Festigkeiten und sehr gute Duktilitätseigenschaften bereits im Gusszustand auf. Das Institut für Werkstoffkunde hat zur Herstellung und Handhabung der verschiedenen Magnesiumlegierungen hierbei eine angepasste Gießtechnologie entwickelt, die es erlaubt, die Legierungen entsprechend ihrer Anforderungen bzw. Weiterverarbeitung abzugießen. So kann eine hochreine Schmelzverarbeitung mittels Druckguss, Kokillenguss und Niederdruckguss sichergestellt werden. Die im Institut vorhandene Analyse- und Materialprüftechnik ermöglicht zudem eine umfangreiche Charakterisierung der Werkstoffe.

Alles wird leichter

Bei den Anwendungsfeldern von Magnesium nimmt neben der Luft- und Raumfahrttechnik die Fahrzeugtechnik eine wichtige Position ein. Aber auch bei Gehäusen für Notebooks und Mobiltelefone, Implantaten in der Medizintechnik, Rollstuhl felgen, Fahrradrahmen, Werkzeuggehäusen (z. B. von Kettensägen) und Roboterarmen wird Magnesium heute verstärkt eingesetzt.

Auch wenn Magnesium nie die Universalösung aller Leichtbauprobleme sein wird, so wird dieser Werkstoff aber in der Zukunft nicht nur in der Luft- und Raumfahrttechnik eine immer größere Gewichtung im Materialmix komplexer Bauteile bekommen.

Jan-F. Laß, Andrej Dalinger, IW



Zur Vermessung der Grenzschicht einer umströmten Platte befindet sich der Geschwindigkeitsprofilsensor in die Experimentierkammer eines Windkanals.

Ich sehe was, was du nicht siehst ...

Ob es um Strömungsmessungen an Tragflächen, präzisere Wettervorhersagen oder die Überprüfung von Einsteins Theorien geht: die Lasermesstechnik hat in der Luft- und Raumfahrt ihren festen Platz. Speziell für dieses Gebiet werden neue Laser-Systeme entwickelt, mit denen sichtbar wird, was sonst verborgen bliebe.

Zwar verleiht der Laser – anders als ein aus der Werbung bekanntes Erfrischungsgetränk – keine Flügel, doch durch den Einsatz der Lasermesstechnik ist es möglich, Strömungen an den Flügeln (sprich: Tragflächen) punktgenau zu messen und so die aerodynamischen Eigenschaften besser bestimmen zu können.

Die Laser-Doppler-Anemometrie (LDA) bietet dafür ein berührungsloses Geschwindigkeitsmessverfahren, das standardmäßig zur Vermessung von Strömungen eingesetzt wird, beispielsweise an Flugzeugmodellen im Windkanal. Kommerzielle Geräte sind für eine Vielzahl von Anwendungsfällen verfügbar, aber die neuesten Entwicklungen stellen

Anforderungen an die Messtechnik, die konventionelle Geräte nicht erfüllen können. Zum Beispiel treten an Mikrodüsen oder an Grenzschichten von Tragflächen Strömungsprofile auf, bei denen sich in einem Bereich von 100 µm die Geschwindigkeit von Null bis zu einem Maximalwert ändert. Die Auflösung von konventionellen Geräten mit einem Messvolumen (dem räumlichen Bereich, für den das Gerät sensitiv ist) von ca. 1 mm Länge ist hier nicht ausreichend.

Am Laser Zentrum Hannover (LZH) arbeiten Wissenschaftler an der Entwicklung von sogenannten Laser-Doppler-Sensoren, die solche Geschwindigkeitsprofile auflösen können. Ein neuartiges Verfah-

ren erlaubt die Bestimmung der Position von Streuteilchen im Messvolumen auf nahezu 1 µm genau. Anhand der Informationen über Geschwindigkeit und Ort kann so das gesamte Geschwindigkeitsprofil rekonstruiert werden.

Das Prinzip bietet den Vorteil, dass Strömungsprofile in ihrer Gesamtheit erfasst werden, ohne dass ein mechanisches „Abscannen“ notwendig ist. Geschwindigkeitsprofilmessungen können folglich mit hoher Orts- und Zeitauflösung durchgeführt werden.

Mit dem neuen Sensor können Messungen erfolgen, die beispielsweise zu verbesserten Flugeigenschaften von Flugzeugen oder zu Einsparungen von Benzin

durch verbesserte Einspritzdüsen führen. Der neuartige Sensor wurde bereits im Windkanal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig erprobt, wo die Grenzschicht einer umströmten Platte erfolgreich vermessen werden konnte. Die Forschungsarbeiten erfolgen mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

Laser im Weltraum ersetzen Wetterfrösche

Ein weiteres Einsatzgebiet des Lasers in der Messtechnik hat mit dem Wetter zu tun. Die zuverlässige Wettervorhersage und die Einschätzung der langfristigen Klimaentwicklung rücken immer mehr in das Blickfeld von Forschung und Industrie.

Nicht nur Klimaexperten, sondern auch Politiker und Versicherungsgesellschaften befassen sich inzwischen mit der globalen Klimaentwicklung. Zwar betrifft das Klima mit seinen katastrophalen Extremen – wie Überflutungen oder der Vernichtung von Ernten – vor allem die jeweilige Bevölkerung, aber das Wettergeschehen hat auch einen erheblichen Einfluss auf Landwirtschaft, Verkehr und Touristik als Wirtschaftsfaktoren.

Die europäische Weltraumorganisation ESA plant deshalb eine Satellitenmission, in der die Windbewegungen in der gesamten Erdatmosphäre mit bisher unerreichter Qualität vermessen werden sollen. Solche Daten werden für ein verbessertes Modell der Erdatmosphäre benötigt, um insbesondere die Langzeitvorhersagen zu verfeinern. Schließlich hofft man, daraus auch Erkenntnisse über den Klimawandel gewinnen zu können.

Zentrales Instrument auf dieser Mission wird das sogenannte Doppler-Wind-Lidar sein: Impulse eines frequenzstabilisierten UV-Leistungslasers werden vom Satelliten abwärts in die Atmosphäre gesendet. Das Licht wird an Teilchen in der Atmosphäre und an den Luftmolekülen gestreut und erreicht zum kleinen Teil einen empfindlichen Detektor auf dem Satelliten. Die Frequenz des rückgestreuten Lichts ist dabei aufgrund der unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten verändert. Mit Hilfe eines hochpräzisen Referenzlasersystems kann aus dem Vergleich der Frequenzen von ausgesendetem und rückgestreutem Licht auf die Verteilung der Windgeschwindigkeiten in der Atmosphäre geschlossen werden.

Für diese Mission wurde am LZH ein Baustein des Lidar-Systems entwickelt:

Ein Prototyp eines hochstabilen Referenzlasersystems. Das Lasersystem beruht auf einem Miniatur-Einkristall-Laser (Nd:YAG, NPRO – Non-Planar Ring Oscillator), der für einen späteren Einsatz im Weltraum ideale Voraussetzungen bietet. Mit Ausgangsleistungen bis zu zwei Watt und einer beachtlichen Intensitäts- und Frequenzstabilität ist der Laser ein idealer Kandidat für den messtechnischen Einsatz – sowohl auf der Erde als auch im Weltall. Eine wichtige Rolle für die Mission spielt die hohe Zuverlässigkeit des Systems.

Im weiteren Verlauf der Laserentwicklung wird dieses System miniaturisiert und für den Einsatz unter den extremen Bedingungen einer Satellitenmission vorbereitet.

Alle Auswirkungen einer verbesserten Wettervorhersage können hier kaum aufgelistet werden. Es profitieren landwirtschaftliche Betriebe, Konzertveranstalter, mit Urlaubern gefüllte Flugzeuge oder Spediteure, wenn das Wettergeschehen besser erkannt werden kann. Ferner können schneller und präziser Unwetter- oder Katastrophenwarnungen bekannt gemacht werden und so vorbeugende Maßnahmen effektiver eingeleitet werden.

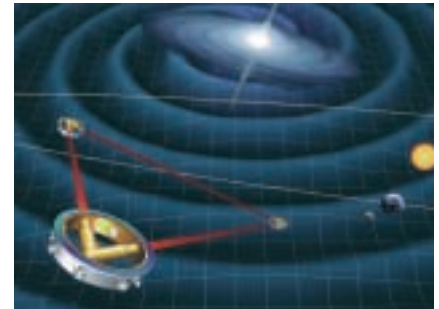
Laser für Einsteins Erben

Die Lasermesstechnik ist aber nicht nur für „irdische“ Einsätze wie Strömungsmessungen oder die Wettervorhersage nützlich. Auch Geschehnisse im Weltall, zum Beispiel Gravitationswellen, sollen künftig mit dem Laser gemessen werden. Schon im Jahr 1916 postulierte Albert Einstein im Rahmen seiner Allgemeinen Relativitätstheorie die Existenz von Gravitationswellen. Diese Verzerrungen des Raumes sind jedoch so minimal, dass sie nur bei großen kosmischen Ereignissen nachweisbar werden. Eine Supernova-Explosion in einer benachbarten Galaxie beispielsweise ändert die Länge einer 1 km langen Teststrecke auf der Erde lediglich um ein Tausendstel eines Protonendurchmessers und das auch nur für einige tausendstel Sekunden. Bisher war es technologisch unmöglich, Gravitationswellen nachzuweisen.

Gut ein halbes Dutzend internationale Forscherteams verfolgen nun mit Hilfe modernster Messtechnik das ehrgeizige Ziel, Gravitationswellen zu vermessen und so Einsteins Theorien zu bestätigen. Darunter befinden sich auch das „irdische“ deutsch-britische Projekt GEO600 bei Hannover und das „außerirdische“

LISA (Laser Interferometer Space Antenna), eine für das Jahr 2011 geplante Cornerstone-Mission der europäischen Weltraumagentur ESA. Beide Systeme bedienen sich der Laserinterferometrie, um Gravitationswellen nachzuweisen.

Derzeit werden Lasersysteme für diese Interferometer entwickelt, die den enormen messtechnischen Herausforderungen gewachsen sind. Herzstück der Systeme sind hochstabile Laser, die auf einem Miniatur-Einkristall-Laser aufbauen. Mit einer beachtlichen Intensitäts-



Im Jahr 2011 schickt die Europäische Raumfahrtagentur ESA das Lasermess-System LISA auf außerirdische Mission. Mit an Bord: Technik aus dem LZH.

und Frequenzstabilität besitzt dieser Laser hervorragende Eigenschaften für den messtechnischen Einsatz im Weltall.

Besondere Herausforderungen ergeben sich für die Weltraummission LISA. Über die Anforderungen der Messtechnik hinaus muss das Lasersystem miniaturisiert und für die extremen Umweltbedingungen des Weltalls ausgelegt werden.

No laser, no fly – auch in der Produktion

Abgesehen von ihrer Bedeutung für die Luft- und Raumfahrt spielt die Lasermesstechnik auch eine wichtige Rolle in der Produktionstechnik. Mit dem Laser kann man beispielsweise Entfernungen, Konzentrität, Rauheit, Größe, Position etc. messen. Auch die Überwachung von Prozessen wird heutzutage zum Teil mit dem Laser durchgeführt. Hier wird der Laser nicht nur für den Prozess selber eingesetzt, zum Beispiel für das Laserschweißen beim Flugzeugbau, sondern die Lasermesstechnik dient dazu, eine Auswertung der Schweißnaht „online“ zu gewährleisten. Bei so vielen Einsatzmöglichkeiten heißt es dann in Zukunft vielleicht auch in der Produktion: „No laser, no fly!“

Lars Büttner, Ulf Hinze, LZH

Mit neuen Flügeln

Neue und komplexe Bauteile für die Luft- und Raumfahrttechnik verlangen nach Fertigungskonzepten, die auf neuen Strategien in der spanenden Bearbeitung, auf neuen Maschinensystemen sowie auf innovativen Softwarelösungen im CAD-Sektor basieren.

Neue Flugzeuge müssen mit immer weniger Treibstoffverbrauch auskommen. Dieses wird durch Gewichtsreduzierung der Baukomponenten erreicht. Daher werden in der Luftfahrtindustrie immer mehr Flugzeuge mit so genannten Strukturbauteilen in Integralbauweise ausgeführt.

So wird viel Gewicht gespart. Jedoch liegen die Zerspanraten bei ca. 95 %, da diese Teile direkt aus einem Aluminiumblock herausgearbeitet werden müssen, wobei große Zeitspanvolumina realisiert werden müssen. Nur moderne Bearbeitungszentren zur fünffachen Hochleis-

zunehmend wichtiger, das Gesamtsystem, bestehend aus Werkzeugmaschine, Motorspindel, Werkzeugaufnahme und Werkzeug, mit größter Sorgfalt aufeinander abzustimmen.

Aus dem Vollen

Diese Abstimmung ist das Ziel gemeinsamer Untersuchungen des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover und einem großen europäischen Hersteller in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Im Rahmen dieser Kooperation wird sowohl die Schruppbearbeitung als auch die Schlichtbearbeitung für ein vollständig neues Maschinenkonzept zur 5-Achsbearbeitung entwickelt und optimiert. Bei der Schruppbearbeitung soll ein möglichst großes Volumen an Material abgetragen werden, so dass bei der nachfolgenden Schlichtbearbeitung die geforderte Bauteilqualität sichergestellt werden kann. Der Unterschied zu bisher realisierten Hochleistungsprozessen besteht insbesondere darin, dass die Schruppbearbeitung auf wesentlich kompakteren und steiferen Maschinen realisiert werden muss. Der Auslegung der Prozesse kommt somit bei diesem Maschinenkonzept eine noch höhere Bedeutung zu. Darüber hinaus führen diese Prozesse mit hohen Zerspanraten zu scheinbar einfach zu lösenden Problemen, beispielsweise zu Problemen beim Spänetransport.

In der Spur bleiben

Doch nicht nur der Spänetransport bei der Bearbeitung der Integralbauteile verlangt nach neuen Lösungen. Auch die kurzen Positionierabstände und hohen Achsbeschleunigungen (z. B. beim Ausfräsen der Bauteilverrippung) sowie weite Verfahwege mit hohen Bahngeschwindigkeiten in der Bearbeitung von



Bei Fräsprozessen im Hochleistungs-Bereich ist der Abtransport der Späne eine besondere Aufgabe.

Das bedeutet, dass das Bauteil nicht mehr aus vielen Einzelteilen zusammengefügt, sondern aus einem Aluminiumrohrtteil „aus dem Vollem“ gefräst wird.

tungserspannung ermöglichen heutzutage sehr hohe Vorschubgeschwindigkeiten in Kombination mit enormen Spindelleistungen. Hierbei wird jedoch

Großteilen bedürfen neuer Maschinenkonzepte. Die Werkstückgeometrien sind oftmals nur fünffachsig zu bearbeiten und erfordern aufgrund feiner Konturen eine hohe Bahngenauigkeit im Prozess. Die Einhaltung hoher Bahngenauigkeiten bei mehrachsiger Bearbeitung bedeutet bei hohen Bahngeschwindigkeiten extreme Anforderungen an das Beschleunigungsvermögen und Genauigkeitsverhalten der gesteuerten Werkzeugmaschinenachsen. Diese Eigenschaften werden in erster Linie von der Leistungsfähigkeit und Regelungsgüte der Achsantriebe bestimmt.

Wie leistungsfähig ist die Maschine?

Eine wichtige Voraussetzung für die effektive Ausnutzung von Hochleistungsmaschinen ist die Kenntnis ihrer tatsäch-



Durch das Flankenfräsen lassen sich Oberflächen erzeugen, die mit dem konventionellen Kugelkopffräsen nicht erreicht werden können.

lichen Leistungsfähigkeit. Daher wurden im Rahmen von Kooperationen mit den Anwendern der neuen Maschinenkonzepte direkte und indirekte Maschinenuntersuchungen durchgeführt. Direkte Untersuchungen zeichnen sich dadurch aus, dass Maschineneigenschaften – wie die Steifigkeiten in den Achsrichtungen, die Positioniergenauigkeit, kritische Eigenfrequenzen und -formen – unmittelbar und ohne die Bearbeitung von Werkstücken erfasst werden. Demgegenüber sehen indirekte Analysen die Bearbeitung von Testwerkstücken vor, an denen spezielle Bearbeitungssituationen nachgebildet werden. Die Auswertung dieser Testwerkstücke kann neben der Geometriepfung beispielsweise auch Rauheitsmessungen oder Untersuchungen von Randzoneneigenschaften (Gefügeveränderungen, Spannungen) mit einschließen.

Lösungsansätze zur Leistungssteigerung der Maschinen für solche Bearbeitungs-

aufgaben sind die folgenden drei wesentlichen Punkte:

- Der Einsatz direkter Antriebssysteme, die keiner mechanischen Bewegungsübertragung bedürfen, führt zu einer deutlichen Erhöhung der Beschleunigungs- und Geschwindigkeitswerte unter Minimierung mechanischer Störeinflüsse.
- Die Verwendung leichter Materialien in Werkzeugmaschinenstrukturen und die Anwendung moderner Strukturoptimierungsmethoden bewirken eine erhebliche Reduzierung der zu bewegendenden Massen bei gleichbleibender oder sogar steigender Steifigkeit.
- Durch den Einsatz parallel- und hybridkinematischer Maschinenstrukturen werden die zu bewegendenden Antriebsmassen in den feststehenden Maschinenteil verlagert. Dadurch wird eine Verbesserung der Krafterleitung in die Struktur und eine Steigerung der Dynamik bei Änderungen der Werkzeugorientierung erreicht.

Das IFW beschäftigt sich im Rahmen von Forschungsprojekten mit diesen Lösungsansätzen, die in industriellen Kooperationen wirtschaftlich umgesetzt werden.

Werkzeugstandzeiten von Sekunden – der Preis zäher Materialien

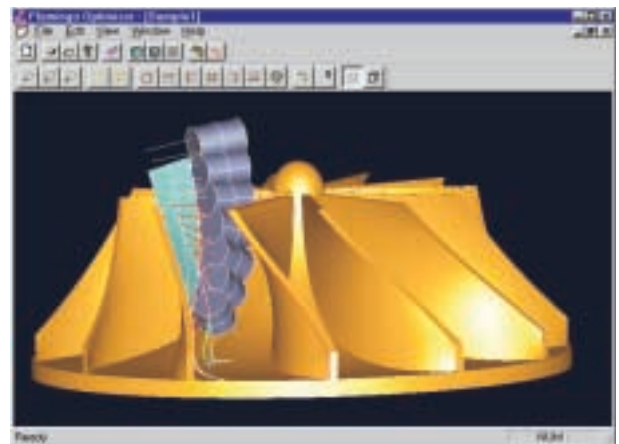
Neben den integralen Strukturbauteilen werden besonders im Triebwerksbau komplex geformte Funktionsflächen eingesetzt. Einzelne Turbinenschaufeln oder ganze Verdichterlaufräder sind Paradebeispiele für extrem schwierig zu fräsende Bauteile. Hier kommen mehrere ungünstige Faktoren zusammen: Aufgrund der gestiegenen Anforderungen bezüglich des Wirkungsgrades derartiger Bauteile werden diese häufig nicht mehr durch einfache Regelflächen, sondern zunehmend durch Freiformflächen beschrieben. Zusätzlich bewirken die sehr eingeschränkten Zugangsbedingungen der eng zusammen stehenden Schaufeln und die hohen Anforderungen an die Oberflächengüte, dass die Fertigung auch hier nur fünffachsig möglich ist. Und nicht zuletzt stellen die für den Betrieb geforderten Eigenschaften der hier eingesetzten hochwarmfesten und extrem

zähen Titan- und Nickellegierungen ein immenses Problem dar: „Wir hatten heute schon Werkzeugstandzeiten von 18 Sekunden“, so klingt es aus der Fertigungshalle eines großen Triebwerksherstellers.

Ein aktueller Trend in der Herstellung dieser Bauteile ist derzeit, das konventionelle Kugelkopffräsen wegen der hierbei entstehenden Fräsrillen durch Verfahren zu ersetzen, die hauptsächlich die Flanke von zylindrischen oder kegeligen Fräserwerkzeugen als formgebendes Element zur Bearbeitung einsetzen. Neben der wesentlich verbesserten Oberflächenbeschaffenheit zeichnet sich das Flankenfräsen durch ein sehr hohes Zerspanvolumen und somit kürzere Durchlaufzeiten aus.

Diese Lösungen bedürfen jedoch einer umfassenden Softwarelösung zur Bearbeitung beliebiger Freiformflächen im Flankenfräsenverfahren. Für das Flankenfräsen wird dabei ein spezialisiertes CAM-Modul erstellt. Die Entwicklung erfolgt mit Hilfe des lizenzfreien CAD-Kerns „Open Cascade“, so dass mit den bekannten CAx-Systemen über neutrale Schnittstellen zusammen gearbeitet werden kann.

Dies sind nur kleine Beispiele für die Lösung von prozesstechnischen Fragestellungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Die Fertigungskonzepte, die die Branche innovativ weiterbringen, beru-



Die neue CAM-Software für das Freiform-Flankenfräsen (hier der Prototyp) unterstützt auch die Berechnung der Werkzeugbahn für Impeller und andere komplexe Bauteile.

hen jedoch auf der gleichzeitigen Weiterentwicklung der Prozesse, der Maschinen und der softwaretechnischen Unterstützung.

Markus Groppe, Hans-Christian Möhring, Nils Rackow, IFW



Foto Rolls-Royce plc

In Triebwerken für Passagierflugzeuge werden zahlreiche Bauteile aus Titanlegierungen eingesetzt.

Titan hebt ab

In kaum einem anderen Bereich sind die Anforderungen an die Leichtigkeit und an die Sicherheit von Bauteilen höher als in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Der Werkstoff Titan eignet sich hier hervorragend für hochbeanspruchte Komponenten und mechanische Systeme.

Knapper und teurer werdende Ressourcen zwingen zur Minderung des Energieverbrauchs beim Transport von Personen und Gütern. Der Luft- und Raumfahrt kommt hier eine ganz besondere Rolle zu. Auf Grund geringer Stückzahlen und des sehr viel höheren spezifischen Energieverbrauchs sind im Vergleich zu landgebundenen Transportsystemen um Größenordnungen höher liegende Mehrkosten bei der Gewichtseinsparung tolerierbar.

Während zum Beispiel im Automobilbau ein Kilogramm Gewichtssparnis nicht mehr als etwa 5 Euro kosten darf, ist die Luftfahrt bereit, dies mit etwa 500 Euro zu tolerieren, die Raumfahrt oft sogar mit über 5.000 Euro.

Spritsparen erzeugt Schneeballeffekte

Der sehr viel höhere Stellenwert der Gewichtsminderung ist auch durch das im

Vergleich zu landgebundenen Fahrzeugen geringere Nutzlastverhältnis der Luft- und speziell der Raumfahrzeuge begründet. So macht der Treibstoff einer Boeing 747 mit etwa 100 Tonnen circa ein Drittel des Abfluggewichtes aus. Dies entspräche in etwa einem Tankvolumen von 500 Liter bei einem Automobil der Mittelklasse. Würde man den Treibstoffverbrauch um nur 10 % senken, könnte man bei einer vereinfachten Betrachtungsweise die Nutzlast der Boeing 747 um zehn Tonnen steigern. Dadurch würde sich das Nutzlastverhältnis bei konstantem Abfluggewicht entscheidend verbessern und – über einen längeren Zeitraum betrachtet – zum Transport einer bestimmten Nutzlast die Zahl der Starts und Landungen sowie die Zahl der Flugstunden reduzieren. Es käme zu einem „Schneeball-effekt“ mit zusätzlichen sekundären Einsparungen, beispielsweise durch Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs

sowie des Wartungs- und Instandhaltungsaufwands.

Welche Möglichkeiten bieten nun die Werkstoffe zur Gewichtsminderung in der Luft- und Raumfahrt? Als Beispiel wird die Zelle eines Airbus A 330/340 zu etwa zwei Dritteln aus geschweißten Aluminiumteilen gefertigt. Titanlegierungen haben hier mit etwa 7 % einen ähnlich geringen Anteil wie Stahlwerkstoffe. Im Triebwerk hingegen ist Titan nach den Nickel-Superlegierungen mit einem Anteil am Strukturgewicht von über einem Drittel der zweitwichtigste Werkstoff, auf das Volumen bezogen sogar der bedeutendste.

Titan auf der Überholspur

Im Gegensatz zu Stählen oder Aluminiumlegierungen gelten Titanlegierungen als ein noch sehr junger Werkstoff.

Erste Legierungen wurden Ende der 40er Jahre in den USA entwickelt. Hierzu gehört auch die klassische Titanlegierung TiAl6V4, die noch heute einen Großteil der Anwendungen in der Luft- und



Foto Boeing

Die aus Aluminiumlegierungen bestehenden Außenhautteile der Cockpit-Zelle werden lasergeschweißt.

Raumfahrt abdeckt. Die herausragenden Eigenschaften der Titanlegierungen sind hohe Festigkeit und ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit. Daher findet man sowohl Blech- als auch Schmiedeteile aus Titanlegierungen in der Luft- und Raumfahrt überall dort, wo Festigkeit, Korrosions- oder Temperaturbeständigkeit der klassischen Leichtmetalle, also der Aluminiumlegierungen, aber auch der Stähle bzw. Nickel-Superlegierungen, unzureichend sind.

Die Luftfahrt „fliegt“ auf Titan

Bei der Wahl von Titanlegierungen steht die Gewichtsersparnis häufig im Vordergrund, wobei die hohe spezifische

Festigkeit dieser Werkstoffe ausgenutzt wird. So lohnt sich in vielen Fällen der Werkstofftausch bei Stählen, selbst wenn deren Festigkeit höher, oder bei Aluminiumlegierungen, auch wenn deren Dichte geringer ist. Während der Einsatz von Titanlegierungen im Triebwerksbereich traditionell durch Bauteile wie Verdichterschaukeln, Verdichterscheiben und Fanschaukeln sehr groß ist, stieg der Anteil an Titanlegierungen im Zellenbereich in den letzten Jahrzehnten stetig an. Typische Bauteile aus Titanlegierungen im Zellenbereich sind beispielsweise sogenannte Rissstopper, dünne schmale Ringe, die sich um die Aluminium-Flugzeugzelle legen und so verhindern, dass sich entstehende Risse in der Außenhaut ausbreiten können.

Auch für Hydraulikanlagen werden heutzutage Titanlegierungen verwendet. Gegenüber Stahlrohren sind Gewichtseinsparungen von bis zu 40 % möglich. Dort, wo es auf hohe Korrosionsbeständigkeit bei nur mäßigen Festigkeiten ankommt, wird Reintitan eingesetzt. Dies gilt für stark chemisch beanspruchte Teile im Flugzeugboden, speziell im Bereich der Bordküchen und -toiletten.

Die Fensterrahmen des Cockpits werden auf Grund möglicher hoher Belastungen, beispielsweise durch Vogelschlag, aus Titanlegierungen gefertigt, während für die übrigen Fensterrahmen Aluminiumlegierungen ausreichend sind. Trotz der höheren Kosten werden zunehmend auch wesentliche Teile des Fahrwerks aus geschmiedeten Titanlegierungen hergestellt.

Leichtbauwerkstoffe wirtschaftlicher verarbeiten

Im Bereich der Verarbeitung von Reintitanwerkstoffen beschäftigen sich aktuelle Forschungsarbeiten am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover mit dem Tiefziehen, um diese Werkstoffgruppe auch außerhalb der Luft- und Raumfahrtindustrie wirtschaftlich interessant zu machen. Einsatzgebiet sind insbesondere Bauteile mit kombinierter thermischer und korrosiver Beanspruchung, beispielsweise Komponenten der Abgasanlage von Pkw. Hierfür wurden mechanisch und chemisch vorbehandelte Reintitanlegierungen bezüglich ihrer Tief- und Streckziehbarkeit analysiert sowie umfangreiche Untersuchungen zur Auswahl des Werkzeugwerkstoffs, der Werkzeug-

beschichtungen und des zu verwendenen Schmierstoffs für den Tiefziehprozess durchgeführt. Einen weiteren Schwerpunkt für die Auslegung von Tiefziehprozessen dieser Werkstoffgruppe bildet am IFUM die Finite-Elemente-Simulation, da diese eine wesentliche Voraussetzung für den Serieneinsatz von Reintitanwerkstoffen darstellt.

Darüber hinaus werden am IFUM im Rahmen verschiedener Grundlagen- sowie Verbundprojekte Fertigungsprozesse zur umformtechnischen Herstellung von Leichtbaukomponenten sowohl aus Leichtmetallen als auch aus hoch- und höchstfesten Stählen untersucht und optimiert.

Mit Leichtigkeit ins All

Auf Grund der sehr geringen Nutzlast von Raumfahrtfahrzeugen spielt die Gewichtseinsparung hier eine noch bedeutendere Rolle als in der Luftfahrt. Satellitentanks gelten als klassisches Anwendungsgebiet für Titanlegierungen. Dabei ist nicht nur das geringe Gewicht von Bedeutung, auch die Resistenz gegenüber dem chemisch hoch aggressiven Treibstoff gibt den Titanlegierungen gegenüber hochfesten Stählen den Vorzug. Weiterhin müssen die Tanks vor dem Einsatz verlässlich durch zerstörungsfreie Prüfungen getestet werden, wodurch die Verwendung kohlenfaserver-



stärker Kunststoffe ausscheidet, da für diese Werkstoffe zur Zeit keine geeigneten Prüfverfahren zur Verfügung stehen.

Die extremen Leichtbauanforderungen verursachen jedoch sehr aufwändige, gewichtssparende Fertigungsverfahren. Die Endwanddicken von Treibstofftanks gängiger Zweistoff-Antriebssysteme werden in den kleinsten Querschnitten auf 0,6 mm bis 0,8 mm mechanisch abgearbeitet. Hierbei dienen 25 mm dicke geschmiedete Halbschalen als Ausgangsmaterial. Dieser außerordentliche Zerspannungsaufwand kann durch superplastisches Umformen drastisch reduziert werden. Als Ausgangsmaterial werden hierbei 6 mm bis 10 mm dicke Titanbleche verwendet, die superplastisch zu Halbkugeln geformt und gleichzeitig diffusionsgeschweißt oder nach der Umformung konventionell zu Tanks verschweißt werden. Gegenüber der herkömmlichen Bauweise sind so Kosteneinsparungen von bis zu 50 % erzielbar.

Frank Meiners, Oliver Vogt, IFUM

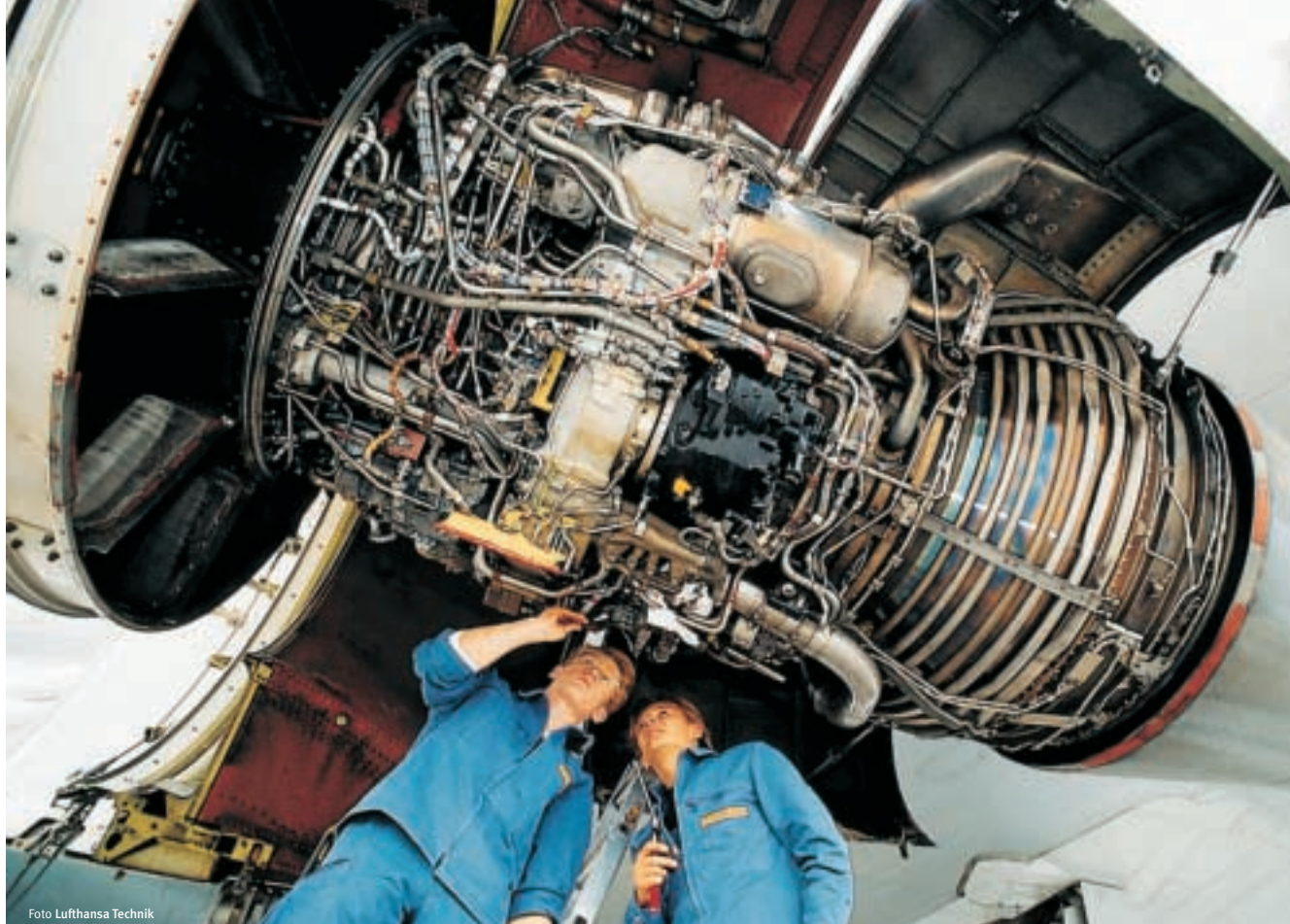


Foto Lufthansa Technik

Instandhaltungs-Check für das Bodenpersonal

**Verkehrsflugzeuge ohne Instandhaltung – undenkbar!
Während die planmäßige Wartung und Instandsetzung zu den
Kernaufgaben beim Betrieb von Flugzeugen gehört, spielt sie
in Produktionsbetrieben oft nur eine untergeordnete Rolle.
Instandhaltungsaudits bieten hier eine Basis für Verbesserungen.**

Wesentliches Ziel bei der Instandhaltung von Verkehrsflugzeugen ist die Gewährleistung eines sicheren Flugbetriebs. Aufgrund der Kapitalintensität der Flugzeuge sowie der engen Terminierungen auf den Flughäfen gehört aber auch die Ermöglichung eines reibungslosen Ablaufs auf dem Rollfeld zu den Aufgaben und Zielen der Flugzeug-Instandhaltung. Denn eine unplanmäßige Instandsetzung vor dem Abheben der Maschine zieht Verzögerungen nach sich, die erhebliche finanzielle Einbußen für den Betreiber bedeuten können. Aus diesem Grund ist es erfor-

derlich, die durchzuführenden Instandhaltungsmaßnahmen vorausschauend zu planen und die Durchführung ordnungsgemäß zu dokumentieren. Die Planung und Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen für Verkehrsflugzeuge wird wegen ihres hohen technischen und organisatorischen Niveaus allgemein als vorbildlich anerkannt.

Auch für produzierende Unternehmen bietet sich die Möglichkeit, bei der eigenen Instandhaltungsplanung und -durchführung von den Strategien und Routinen der Flugzeuginstandhaltung zu lernen.

Hohe Anforderungen an die Instandhaltung

Moderne Produktionsunternehmen verfügen z. T. über kapitalintensive, hoch automatisierte, verkettete Anlagen, die mit wenig Personal und oft dreischichtig betrieben werden. Ein ungeplanter Ausfall der Anlagen hat daher weitreichende Auswirkungen. So kann beispielsweise das Aussetzen eines einzelnen Motors eine ganze Fertigungslinie zum Stillstand bringen. Die Instandhaltung in produzierenden Unternehmen hat deshalb einen

entscheidenden Einfluss auf deren Wirtschaftlichkeit.

Die Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit bei niedrigen Instandhaltungskosten gehört schon lange zu den Zielen produzierender Unternehmen. Trotz dieser hohen Bedeutung für den Unternehmenserfolg wird der Planung und Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen in den Unternehmen lediglich eine untergeordnete Priorität zugemessen, wie das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover in mehreren Projekten zur Instandhaltungsoptimierung ermittelt hat. Dabei liegt gerade hier einer der Schlüssel für die Vermeidung von Produktionsausfällen.

Den Ausgangspunkt für Verbesserungen im Bereich der Planung und Dokumentation der Instandhaltung stellt ein sogenanntes Instandhaltungsaudit dar. „Instandhaltungsaudits, wie sie das IPH bei produzierenden Unternehmen durchführt, bringen an den Tag, was zur Erreichung einer optimalen Instandhaltung fehlt“, fasst Dr.-Ing. Stefan Franzke, Geschäftsführer des IPH, zusammen. „Neben Verbesserungspotenzialen wird im Audit zusätzlich der individuelle Instandhaltungsbedarf des Unternehmens ermittelt. Dies ist eine wichtige Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Instandhaltungsstrategie.“

Instandhaltung mit Strategie

Zu den Aufgaben moderner Instandhaltungseinheiten gehört heutzutage mehr als das reine Reparieren ausgefallener Maschinen. Der gestiegenen Bedeutung der Instandhaltung wird durch die Entwicklung zahlreicher Methoden und Werkzeuge für die Instandhaltung Rechnung getragen. Hier sind beispielsweise die Unterstützung der Planungsprozesse durch IT-basierte Instandhaltungsplanungssysteme (IPS) und die Einführung des aus Japan stammenden TPM-Ansatzes (Total Productive Maintenance) zu nennen. Ein zentraler Punkt bei der Instandhaltungsoptimierung ist außerdem die methodenbasierte Festlegung geeigneter Instandhaltungsstrategien für die Anlagen.

Bei der Auswahl der Instandhaltungsstrategie sind die Unternehmen bestrebt, einen möglichst hohen Anteil an geplanten, präventiven Maßnahmen zu realisieren. Ziel ist es, beispielsweise durch eine zustandsorientierte Instandhaltung, zum richtigen Zeitpunkt verschlissene Komponenten zu ersetzen, bevor es zu einem

ungeplanten Ausfall der Anlage kommt. Der TPM-Ansatz sieht vor, auch die Produktionsmitarbeiter in den Instandhaltungsprozess zu integrieren, indem diese einfache Aufgaben, z. B. das Sauberhalten der Anlagen, die Beobachtung von Veränderungen in der Anlagenleistung und die rechtzeitige Information der Instandhaltungsabteilung, übernehmen. Zur Auswahl einer auf den Prozess abgestimmten Instandhaltungsstrategie stehen den Unternehmen unterschiedliche Methoden, beispielsweise RCM (Reliability Centered Maintenance) zur Verfügung. RCM ist dabei vergleichbar mit einer Prozess-FMEA, bei der mögliche Anlagenausfälle sowie deren Auswirkungen auf den Gesamtprozess systematisch analysiert werden.

Für andere Unternehmen ist wiederum die Fremdvergabe von Instandhaltungsleistungen (Outsourcing) ein möglicher Ansatz, um eine hohe Verfügbarkeit der Anlagen bei reduzierten Kosten zu gewährleisten.

„Auch bei der Einbindung externer Dienstleister in die Instandhaltung und die Auswahl geeigneter Instandhaltungsstrategien können wir den Unternehmen konkrete Hilfestellung geben“, betont Stefan Franzke. Ein vom IPH beratenes Produktionsunternehmen stellte beispielsweise konsequent auf eine präventive Instandhaltung um. „So konnte die Maschinenverfügbarkeit deutlich verbessert werden. Lange Produktionsverzögerungen wegen defekter Maschinen sind heute in diesem Unternehmen kein Thema mehr.“

Mehr Transparenz

Trotz der Weiterentwicklungen von Instandhaltungsmethoden sieht eine Reihe produzierender Unternehmen noch erhebliches Optimierungspotenzial im Bereich der Instandhaltung, da sich auch mit präventiven Instandhaltungsstrategien und kontinuierlichen Inspektionen bzw. Zustandüberwachungen ungeplante Anlagenausfälle nie ganz vermeiden lassen. Für dieses Szenario ist es erforderlich, eine vorausschauende Kapazitäts- und Ressourcenplanung durchgeführt zu haben, um bei Defekten flexibel reagieren zu können. Grundlage für eine vorausschauende Planung in der Instandhaltung ist eine hohe Transparenz der durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen. Nur auf Basis umfassender Rückmeldedaten ist es möglich, Schwachstellen bereits im Vorfeld zu identifizieren und die erforderlichen Maßnahmen rechtzeitig ein-

zuleiten. Instandhaltungsaufträge sollten daher idealerweise vorausschauend geplant, zeitnah zurückgemeldet und ausgewertet werden. Insbesondere für die Identifizierung von Schwachstellen als ersten Schritt einer Anlagenoptimierung ist die Auswertung von Historiedaten unumgänglich. Zusätzlich bietet ein systematisches Berichtswesen die Möglichkeit, Effektivität und Effizienz in der Instandhaltung nachzuweisen. Fehlt dieser Nachweis, kommt es in vielen Unternehmen zu einer Verunsicherung hinsichtlich der Auswahl notwendiger Instandhaltungsstrategien sowie der Identifikation von Optimierungspotenzialen. Ein weiteres Argument für ein Berichtswesen liegt darin, dass die Verfügbarkeitssicherung der Produktionseinrichtungen nicht mehr ausschließlich von der betriebsinternen Instandhaltung wahrgenommen wird, sondern immer mehr in Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern erfolgt. Für dieses Zusammenspiel ist eine gemeinsame Datenbasis unerlässlich.

Darüber hinaus ist auch eine partnerschaftliche Kooperation zwischen der Produktion, die meist auch Betreiber der Anlage ist, und der Instandhaltung erforderlich. Hier liegt oft ein Spannungsfeld innerhalb des Unternehmens, zu dessen Auflösung ein transparentes Berichtswesen ebenfalls einen großen Teil beitragen kann.

Objektive Analyse für echte Verbesserungen

Für eine objektive Ist-Analyse der bestehenden Instandhaltungsorganisation, die Aufbau- und Ablauforganisation beinhaltet, sind die Unternehmen in der Regel auf externe Hilfe angewiesen, da die erforderlichen Kapazitäten und das Know-how für die Durchführung eines Instandhaltungsaudits fehlen. Darüber hinaus bieten externe Berater einen weiteren Vorteil: „Da wir die Audits als Externe durchführen, bringen wir die für eine Situationsanalyse erforderliche Objektivität mit“, stellt Stefan Franzke fest. „Außerdem verfügen wir durch die Erfahrung aus verschiedenen Audits und Forschungsprojekten über die Möglichkeit, die Instandhaltung des einzelnen Unternehmens mit Beispielen aus anderen Branchen und Unternehmen zu vergleichen. Dies sind die besten Voraussetzungen für einen effektiven Verbesserungsprozess.“

Peter Hustedt, IPH



Foto Airbus

Weniger ist mehr – logistische Schlankheitskur im Flugzeugbau

Hohe Bestände in der Produktion sind mit dem Winterspeck beim Menschen vergleichbar. Beide sollen als Sicherheitspolster für Notzeiten dienen. Sie machen aber träge und kosten viel Geld. Aus diesem Grund heißt es für den Menschen und die Produktion zugleich: Ran an den Speck, denn weniger ist mehr.

Die wirtschaftlichen Turbulenzen, die in den letzten Jahren die gesamte Luftfahrtindustrie durchschüttelten, machten auch vor den weltweit größten und renommiertesten Flugzeugherstellern keinen Halt. Auch in dieser Branche müssen heute Forderungen nach immer kürzeren Lieferzeiten bei gleichzeitiger Steigerung der Produktivität erfüllt werden. In dieser Situation entschied sich ein führendes Unternehmen dieser Branche durch die Einführung eines neuen Logistikkonzepts zu einer logistischen Schlankheitskur, um seine Bestandspolster dauerhaft abzuspecken. Die dadurch gesenkten Durchlaufzeiten machen fit für den Wettbewerb. Denn wer weniger wiegt, ist agiler und beliefert den Kunden vor seinen Wettbewerbern. Ganz nebenbei führen die reduzierten Pfunde zu

einer erheblichen Senkung der Kapitalbindung und somit zu einem dickeren Portmonee.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover wurde ein wirksames Logistikkonzept entwickelt, das die Forderungen nach hoher Prozesstransparenz, hoher Termintreue hinsichtlich interner und externer Kunden, kurzen und sicheren Durchlaufzeiten bei gleichzeitig niedrigen Beständen durch einfache Regelmechanismen erfüllt.

Der Fitness-Check bringt es an den Tag

Wie zu Beginn jeder guten Schlankheitskur wird auch in diesem Fall ein Fitness-Check in Form einer detaillierten Analyse

vorgeschaltet. Die Entwicklung eines wirksamen Logistikkonzepts erfordert eine genaue Untersuchung der Abläufe in den bestehenden Strukturen, um Schwachstellen und deren Ursachen als Grundlage für die Konzeptionierung zu identifizieren. Dazu wird das logistische Betriebsverhalten der Produktion insgesamt und einzelner Arbeitssysteme im Speziellen untersucht. Für die Analyse der Arbeitssysteme wurden die am IFA entwickelten Methoden der Durchlaufdiagramme und logistischen Produktionskennlinien eingesetzt.

Im Rahmen der Analyse erfolgte eine umfassende Untersuchung bezüglich der Auftragsdurchlaufzeiten und Termintreue. Die Terminalsituation des betrachteten Unternehmens war durch große Verspätungen in der Auftragsfertigstellung

gekennzeichnet. Zusätzlich wurden lange sowie stark streuende Auftragsdurchlaufzeiten ermittelt. Die stark variierenden Auftragsdurchlaufzeiten im Fertigungsbereich führten zu einer ausgeprägten Fehlteilsituation in der Endmontage. Eine Vielzahl der untersuchten Arbeitssysteme verfügte über dicke Bestandspolster, die hohe Arbeitssystemdurchlaufzeiten verursachten.

Demnach war die Durchführung einer logistischen Schlankeitskur mehr als notwendig.

Das Logistikkonzept mit den zwei Herzen

Die Aufgabe der Konzeptionierung war es daher, ein Logistikkonzept zu entwickeln, das dauerhaft niedrige Bestände und kurze Durchlaufzeiten sicherstellt. Dazu wurde der nach dem Werkstattprinzip organisierte Fertigungsbereich zunächst in Segmente unterteilt, die jeweils die Fertigung einer vollständigen Teilefamilie übernehmen und dezentral mit einem einfachen und robusten Verfahren gesteuert werden können. Das Herz eines jeden Logistikkonzepts ist das zu Grunde liegende Fertigungssteuerungsverfahren. Für das betrachtete Unternehmen kamen gleich zwei bekannte Verfahren der Fertigungssteuerung in Frage.

Selbstbedienung wie im Supermarkt

Ein bekanntes dezentrales Fertigungssteuerungsverfahren ist die Kanban-Steuerung. Die Grundidee des Verfahrens liegt darin, die Fertigung in selbststeuernde Regelkreise nach dem Supermarktprinzip zu gliedern. Jedem Regelkreis ist dabei für jede Variante ein Bestandspuffer vorgelagert. Wird in diesen Bestandspuffern ein definierter Mindestbestand unterschritten, löst der Verbraucher beim Erzeuger mit Hilfe einer Auftragskarte (Kanban) den Auftrag aus, entsprechende Teile für die Variante nachzufertigen. „Der Hauptnachteil der Kanban-Steuerung liegt jedoch darin“, wendet Professor Hans-Peter Wiendahl, Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik, ein, „dass nur eine beschränkte Variantenvielfalt wirtschaftlich gehandhabt werden kann. Bei einer großen Anzahl an Varianten führt die Kanban-Steuerung aufgrund der variantenspezifischen Bestandspuffer zu sehr großen Beständen, die einen großen Flächenbedarf und eine hohe Kapitalbindung verursachen.“ Wegen der teuren Werkstoffe im Flugzeugbau hat dieser Aspekt im vorliegenden Fall besonderes Gewicht. Um diesen

Effekt zu mildern, können die Regelkreise der Kanban-Steuerung, die im Grundverfahren zwei aufeinanderfolgende Arbeitssysteme verbinden, verlängert werden, so dass sie mehrere Arbeitssysteme umfassen. Im Unternehmen war die Variantenvielfalt jedoch so groß, dass eine reine Kanban-Steuerung, selbst mit verlängerten Regelkreisen, nicht sinnvoll erschien.

Supermarkt einmal anders

Ein alternatives Fertigungssteuerungsverfahren, mit dem auch eine große Variantenvielfalt gesteuert werden kann, ist die Conwip-Steuerung. Sie verzichtet auf variantenspezifische Bestandspuffer und dehnt zudem schon im Grundverfahren die Regelkreise auf die gesamte Prozesskette aus. Grundidee des Fertigungssteuerungsverfahrens ist es, den Bestand in der Fertigung konstant zu halten, einen neuen Auftrag also erst dann in die Fertigung einzusteuern, wenn ein anderer Auftrag abgearbeitet worden ist. Die Folge dieser Bestandsregelung ist die Begrenzung und Stabilisierung der Durchlaufzeiten.

Im Gegensatz zur Kanban-Steuerung wird jedoch nicht zwangsläufig dieselbe Variante in die Fertigung eingesteuert wie die zuvor entnommene. Aus diesem Grund ist der Einsatz einer Auftragsliste erforderlich, mit der bestimmt wird, in welcher Reihenfolge die Varianten in die Fertigung eingestoßen werden.

Die Mischung macht's

Im untersuchten Unternehmen teilt sich der Absatz der Varianten - wie in vielen Unternehmen üblich - sehr ungleichmäßig auf sogenannte „Renner“ mit hohen Fertigungsstückzahlen und „Exoten“ mit geringen Stückzahlen auf. Daher wurde entschieden, eine kombinierte Fertigungssteuerung einzuführen: Die Renner-Varianten werden nach dem Kanban-Prinzip gesteuert, die Exoten mit der Conwip-Steuerung. Somit werden die Vorteile beider Steuerungsverfahren kombiniert: Die Renner profitieren von der direkten Kundenorientierung der Kanban-Steuerung. Zugleich führt die hohe Variantenvielfalt im Unternehmen jedoch zu keiner Erhöhung der Bestände, da die Exoten mit dem Conwip-Verfahren gesteuert werden. Da der Gesamtbestand in der Fertigung durch die Anzahl der Kanban- bzw. Conwip-Karten begrenzt ist, können zudem kurze und sichere Durchlaufzeiten erzielt werden.

Sowohl die Kanban-Regelkreise als auch der Conwip-Regelkreis laufen über die selben Arbeitssysteme. Die Länge der Kanban-Regelkreise wurde auf die des Conwip-Regelkreises verlängert. Die Funktionsweise der kombinierten Fertigungssteuerung ist denkbar einfach: Wird ein Kanban-gesteuertes Teil aus dem Lager entnommen, läuft die zugehörige Kanban-Karte zurück und stößt so die Fertigung eines identischen Teils an. Bei Fertigstellung eines Conwip-gesteuerten Teils läuft dementsprechend die Conwip-Karte zurück und initiiert die Fertigung eines neuen Teils. Dieses muss jedoch nicht mit dem gerade gefertigten Teil identisch sein. Vielmehr wird das Teil in die Fertigung eingestoßen, das in der Auftragsliste an erster Stelle steht.

Das Unternehmen hat ferner festgelegt, dass das Anfangsarbeitsystem von mehreren freigegebenen (also durch Karten autorisierten) Aufträgen stets den dringendsten zuerst bearbeitet. Für die Kanban- bzw. Conwip-Karten selbst setzt das Unternehmen nummerierte Kästen auf Rädern ein, die als Transporthilfsmittel für die Teile dienen. Über die Zahl dieser Transporthilfsmittel bestimmt das Unternehmen den Fertigungsbestand und damit die Durchlaufzeiten in der Fertigung. Dabei beginnt es - wie bei der Kanban-Steuerung üblich - mit einer relativ großen Zahl von Transporthilfsmitteln und reduziert sie so lange, bis Materialflussabrisse drohen. Somit wird der Bestand auf einen an die Betriebsituation angepassten Wert eingestellt.

Das Konzept, die Renner-Varianten über ein Kanban-System zu steuern und die Exoten in einem Conwip-Regelkreis zusammenzufassen, hat die gewollte Wirkung erzielt: Wie geplant wurden die Bestandspolster dauerhaft reduziert. Das Unternehmen ist durch die kurzen Durchlaufzeiten noch schneller geworden und kann seine Kunden vor seinen Wettbewerbern beliefern. Zur Zeit werden die Verfahren mit Erfolg eingesetzt. Zwischenzeitlich konnte das Institut für Fabrikanlagen und Logistik mit weiteren Industriepartnern logistische Schlankeitskuren auf Basis der Kombination zweier Fertigungssteuerungsverfahren erfolgreich umsetzen.

Michael Schneider, Daniel Grabe, IFA

Im Fokus:

Die wandlungsfähige Fabrik

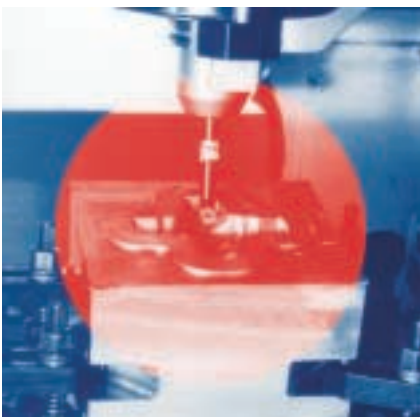
Speziell für die Produktion ist die Wandlungsfähigkeit der Fabriken zu einem bedeutenden Wettbewerbsfaktor avanciert. Dieses wichtige Thema soll deshalb sowohl aus wissenschaftlicher als auch aus industrieller Sicht auf einer vom Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover angebotenen Fachtagung diskutiert werden. Die Veranstaltung mit dem Titel „Die wandlungsfähige Fabrik – Integrierte Sicht von Fabrikstruktur, Logistik und Produktionssystem“ findet am 20. und 21. März 2003 im Dorint-Hotel Hannover statt.

Mit Vorträgen hochkarätiger Redner aus Industrie und Forschung sowie der Möglichkeit zur ausführlichen Diskussion sollen Aspekte der wandlungsfähigen Fabrik auf verschiedenen Ebenen beleuchtet und in einer integrierten Sicht zusammengeführt werden. Zusätzlich informieren Stände ausgewählter Unternehmen über neue Produkte und Dienstleistungen zum Themengebiet.

Die Teilnahmegebühr für die zweitägige Tagung und eine Abendveranstaltung beträgt 600 Euro, für Angehörige von Forschungsinstituten 400 Euro.

Informationen und Anmeldung:

IFA, Rouven Nickel,
Telefon (0511) 762-19811 oder
www.ifa.uni-hannover.de/ifa-fachtagung,
fachtagung@ifa.uni-hannover.de



Die Digitale Fabrik – Modelle für den Mittelstand

Unter dem Stichwort „Digitale Fabrik“ stehen heute eine Reihe leistungsfähiger Software-Systeme für die Planung, Entwicklung und Produktion zur Verfügung. Aber wie lassen sich Aspekte der Digitalen Fabrik insbesondere in mittelständischen Unternehmen effizient nutzen? Welche Modelle werden bereits erfolgreich im Mittelstand umgesetzt? Auf diese Fragen bietet eine Veranstaltung des IPH – Instituts für Integrierte Produktion Hannover am 27. Februar 2003 die passenden Antworten, da Referenten aus der Industrie zu Wort kommen, die bereits Erfahrungen mit der Digitalen Fabrik gesammelt haben.

Die Veranstaltung richtet sich insbesondere an die Geschäftsführung und das

technische Management in mittelständischen Produktionsunternehmen. Die Teilnahme kostet 100 Euro.

Informationen und Anmeldung:

IPH, Mario Leupold,
Telefon (0511) 2 79 76-116,
leupold@iph-hannover.de



Seminar „Werkzeuge für die Zerspanung – Entwicklung, Prozesskette, Einsatz“

Am 05. und 06. Februar 2003 berichten in Hannover Experten über ihre Erfahrungen bei der Entwicklung und dem Einsatz von Werkzeugen für die Zerspanung und diskutieren über neue Möglichkeiten und zukünftige Anforderungen an die Prozesskette in diesem Bereich. Denn die Prozesskette zur Herstellung von Zerspanungswerkzeugen ist durch eine größere Anzahl aufeinander folgender, komplexer Prozessschritte gekennzeichnet. Erst die Abstimmung der einzelnen Schritte im vielstufigen Ferti-

gungsablauf führt zum Erreichen eines optimalen Gesamtergebnisses. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit und einen stetigen Informationsaustausch

zwischen Werkzeugherstellern,

Werkstoffherstellern,

Endanwendern sowie die Berücksichtigung der

Maschinentechnologie und der Möglichkeiten zur Charakterisierung der

Werkzeuge.

Werkzeuge.

Werkzeuge.

Werkzeuge.

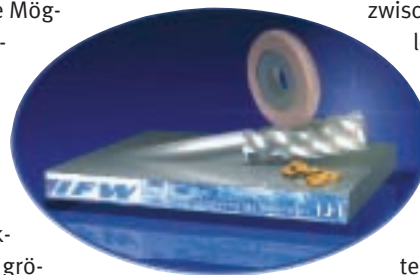
Werkzeuge.

Werkzeuge.

Werkzeuge.

Kontakt und weitere Information:

seminare@ifw.uni-hannover.de,
www.ifw.uni-hannover.de/seminare



Forum Betriebsmittelbau ermöglicht Erfahrungsaustausch

Mit Workshops, thematischen Vorträgen und Betriebsbesichtigungen ermöglicht das vom IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gegründete **Forum Betriebsmittelbau** den regelmäßigen Erfahrungsaustausch innerhalb der Werkzeug- und Formenbau-Branche speziell in Norddeutschland. Die Themen des Forums umfassen beispielsweise Rapid Tooling, Simulation, CAD/CAM-Kette,

EDM/PDM in der Konstruktion, Kalkulation, Controlling, Betreibermodelle, E-Business im Werkzeug- und Formenbau sowie Mitarbeitergewinnung und -motivation.

Informationen:

IPH, Jochen Siegbert,
Telefon (0511) 2 79 76-226,
siegbert@iph-hannover.de

Große Worte für eine große Persönlichkeit

„Probleme kann ich mir selber machen. Geben Sie mir Lösungsalternativen!“ Dieser Ausspruch ist charakteristisch für Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff. 32 Jahre lang hat er mit seinem unverwechselbaren Stil das Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (IFW) an der Universität Hannover geprägt. Mit Ablauf des Sommersemesters 2002 ist Professor Tönshoff nun in den Ruhestand verabschiedet worden.

Mehr als 200 geladene Gäste verfolgten die lobenden Worte, die Vertreter aus Forschung, Wirtschaft und Politik zu diesem Anlass fanden. Die Redner, vom Präsidenten der Universität Hannover, Professor Ludwig Schätzl, bis zum Wissenschaftsminister Niedersachsen, Thomas Oppermann, würdigten Professor Tönshoff als einen der national und international renommiertesten Forscher der Produktionswissenschaft, als engagierten Hochschullehrer und große Persönlichkeit.

Engagement für die Wissenschaft

Eine Auszeichnung, die ihm wenige Wochen vor dieser Feier zuteil wurde, zeigt dies in besonderem Maße: Professor Tönshoff wurde aufgrund seiner außerordentlichen Verdienste um die Produktionswissenschaft zum Ehrenmitglied der Internationalen Forschungsgemeinschaft für Produktionstechnik (CIRP) berufen. In dieser 1959 gegründeten Vereinigung arbeiten 300 aktive und korrespondierende Mitglieder aus den wichtigsten Industrieländern. Ihre Schwerpunkte sind übergreifende Forschungsthemen wie nachhaltig schonende Umweltverfahren, Mikro- und Nanotechnologien, Ultrapräzisionstechni-

ken und Fragen des Studiums im Zeitalter der Globalisierung.

Doch nicht nur für die CIRP engagierte sich Hans Kurt Tönshoff, er war auch Vizepräsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Mitglied des Wissenschaftsrates der Bundesrepublik Deutschland und Beauftragter für Forschung und Technologie des Landes Niedersachsen.

Der Lotse bleibt an Bord

Auch als Emeritus bleibt Professor Tönshoff der Produktionstechnik und der Universität Hannover verbunden. Im Vorstand des Laser Zentrums Hannover (LZH) ebenso wie in der Geschäftsführung des IPH – Instituts für Integrierte Produktion Hannover wird er weiterhin aktiv sein. Und natürlich behält er die Entwicklung des Produktionstechnischen Zentrums Hannover im Auge, das er mit seinen Kollegen Heinz Haferkamp und Hans-Peter Wiendahl vorangetrieben hat.



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

DFG fördert Spitzenforschung in Hannover

Großer Erfolg für Spitzenforschung aus Hannover: Auch in den nächsten Jahren unterstützt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) die Sonderforschungsbereiche an der Universität Hannover, an denen die produktionstechnischen Ins-

titute beteiligt sind. Die beiden Forschungsvorhaben „Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile“ und „Fertigen in Feinblech“ (in Kooperation mit der TU Clausthal) gehen nach einer positiven

Hannover-Projekt: Neue Impulse für die Region

Das Land Niedersachsen, die Region Hannover und die Landeshauptstadt Hannover haben eine gemeinsame Initiative zur Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Region gestartet. Gemeinsam mit der Unternehmensberatung McKinsey arbeitet ein Team aus Vertretern der Verwaltung, Wirtschaft und den Hochschulen derzeit am **Hannover-Projekt**.

Ziel des Projektes ist es, durch den gezielten Aufbau einer auf die Region zugeschnittenen Clusterdynamik eine langfristige und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung herbeizuführen. Rund 45.000 neue Arbeitsplätze sollen geschaffen und ein entsprechendes Wachstum bis 2012 erzielt werden. Erreicht werden sollen diese Ziele durch gezielte Förderung und Bündelung der Kräfte in den Fokusbranchen Lasertechnik, Biotechnologie, Medizintechnik, Produktionstechnik, IuK, Automobil und Logistik/Telematik.

Eines der interessantesten Projekte des Konzeptes für Wachstum und Beschäftigung ist die Laserfabrik. Als ein europaweit herausragendes Zentrum für Laserauftragsfertigungen soll sie in unmittelbarer Nachbarschaft zum Laser Zentrum Hannover (LZH) entstehen. Nach den Plänen des Hannover-Projekts werden 2012 rund 200 hochqualifizierte Wissenschaftler im Norden Hannovers lasertechnologische Speziallösungen im Auftrag weltweit operierender Unternehmen fertigen. Damit soll die **Laserfabrik** rund 16 Millionen Euro zur Wertschöpfung in der Region beitragen. Für ihre Realisierung rechnet das Hannover-Projekt mit einer Gesamtinvestition in Höhe von 7,5 Millionen Euro in den kommenden zehn Jahren.

Weitere Informationen:

hannover-projekt.hannover.de

vorschau

Die nächste Ausgabe der *phi* erscheint im April 2003



Modularisierung

Fabrikplanung – Impulsgeber einer konsequenten Modularisierung!

CAD-Module: Mit weniger Aufwand zum fertigen Teil

Wandlungsfähigkeit durch modulare Fabrikstrukturen

Maschinenrekonfiguration – Lebensdauererhöhung durch Anpassung

Lasersicherheit von A bis Z

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

