



phi

Produktionstechnik Hannover informiert



Bild Delmia



*Transferlinien
virtuell planen*



*Numerische Simulation
in der Werkstofftechnik*

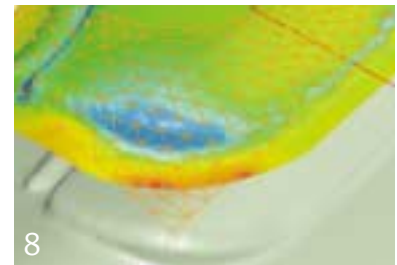


*Mit Simulation
auf Nummer sicher*

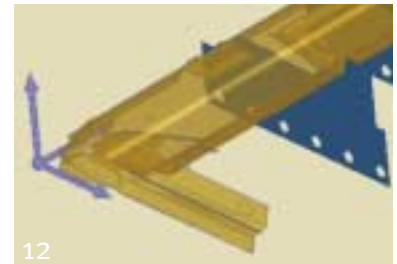
Simulation in der Produktion

inhalt

- 3 **Simulation in der Produktion**
- 6 **Transferlinien virtuell planen**
- 8 **Mit FEM kostengünstig produzieren**
- 10 **Numerische Simulation in der Werkstofftechnik**
- 12 **3-D-Offline-Programmierung in bester Lage**
- 14 **Mit Simulation auf Nummer sicher gehen**
- 16 **Schach der Planungsunsicherheit in der Produktion**
- 18 **Magazin**
- 20 **Vorschau**



8
Simulation spart Geld bei der Ermittlung von Prozessparametern.



12
Keine Lageabweichungen beim Laserschneiden mehr.



16
Zug für Zug mehr Planungssicherheit im Produktionsmanagement.

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.

Redaktion

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

Redaktionsanschrift

Hollerithallee 6
30419 Hannover
Telefon: (0511) 2 79 76-116
Fax: (0511) 2 79 76-888
E-Mail: redaktion@phi-hannover.de
Internet: www.phi-hannover.de

Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen
der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans-Peter Wiendahl
Callinstr. 36
30167 Hannover
Tel.: (0511) 762-2440
Fax: (0511) 762-3814
E-Mail: ifa@ifa.uni-hannover.de
Internet: www.ifa.uni-hannover.de

Institut für Fertigungstechnik und
Spanende Werkzeugmaschinen der
Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff
Schlosswender Str. 5
30159 Hannover
Tel.: (0511) 762-2533
Fax: (0511) 762-5115
E-Mail: ifw@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.ifw.uni-hannover.de

Institut für Umformtechnik und
Umformmaschinen der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Tel.: (0511) 762-2264
Fax: (0511) 762-3007
E-Mail: ifum@ifum.uni-hannover.de
Internet: www.ifum.uni-hannover.de

Institut für Werkstoffkunde
der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Heinz Haferkamp
Appelstr. 11A
30167 Hannover
Tel.: (0511) 762-4312
Fax: (0511) 762-5245
E-Mail: info@iw.uni-hannover.de
Internet: www.iw.uni-hannover.de

IPH - Institut für Integrierte Produktion
Hannover gemeinnützige GmbH
Hollerithallee 6
30419 Hannover
Tel.: (0511) 2 79 76-0
Fax: (0511) 2 79 76-888
E-Mail: info@iph-hannover.de
Internet: www.iph-hannover.de

Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Tel.: (0511) 27 88-0
Fax: (0511) 27 88-100
E-Mail: info@lzh.de
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



Foto Siemens-Pressesbild

Durch eine möglichst realitätsnahe 3-D-Simulation in Echt-Zeit lassen sich in der Produktion eine Menge von bisher schwer zugänglichen Problemen lösen. So lassen sich Anlagen und Verfahren planen und testen, für die man aus finanziellen oder technischen Gründen keinen Prototyp herstellen kann.

Simulation in der Produktion

Die Simulation spielt in der heutigen Produktionstechnik trotz des immensen Potenzials immer noch eine sehr geringe Rolle. Gerade wegen der vielen Einsatzbereiche wird die Simulation für die Industrie und die Forschung zunehmend interessant.

In der VDI-Richtlinie 3633 ist festgelegt, was unter Simulation zu verstehen ist: „Die Simulation ist die Nachbildung eines Systems mit seinen *dynamischen Prozessen* in einem *Modell*, um zu *Erkenntnissen* zu gelangen, die auf eine Wirklichkeit übertragbar sind.“

Ein *Modell* bildet die Basis für eine realitätsnahe Simulation. Diese Modellbildung ist jedoch vom Ziel der Untersuchungen abhängig, d. h. die Definition des Modells hängt von den zu beachtenden Randbedingungen und von den Kenngrößen zur Beurteilung der Szenarien ab.

Zu unterscheiden sind hierbei physikalische und rechnerinterne Modelle. Ein Beispiel für physikalische Modelle ist ein Schiffsmodell in einem Wellenkanal. Hierbei wird das Verhalten von Schiffskörpern in unterschiedlichen Fahrsituationen simuliert. Rechnerinterne Modelle hingegen werden ohne zeitraubende Experimente untersucht.

Modell der Realität

Das Ergebnis und der Aufwand der Simulation sind wesentlich vom Detaillierungsgrad des aufgestellten Modells abhängig. Ist die Detaillierung zu hoch gewählt, steigt der Zeitbedarf zur Berechnung der Ergebnisse. Ist die Detaillierung zu gering, kann dies zu ungenauen Ergebnissen führen. Gerade weil die Simulation ein System sehr detailliert darstellen kann, ist es erforderlich, den Detaillierungsgrad vorher genau zu bestimmen.

Die Mehrzahl der Simulationen in der Produktion basieren auf ereignisorientierter Simulation. Das heißt, dass jedes Ereignis in dem System registriert wird, statistisch ausgewertet wird und die zeitlich folgenden Vorgänge beeinflussen kann. Durch zeitliche Abhängigkeiten sowie durch die Komplexität des Problems erhält das Verfahren eine *Dynamik*, die vorher nur sehr begrenzt absehbar

ist, jedoch durch die vorgegebenen Randbedingungen eingeschränkt werden kann.

Die aus der Simulation resultierenden Erkenntnisse sind sowohl von der Dynamik des Prozesses, vom aufgestellten Modell, von den Randbedingungen (Zeiträume, Detaillierungsgrad etc.) sowie den Eingangsdaten des Simulationsmodells abhängig.

Im Grunde stellt die Simulation ein Hilfsmittel dar, um Planung, Entwicklung, Bewertung, Gestaltung und Überwachung von Produkten und Prozessen sicherstellen zu können. Sie kann Lösungskonzepte unterstützen und hilft bei kurzfristigen Entscheidungsfindungen. Vornehmlich wird derzeit die Simulation sowohl bei logistikrelevanten Fragestellungen als auch bei Untersuchungen von produktionstechnischen Alternativen verwendet.

Potenziale noch nicht ausgeschöpft

Es gibt einige Vorurteile, die dazu führen, die Simulation in der Produktion nicht einzusetzen. Schließlich erfordert die Einführung dieser Technologie einen erheblichen Einarbeitungsaufwand, es bedarf einer aufwändigen Datenakquisition und die Komplexität der Simulationsverfahren schreckt die Anwender oftmals ab.

Ebenso ist die Quantifizierung des Nutzens dieser Technik erst nach längeren Zeiträumen möglich. Also: Weshalb sollte man dann die Simulation einsetzen?

An Hand von Projektbeispielen aus den an dieser Zeitschrift beteiligten produktionstechnischen Instituten möchten wir aufzeigen, in welchen unterschiedlichen Produktionsbereichen verschiedene Arten der Simulation erhebliche Kosteneinsparungen ermöglichen können. Dies soll Produktionsunternehmen darauf hinweisen, wie sie den Anforderungen des Marktes kostengünstiger, qualitätsorientierter und schneller entgegen treten können.

Bis 1998 verwendeten erst 3 % der potenziellen Anwender die Simulationstechnik konsequent. Bisher werden Simulationsprogramme und -systeme insbesondere bei der Fabrik- und Layoutplanung, Anlagenplanung, Prozesssimulation sowie in der Roboterprogrammierung eingesetzt.

Dennoch gilt diese Technik noch längst nicht als konsequent umgesetzt. Allein in Deutschland beziffern zuverlässige Studien das geschätzte nutzbare Rationalisierungspotenzial für das Jahr 2001 auf etwa 20 Mrd. DM. Hieran kann abgelesen werden, dass dieses wertvolle Instrumentarium noch nicht ausreichend eingesetzt wird.

Der Einsatz der Simulation ist vor allem dann notwendig, wenn das abzubildende System nicht zur Verfügung steht (d. h. nur in der Planung existiert), der reale Prozess aus Kosten- oder Sicherheitsgründen nicht untersucht werden kann oder die statischen Analysemethoden an ihre Grenzen stoßen. Hierbei können verschiedene Alternativen in der Planungsphase beurteilt oder bestehende Abläufe ohne Störung des laufenden Betriebes optimiert werden. Beim Einsatz der Simulationstechnik kann bei kurzen Planungszeiten eine hohe Planungssicherheit realisiert werden. Zudem kann eine hohe Transparenz im Planungsprozess bei gleichzeitig hoher Sicherheit bei anstehenden Investitionsentscheidungen erreicht werden.

Das Spiel mit der Simulation

Um bei der Simulation zu einem erfolgreichen Ergebnis zu kommen, muss experimentiert werden. Das heißt, es darf

gespielt werden. Ziel des Spiels ist hierbei, die Abbildung der Realität so genau wie möglich und so umfangreich wie nötig zu erreichen.

Der Ablauf eines Simulationsvorganges hat mehrere Stationen: Zunächst sollte das Ziel vereinbart werden. Es muss also vorher festgelegt werden, was genau untersucht werden soll. Den nächsten Schritt stellt die Ist-Analyse dar, bei der die Ausgangsbedingungen festgestellt werden. Auf dieser Grundlage kann dann die Modellbildung stattfinden. Hier wird die Realität abgebildet. Nach Einschätzung aller Randbedingungen und genauer Überprüfung des Modells können die eigentlichen Simulationenabläufe durchgeführt werden. Hierbei können verschiedene Szenarien (das festgelegte Modell mit verschiedenen Randbedingungen) spielerisch getestet werden. Um die Erkenntnisse aus einem Teil der Simulationsabläufe einschätzen zu können, werden immer wieder neue Szenarien durchgespielt. Nur so können die erhaltenen Kenngrößen mit- und gegeneinander abgewogen werden. Im Verlauf dieser Phase wird solange mit den verschiedenen Szenarien experimentiert, bis das resultierende Ergebnis den Erwartungen entspricht. Zum Schluss der Simulation findet die Auswertung und Analyse der Ergebnisse statt. Dieses Verfahren gilt sowohl für die Simulation der Produktionsplanung als auch für die Simulation

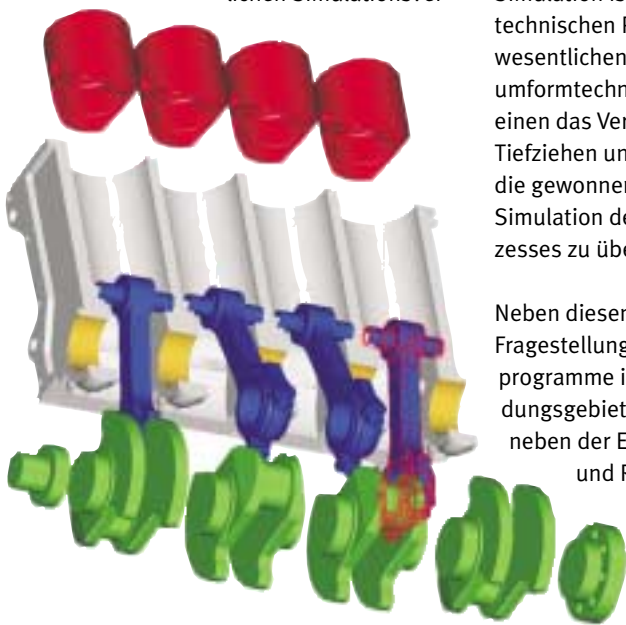


von komplexen Fertigungsstufen in der Produktion.

Aus diesen Bereichen der Simulation möchten die produktionstechnischen Institute aus Hannover in dieser Ausgabe der *phi* mehrere Beispiele aus Projekten mit der Industrie beispielhaft darstellen. Hiermit möchten die Institute zeigen, dass die Anwendung der Simulation immer mehr Bereiche in der Produktion beeinflusst und helfen kann, Kosten und Aufwand wesentlich zu reduzieren.

Der Bogen spannt sich weiter

Neben den Forschungseinrichtungen haben immer mehr Unternehmen in den vergangenen Jahren die unterschiedlichen Simulationsver-



Die Simulation ganzer Baugruppen dient der Überprüfung der späteren Funktionstätigkeit.

fahren aufgriffen, um in ihrer Produktion die Leistungsfähigkeit der Produktionsanlagen, komplexer Ablaufstrukturen und die Machbarkeit von Fertigungsverfahren nachzuweisen.

Die Hauptanwendungsfelder der Simulation stellen die *Fabrikplanung* und die *Fertigungssteuerung* (sogenannte Leitstandssimulation) dar. In der Fabrikplanung werden Planungsergebnisse validiert und neue Planungsansätze getestet, um Investitionsentscheidungen zu unterstützen. Bei der Fertigungssteuerung können alternative Planungen durchgespielt werden, um anhand der visualisierten Abläufe Auslastungen und Termintreue der Anlagen zu verbessern. Hierbei kommen weitere Anwendungsfelder von Simulationsverfahren zu Tage. Grund dafür ist das Streben nach immer

detaillierterer Aufschlüsselung der Produktionsabläufe. So werden Fertigungsanlagen in Modulbausteine aufgeteilt und in ihrer Konzeption weiter heruntergebrochen. Daher können nicht nur Materialflusssysteme, sondern auch Fertigungssysteme und deren Komponenten simuliert werden. Hinzu kommt, dass die organisatorischen Aspekte der Produktions- und Logistiksysteme berücksichtigt werden können.

Ein ganz anderes Feld bildet die Simulation einzelner *Fertigungsstufen*. Diese umfasst sowohl die Nachbildung von NC-Programmen als auch von Roboterbewegungen z. B. zur Kollisionskontrolle. Ein weitaus komplexeres Gebiet der Simulation ist im Bereich von umformtechnischen Prozessen zu finden. Die wesentlichen Aspekte bei der Simulation umformtechnischer Prozesse sind zum einen das Verhalten des Materials beim Tiefziehen und zum anderen der Versuch, die gewonnenen Erfahrungen auf die Simulation des dynamischen Zerspanprozesses zu übertragen.

Neben diesen produktionstechnischen Fragestellungen werden Simulationsprogramme in immer weiteren Anwendungsgebieten eingesetzt. Hierzu zählen neben der Elektrotechnik, Elektronik und Regelungstechnik auch Bereiche der Verfahrenstechnik sowie der allgemeinen Naturwissenschaften wie z. B. Chemie oder Physik. Darüber hinaus wird in vielen Teilbereichen der Medizin, des Umweltschutzes und der Wirtschaftswissenschaften die virtuelle Abbildung realer Prozesse eingesetzt.

Neben den soeben beschriebenen Gebieten überspannt die Simulation in der Produktion ein weites Feld von Anwendungen. Die Simulation kann hierbei helfen, den realen Produktionsprozess so kostengünstig und reaktionsschnell wie möglich zu organisieren und zu realisieren.

Viele Anwendungsmöglichkeiten in der Produktion

Die produktionstechnischen Institute des Universitätsstandortes Hannover forschen in zahlreichen Projekten in Kooperation mit Industrieunternehmen auf dem Gebiet der Simulation. Diese Kooperationsprojekte sind zum Teil in Verbindung mit öffentlich geförderten Forschungspro-

jekten und zum Teil im Rahmen von direkten Industrieaufträgen realisiert worden. Das Ergebnis solcher Kooperationen ist zumeist ein erfolgreich appliziertes Simulationsverfahren für das jeweilige Problem des Industriepartners.

Die Beispiele, die hier aufgezeigt werden, umfassen alle Bereiche der Simulation für produktionstechnische Anwendungen. Dabei reicht die Anwendungspalette von der Simulation ganzer Unternehmen bis hin zu kleinsten mikrostrukturellen Gefügeumwandlungen bei der Umformung von Werkstücken. Beispiele geben Berichte über den Einsatz der Simulation bei der Projektierung von Produktionsanlagen (IPH), die Simulation virtueller Transferlinien (IFW) sowie die Einführung von Systemen zur Produktionssimulation mit einem selbst programmierten Simulationswerkzeug (IFA). Neben den produktionssteuernden Simulationsverfahren gibt es immer mehr Anwendungen der Finite-Elemente-Methode bei fertigungstechnischen Fragestellungen. Hierzu gewähren weitere Artikel der beteiligten Institute einen Einblick in Anwendungen bei umformtechnischen Fragen von Magnesium (IFUM), die Numerik in der Werkstoff- und Schneidtechnik (IW) sowie die effektive Nutzung der Lasertechnik (LZH).

Einige produktionstechnische Institute in Hannover forschen derzeit an einer weiteren Anwendung der Simulation im Bereich der Fertigungstechnik. Die Zerspantechnik (vornehmlich hierbei das Drehen und Fräsen) stellt ein neues und dazu komplexes Anwendungsfeld für die Simulation dar. Um dieses recht junge Gebiet hinreichend bearbeiten zu können, haben sich deshalb mehrere Institute in Grundlagenforschungsprojekten zusammengetan.

Die aufgezeigten Praxisbeispiele sind nur ein kleiner Ausschnitt aus den Aktivitäten der beteiligten Institute. Zur Erreichung der besten Ergebnisse werden die modernsten Simulations- und Auswertungs-Softwaretools genutzt. Unsere Kooperationspartner können hierbei von unseren Erfahrungen profitieren, indem vor Ort Simulationsuntersuchungen durchführt, optimale Strategien entwickelt, simulationsbasierte Planungswerkzeuge erstellt, Schulung und Vermittlung von Simulationswissen durchgeführt sowie 3-D-Visualisierung und Animation realisiert werden können.

Thomas Friemuth, Michael Zwick, Hilmar Hillmann-Apmann, IFW



Transferlinien virtuell planen

**Hoch produktiv und flexibel – für Transferlinien ein Widerspruch?
Modulare Anlagenkonzepte erhöhen die Flexibilität von Transferlinien.
Bei der Planung ist die 3-D-Simulation der Anlagen ein wichtiges
Werkzeug. Resultat ist der virtuelle Anlagenprototyp.**

Bei der Frage nach dem geeigneten Fertigungssystem für ein bestimmtes Produkt bzw. Produktspektrum steht der Planungsingenieur oft vor der grundlegenden Problematik, sich unter besonderer Berücksichtigung der Kosten zwischen der Produktivität und der gewünschten Flexibilität entscheiden zu müssen. Dieser Spagat gelingt allzu oft nur eingeschränkt, da zukünftige Entwicklungen des Absatzmarktes und der zu fertigen Produkte schlecht vorhersehbar sind. Mitunter bleiben Anforderungen an ein Fertigungssystem diffus und können in der Entscheidungsphase nicht sicher eingeplant werden.

Flexible Systeme sind dieser Situation zwar gewachsen, verursachen aber hohe Investitionskosten. Neben der eingeschränkten Produktivität besitzen sie eine hohe Komplexität. Dagegen sind

hoch produktive Systeme in der Regel unflexibel bei Produktwechseln und neuen Varianten. Sie zeichnen sich allerdings durch geringere Investitionskosten und eine hohe Anlagenzuverlässigkeit aus. Das ideale Fertigungssystem kennzeichnet hohe Produktivität kombiniert mit hoher Flexibilität und geringen Investitionskosten.

Modularität steigert Flexibilität

Am Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover wurde ein modulares Konzept entwickelt, welches hoch produktive Fertigungssysteme (Transferlinien) flexibler gestaltet. Hauptansatz ist die Entwicklung eines modularen Komponentenbaukastens. Analog zum bekannten LEGO-Prinzip werden einzelne

Maschinenmodule über standardisierte Schnittstellen miteinander verbunden. Kundenspezifische Anlagenumrüstungen sind somit auch in der Zukunft möglich. Das Unternehmen wird dadurch wechselnden Anforderungen und Bedürfnissen gerecht. Derartig modulare Transferlinien werden zur spanenden Fertigung innerhalb der Automobilindustrie eingesetzt. Typische Produkte sind Motorkomponenten (Zylinderblöcke, -köpfe, Kurbel-, Nockenwellen, Pleuel) und Fahrwerksteile (Achsschenkel, -gehäuse, Schwenklager, Querlenker).

Auf Produktseite existieren modulare Konzepte bereits seit längerem und werden erfolgreich angewandt. Aber auch Anlagenhersteller arbeiten verstärkt an modularen Maschinenkonzepten, um einerseits den langfristigen Entwick-

lungsaufwand und damit die Entwicklungszeiten zu reduzieren, andererseits die Anlagenflexibilität zu steigern. Ziel ist eine „Plug-and-Play“-Funktionalität zur Verbindung mechanischer und steuerungsspezifischer Anlagenmodule. Das IFW entwickelt innerhalb des internationalen Forschungsprojektes HIPARMS (Highly Productive And Reconfigurable Manufacturing Systems) sowohl modulare Maschinenkonzepte als auch geeignete computerunterstützte Planungswerkzeuge zur Anlagenkonfiguration. Gefördert wird das Projekt durch die Europäische Kommission. Im Rahmen des Projektes entsteht ein wissensbasiertes Planungssystem für Transferlinien. Integriert ist ein 3-D-Simulationssystem, das die Anlage als virtuellen Prototyp darstellt und den Betrieb simuliert.

Simulation virtueller Transferlinien

3-D-Simulationen werden zur Planung von Transferlinien eingesetzt. Der reale Bearbeitungsprozess derartiger Fertigungssysteme wird samt Werkstück- und Werkzeugbewegungen simuliert. Ergebnis ist das dreidimensionale Funktionsmodell der Anlage, welches wertvolle Informationen hinsichtlich möglicher Kollisionen, der Anlagenaustaktung und des



Foto Krause

Transferstraße zur spanenden Bearbeitung in der Automobilindustrie – in Zukunft virtuell geplant.

Layouts liefert. Sowohl Planer als auch Betreiber der Anlage erhalten dadurch realitätsnahe Eindrücke des aktuellen Planungsergebnisses.

Die Visualisierung und Simulation in der Produktion ablaufender Prozesse, angefangen von manuellen Montagetätigkeiten über Roboteranwendungen bis hin zu komplexen Fertigungsanlagen ist somit möglich. Das virtuelle Abbild der Produktion ist am Rechner bereits Realität geworden. Der Prozessplanung eröffnen

sich durch Anwendung dieser Technologie vollkommen neuartige Möglichkeiten.

Schläft die Fertigungsplanung?

Die Projektierung komplexer Transferstraßen stellt hohe Planungsanforderungen. Nach Aussage der Anlagenhersteller sind besonders der hohe Planungsaufwand, die hohen Planungskosten und das dadurch resultierende hohe Planungsrisiko kritisch. Bereits die Angebotserstellung ist sehr zeitaufwändig und entscheidet über den späteren Erfolg oder Misserfolg eines Projektes. Eine typische Angebotserstellung für eine Transferlinie dauert in der Regel vier bis sechs Wochen. Der Planungsprozess ist derzeit noch weitgehend durch den Einsatz einfacher Hilfsmittel wie etwa Tabellenkalkulationen oder 2-D-CAD-Konstruktionsprogramme gekennzeichnet. In einigen Fällen sind sogar Papier und Bleistift einziges Planungsinstrument aufgrund fehlender computerbasierter Planungssysteme. Hier hinkt die Prozessplanung der Produktplanung hinsichtlich eingesetzter Hilfsmittel und Systeme hinterher. 3-D-Konstruktionssysteme und virtuelle Prototypen (z. B. Digital-Mock-Ups) sind innerhalb der Produktentwicklung keine Seltenheit mehr. Die daran anschließende Prozessplanung findet jedoch

häufig noch mit „antiquierten“ Hilfsmitteln statt, die der Planungsaufgabe nicht gerecht werden. Aus diesem Grund sind der Planungserfolg und das Planungswissen eines Unternehmens allein von der Erfahrung der Planungsspezialisten abhängig. Da Planungswissen oft nicht

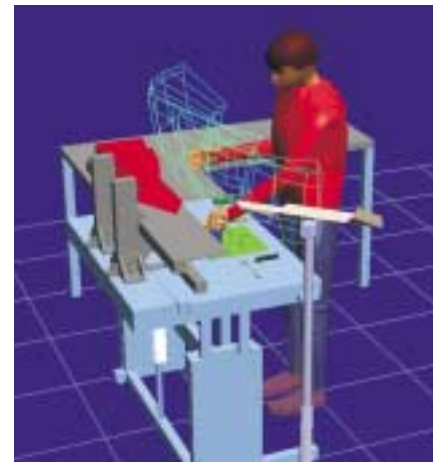
dokumentiert und stark personenabhängig ist, gewinnt das so genannte Wissensmanagement in diesem Bereich an Bedeutung.

Die Fertigungsplanung schläft jedoch nicht mehr. Sie ist aufgewacht und setzt verstärkt neue Technologien zur Lösung bestehender Probleme ein.

„E-Manufacturing“ und die „Digitale Fabrik“

Technologien wie 3-D-Simulationen halten vermehrt Einzug in die Anlagen- und Prozessplanung. In diesem Zusammen-

hang spricht man von der „Digitalen Fabrik“ oder dem sogenannten „E-Manufacturing“ – dem virtuellen Abbild realer Anlagen und Prozesse im Rechner. Virtuelle Fertigungsanlagen und -prozesse werden am 3-D-Modell simuliert, lange bevor sie ihren eigentlichen Dienst in der Werkhalle aufnehmen. Das Anlagen-



Auch manuelle Tätigkeiten können durch ein Menschmodell mit 60 Freiheitsgraden abgebildet werden.

modell besitzt geometrische sowie funktionale Eigenschaften der realen Anlage. Hierbei handelt es sich um den so genannten virtuellen Prototypen. Durch den Einsatz der Simulationstechnik ergeben sich signifikante Vorteile in der Planungsphase der Anlagen:

- die Planungsdauer wird verkürzt,
- die Aufwände für Variantenplanungen, Änderungsmanagement, Arbeitsplatzgestaltung und Dokumentation verringern sich,
- das kooperative Arbeiten (Simultaneous Engineering) wird stärker unterstützt und
- die Transparenz des Planungsprozesses und -fortschritts wird erhöht.

Zusätzlich ergeben sich Potenziale bei den Planungsergebnissen, da Durchsatz, Austaktung und Investitionen optimiert werden können. Zudem wird die Raumnutzung, die Ergonomie und die Wiederverwendung existierender Komponenten verbessert. Die Anlaufphase der Anlagen kann ebenfalls verkürzt werden, da Planungsfehler durch den Einsatz der Simulation frühzeitig erkannt und vermieden werden. Als positiven „Nebeneffekt“ ermöglicht die Simulation eine umfassende Ergebnisdokumentation, die sowohl für die Erstellung von Angeboten als auch zum Training der Werker genutzt werden kann.

Gregor Drabow, IFW

Mit FEM kostengünstig produzieren

Im Bereich der Umformtechnik wird zunehmend die Methode der Finiten Elemente (FEM) eingesetzt, um steigende Qualitätsansprüche bei reduzierten Herstellkosten zu erfüllen. Mit der FEM können die Prozessparameter komplexer Prozesse oder neuartiger Umformmethoden wie dem Schmieden von Magnesium auch ohne teure Experimente ermittelt werden.

Durch die kontinuierlich vorangetriebene Automatisierung konnten in der jüngsten Vergangenheit erhebliche Produktivitäts- und Qualitätsverbesserungen in der Umformtechnik erzielt werden. Die steigenden Anforderungen an Form- und Maßgenauigkeit umformtechnisch hergestellter Produkte führen zu komplexen und computergesteuerten Produktionsanlagen. Eine weitere beträchtliche

stufen. So kann die in der Praxis übliche „Trial-and-Error“-Methode in der Fertigung immer häufiger ersetzt werden.

Numerische Simulationsverfahren stellen eine wesentliche Hilfe zur wirtschaftlichen Prozessauslegung dar. Im Laufe der Zeit wurden dabei unterschiedliche Ansätze entwickelt. Insbesondere die Methode der Finiten Elemente (FEM) hat in den letzten Jahren zur Auslegung von Umformvorgängen (prozess- und werkzeugseitig) an Bedeutung gewonnen.

Kostengünstig Umformen

Die Methode der Finiten Elemente ist ein universell einsetzbares Verfahren, mit dessen Hilfe physikalische Vorgänge visuell abgebildet werden können. Für die Umformtechnik ist diese Methode von so großer Bedeutung, da die Visualisierung des Umformprozesses oft die einzige Möglichkeit ist, in den Prozess „hineinzuschauen“ und so den Einfluss von Parametern (z. B. Niederhalterkraft, Umformweg, Umformkraft-Zeit-Verlauf, Temperatur) zu analysieren. Dadurch kann zum einen die Prozesssicherheit garantiert werden und zum anderen ist es aufgrund der Parameteroptimierung möglich, die Qualität der Bauteile erheblich zu steigern. So können teure experimentelle Fehlschläge vermieden werden, indem am Bildschirm vorab ermittelt wird, ob sich ein Bauteil wie geplant herstellen lässt, noch bevor Millionenbeträge in teure Anlagen und Werkzeuge investiert werden.

Mit Hilfe der FEM ist es nicht nur mög-

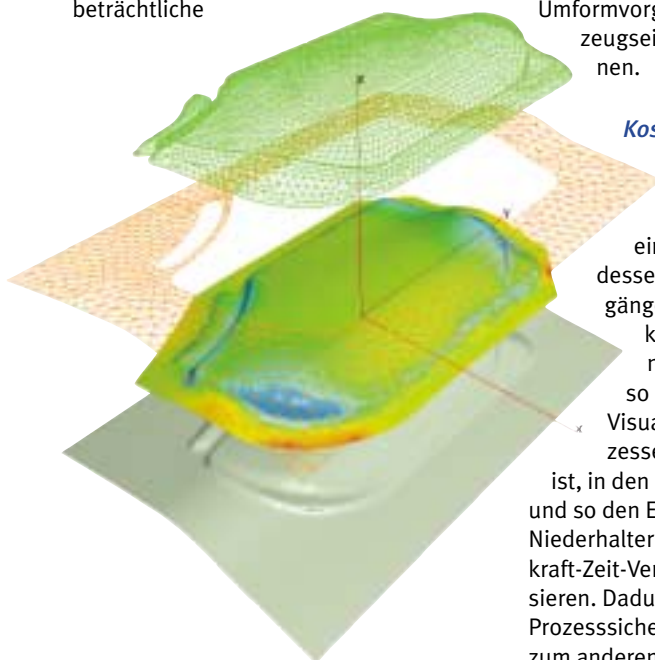
lich, die Prozessparameter zu optimieren und so die Prozessauslegung vorzunehmen. Auch die Gestalt des umzuformenden Werkstücks kann optimal berechnet werden: im Bereich der Blechumformung also der Platinezugschnitt, bei der Masivumformung das Gewicht, die Form und Größe des Rohlings. So können einerseits Rohstoffe eingespart werden und andererseits werden die Ausschussteile, die eine ungenügende Formfüllung besitzen, reduziert. Um die geforderten hohen Genauigkeiten, die in den diversen Umformprozessen verlangt werden, in den Simulationsrechnungen zu erfüllen, befasst sich das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover intensiv mit der Anwendung und Weiterentwicklung der Finite-Elemente-Methode.

Das Ziel besteht darin, eine genaue Vorauslegung des Prozesses zu erreichen. Hierbei ist es unbedingt notwendig, möglichst alle Einflussgrößen des Umformprozesses in das Simulationsmodell einzubeziehen. Beispielsweise spielen die Werkstoffdaten innerhalb der FEM-Berechnungen eine entscheidende Rolle.

Mit FEM werkstoffbezogene Probleme lösen

In der industriellen Praxis basiert die Auslegung komplexer Fertigungsprozesse auf dem fundierten Wissen und der jahrelangen Erfahrung der Ingenieure sowie auf umfangreichen experimentellen Versuchen.

Mit Hilfe der FEM-Simulation besteht die Möglichkeit, genaue Vorhersagen werkstoffbezogener Mechanismen, die im Werkstück bei der Umformung



Durch FEM-Simulation kann zum Beispiel die Blechdickenverteilung einer Vordertür- Außenhaut (NUMISHEET Benchmark '99) vorhergesagt werden.

Veränderung innerhalb des Produktionsprozesses ist die Anwendung von Computersimulationen der einzelnen Fertigungs-

stattfinden, auf der Grundlage mathematischer Formulierungen zu treffen. Verwirklicht wird dies durch die Entwicklung und Implementierung von Stoffgesetzen im Bereich der Massiv- und der Blechumformung.

In diesem Zusammenhang wurden beispielsweise so wichtige Aspekte wie die Gefügeausbildung von Stählen und die Ausbildung von Eigenspannungen anhand von FEM-Berechnungen untersucht. Neben der daraus resultierenden Möglichkeit, zeit- und kostenintensive experimentelle Versuche in der Prozessvorauslegung mittels der FEM-Simulation einzusparen, ist man so in der Lage, bereits während der Planungsphase umformtechnologische, werkstoff- und bauteileigenschaftsspezifische Gesichtspunkte zu diskutieren und entsprechend zu berücksichtigen.

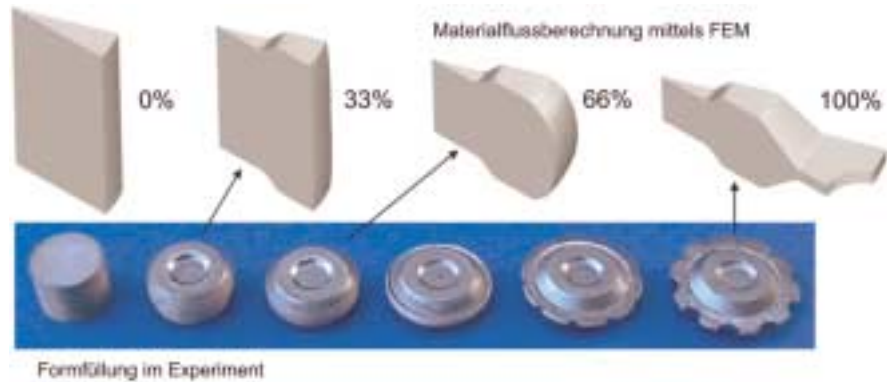
Prozessgrößen optimieren

Neben den Werkstoffdaten haben auch die Prozessparameter einen großen Einfluss auf das Umformprodukt. Aus diesem Grund ist die Prozessoptimierung komplexer Umformprozesse ein großes Einsatzgebiet der numerischen Simulation.

Um beispielsweise beim Tiefziehen von Feinblechen die Herstellung eines Gutteils zu garantieren, müssen die Prozessparameter wie z. B. die Niederhalterkraft optimal ausgelegt werden. Bei zu großer

zepte große Zeit- und Geldinvestitionen im Bereich der Auslegung der Werkzeuge. Daher bietet sich eine Prozessauslegung mittels FEM hierbei besonders an, um diese Kosten zu minimieren.

umgeformt und nicht wie üblich gegossen werden. Diese umformtechnisch hergestellten Bauteile sind für Anwendungen im Automobilsektor zunehmend interessant.



So wird innerhalb einer Simulationsrechnung der Niederhalterkraftverlauf während des Tiefziehprozesses gezielt gesteuert, um ein Versagen des Umformprozesses zu vermeiden. Diese Steuerung erfolgt auf der Grundlage eines Optimierungsalgorithmus.

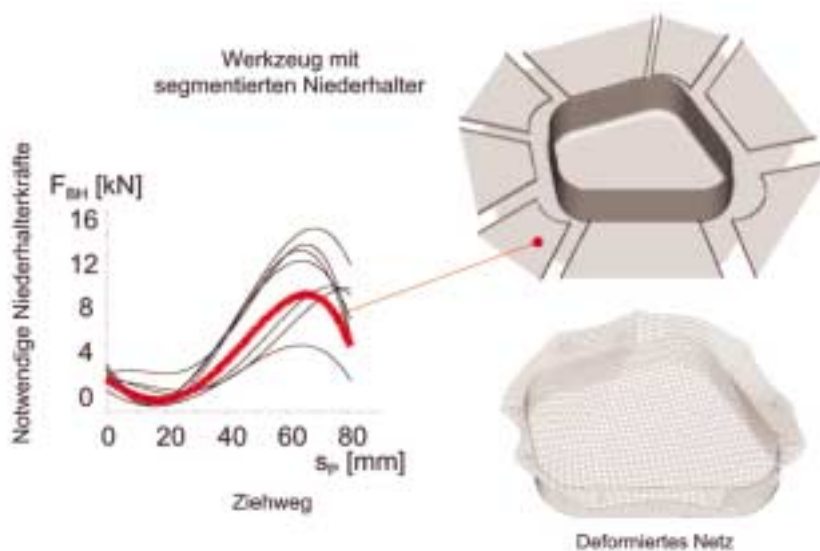
Magnesium – Werkstoff mit Zukunft

Die Finite-Elemente-Methode findet in der Massivumformung Anwendung beispielsweise in der Bearbeitung des Leichtmetallwerkstoffs Magnesium, der in jüngster Zeit eine zunehmende Nachfrage erfährt. Magnesium kann in vielen

Mit Hilfe der FEM-Materialflussberechnung können beim Schmieden eines Magnesiumkettenrads durch Minimierung des Ausschusses Kosten gespart werden.

Die Prozessparameter der Umformung – z. B. im geschlossenen Gesenk – für Magnesiumknetlegierungen sind noch unbekannt. Deshalb soll die FEM-Simulation herangezogen werden, um optimierte Prozessparameter mit fundierten werkstoffwissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Grundlagen zu erarbeiten. So ist es möglich, die Kosten und den Herstellungsaufwand zu reduzieren. Innerhalb der FEM-Simulationen spielt dabei vor allem die Temperaturverteilung eine entscheidende Rolle, da Magnesiumwerkstoffe nur warm umgeformt werden können. Weiterhin können auch Formfüllung, Dehnungen und Spannungen berechnet werden und als Grundlage zur Prozessentwicklung und -analyse dienen.

Innerhalb des Sonderforschungsbereiches „Magnesiumumformung“ wird beispielsweise das Schmieden eines Kettenrads für Fahrräder untersucht. In einer Gegenüberstellung des berechneten und experimentell ermittelten Materialflusses beim Schmieden eines solchen Bauteils sind nur geringe Abweichungen zu erkennen. Mit Hilfe der FEM-Berechnungen kann so der Herstellungsaufwand durch eine Minimierung der Ausschussteile reduziert werden.



Die Optimierung der Niederhalterkraft während eines Tiefziehvorgangs ermöglicht die Herstellung von Feinblechbauteilen.

Niederhalterkraft tritt ein Materialversagen auf. Im Gegensatz dazu bewirken zu kleine Kräfte das Auftreten von Falten. Die Tiefziehbarkeit komplexerer Prozesse kann zwar mit Hilfe von elastischen oder segmentierten Niederhaltern ermöglicht werden, jedoch erfordern diese Kon-

Bereichen, vor allem in der Automobilindustrie, aber auch in der Luft- und Raumfahrt, Bauteile aus Stahl ersetzen und so zu Gewichts- und Energieeinsparungen führen. Dabei haben potenzielle Anwender durchaus unterschiedliche Vorstellungen darüber, wie hoch die Mehrkosten für eine Gewichtsreduzierung sein dürfen. Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 390 „Magnesiumumformung“ soll Magnesium zur Festigkeitssteigerung

Die Anwendung der Simulationsprogramme birgt ein enormes Einsparungspotenzial, das durch die Verbesserung der Berechnungsgenauigkeit und die Verringerung der Rechenzeiten noch weiter gesteigert werden soll. Mit diesem Ziel erfolgt eine stetige Weiterentwicklung der FEM-Programme.
Bianca Springub, IFUM



Numerische Simulation in der Werkstofftechnik

Die Anwendung numerischer Simulationsmethoden in der Werkstofftechnik bietet beispielsweise in den Anwendungsgebieten Plasma-Schmelzschnitten und Jetcutting die Möglichkeit zur genauen Prozessanalyse und somit zur Prozessoptimierung.

Seit Jahren findet die Simulation vermehrt ihren Weg in alle Arten von Prozessen und Entwicklungen. Argumente hierfür sind nicht nur in den Möglichkeiten zur Kosten- und Zeitersparnis sowie in der Erhöhung der Anschaulichkeit zu finden. Grundsätzlich bietet die Simulation in der Werkstofftechnik auch eine Unterstützung zur exakten System- und Prozessbeschreibung, die Möglichkeit der Untersuchung von Extremsituationen sowie die Möglichkeit zur Zeitskalierung. Durch immer leistungsfähigere Produkte der Soft- und Hardwareindustrie können zusätzlich immer komplexere Themen mit der notwendigen Genauigkeit bearbeitet werden. Es gibt aber immer noch Bereiche, in denen keine Produktlösungen angeboten werden. Hier müssen individuell erarbeitete Programme zum Einsatz kommen. Drei Beispiele, die am Institut für Werkstoffkunde (IW) der Universität Hannover in laufenden Forschungsvorhaben ihre Anwendung finden, sollen den Einsatz von zwei kommerziellen und eines eigens entwickelten Programms zur Lösung numerischer Problemstellungen aufzeigen.

Schneidleistung und Qualität steigern

Die Plasma-Feinstrahltechnik ist ein Brennschneidverfahren, bei dem die zum Aufschmelzen des Werkstücks nötige Energie von einem Lichtbogenplasma zwischen einer Elektrode im Plasma-brenner und dem Werkstück geliefert wird. Das Plasmagas übernimmt hierbei zwei Funktionen. Es dient erstens dem Energieübertrag zwischen Elektrode und Werkstück, zweitens wird durch die gerichtete Gasströmung die Schmelze aus der Schnittfuge getrieben. Bisherige Verbesserungen bezogen sich immer auf Modifikationen der Anlagenperipherie. Zusätzlich unterliegt die Ermittlung optimaler Prozessparameter hauptsächlich zeitintensiven Versuchsreihen. Zur Unterstützung der Verfahrensoptimierung kommt nun am Institut für Werkstoffkunde ein kommerzielles FEM-Paket zum Einsatz.

Vor dem tatsächlichen Beginn einer Simulation liegt es in der Verantwortung des Anwenders, die Problemstellung geeignet zu unterteilen. Dabei müssen insbeson-

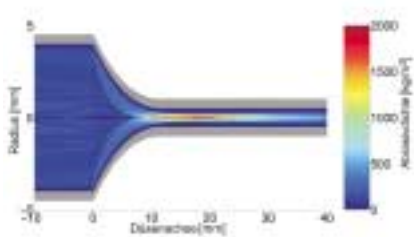
dere die physikalischen Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt werden. In diesem Schritt liegt der Grundstein des Erfolges zu einer aussagefähigen Simulation. In weiteren Schritten werden die durchgeführten Modellrechnungen mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen verifiziert. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen wieder direkt in das Modell ein, um die Berechnungen näher an die Realität zu führen.

Verbindendes trennen – Trennendes verbinden

Im Fall des Plasmaschmelzschnittens erfolgt eine Trennung im wesentlichen in drei Teilgebiete. Thermodynamik und Elektrodynamik berücksichtigen den Wärmetransport beziehungsweise die Effekte der auftretenden Lichtbogenentladung. Mit Hilfe des dritten Gebiets, der Strömungsmechanik, werden Vorgänge erfassbar, mit denen Aussagen über die zu erwartende Schnittqualität getroffen werden können. Gleichzeitig können Düsen dahingehend modifiziert werden, dass größere Austrittsgeschwindigkeiten

und homogenere Geschwindigkeitsprofile erzielt werden.

Nach der Durchführung einer Simulation eines einzelnen Teilgebietes erfolgt



Durch die Simulation lässt sich die Abrasivbewegung in der Düse beim Jetcutting analysieren, um somit konstruktiv den Verschleiß der Düsen mindern zu können.

schließlich die Zusammenführung der jeweiligen Einzelergebnisse. Dabei wird iterativ festgelegt, in welchem Maß in die Randbedingungen der nächsten Simulation eingegriffen werden soll. Das Modell erfährt damit einen stetigen Verbesserungsprozess, an dessen Ende genaue Kenntnisse über die vorherrschenden und prozessbestimmenden Phänomene vorliegen.

Arbeiten auf diesem Gebiet haben gezeigt, dass eine veränderte Form der Düsengeometrie zu einer Stabilisierung des Freistrahls führt. Weiterhin zeigen die Simulationen einen direkten Zusammenhang zwischen Strahl- und Schnittqualität. „Aufbauend auf diesem Modell könnte man nun bei Konturschnitten die optimalen Stellgrößen, bei denen die beste Schnittqualität zu erwarten ist, ohne umfangreiche Untersuchungen ermitteln“, so die einhellige Meinung in der Fachgruppe „Rechnergestützte Verfahren“ am IW.

Jetcutting – Mit Wasser schneiden

Abrasivstrahldüsen finden ihren Einsatz hauptsächlich im Bereich des Wasserstrahlschneidens. Diese Technologie erlaubt das Trennen nahezu aller Materialien durch hochbeschleunigte Wasser-Abrasivsand-Gemische. In den sogenannten Suspensionsstrahldüsen, die besonders in der Zerlegetechnik Verwendung finden, wird das unter hohen Drücken von bis zu 200 MPa stehende Wasser-Sand-Gemisch auf Geschwindigkeiten von 600 m/s beschleunigt. Dieser extremen Belastung können nur spezielle Materialien standhalten. Trotzdem verschleiben die Düsen innerhalb einiger Stunden. Um die Bewegung des Abrasivs in der Düse simulieren zu können, wurde

am IW ein Particle-Tracking-Modell zur Berechnung der Abrasivbewegung an ein kommerzielles Computational-Fluid-Dynamics-Programm gekoppelt. Anhand von Aufprallhäufigkeit, -geschwindigkeit und -winkel der Abrasiv-Wand-Stöße kann ermittelt werden, an welchen Stellen die Düsen besonders intensiv verschleiben. Diese Ergebnisse wurden durch Messungen bestätigt. Das Modell erlaubt damit die Optimierung der Düsengeometrie in Bezug auf eine Verlängerung der Lebensdauer von Suspensionsstrahldüsen, was die Wirtschaftlichkeit des Abrasivstrahlschneidens in der Zerlegung stark erhöht.

PODS – Made am IW

Das am Institut für Werkstoffkunde eigens entwickelte Programm PODS (Parallel Object-oriented Dislocation Simulation) dient der Simulation mikrostruktureller Gefügeveränderungen, für die in erster Linie Versetzungen, also ein-dimensionale Kristallgitterbaufehler, verantwortlich sind. Die Dichte und Anordnungen dieser Versetzungen bestimmen maßgeblich die für die Produktionstechnik wichtigen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und plastische Verformbarkeit. Allgemein gesprochen beruht die gesamte Verformung von Metallen auf der Bewegung von Versetzungen. Bei der Umformung der Metalle insbesondere im Blechbereich wird schon sehr lange simuliert. Diese Simulationsrechnungen basieren bezüglich des Verformungsverhaltens aber auf empirisch ermittelten Daten des Zugversuchs bzw. Plastometeruntersuchungen. Die Simulation der Versetzungen schließt die Lücke und ermöglicht, aus dem Werkstoffaufbau das Umformverhalten eines Blechbauteils zu ermitteln.

„Eine kommerzielle Software ist für diese spezielle Problemstellung nicht erhältlich“, so Jörg Bosse vom IW.

„Deshalb wurde auf Basis der Monte-Carlo-Methode das Programm PODS erschaffen, das diesen Sachverhalt numerisch erfasst und visuell darstellt. Die Monte-Carlo-Methode ist ein stochastisches, also auf Wahrscheinlichkeiten basierendes Verfahren, welches sich sehr gut zur Simulation von Vielteilchensystemen eignet. Und unser Versetzungssystem kann als ein solches aufgefasst werden.“

Eine Besonderheit von PODS ist jedoch die Möglichkeit, neben Versetzungen auch andere Bestandteile des realen Gefüges wie Korngrenzen und Ausschei-

dungen abzubilden und in der Simulation zu berücksichtigen. „PODS war die erste Gefügesimulation, die dies konnte.“ Zur anschließenden Überprüfung der Simulationsergebnisse werden Gefügeaufnahmen herangezogen, die mittels Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) gewonnen werden. Die hierdurch ermittelten Ergebnisse können dazu genutzt werden, die Mikrostruktur des Werkstoffs direkt dahingehend zu beeinflussen, dass makroskopische Größen und Kennwerte ein gewünschtes optimiertes Verhalten zeigen. Ferner können die Daten als Werkstoffdateninput für makroskopische Simulationen beispielsweise des Umformverhaltens von Blechen dienen.

Diese Beispiele zeigen, dass die Verwendung numerischer Methoden ein hilfreiches Mittel ist, die bisherigen Erkenntnisse anwendungs- und grundla-



Nach der Rekristallisation lassen sich regelmäßige Versetzungsanordnungen im TEM nachweisen. Diese haben einen entscheidenden Einfluss auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften.

genorientiert zu einem besseren Prozessverständnis auszubauen. Im Hinblick auf immer leistungsfähigere Hardwarestrukturen, besonders in Bezug auf PODS, werden für die nächste Zeit grundlegende Einsichten im Bereich mikrostruktureller Gefügeveränderungen erwartet.

Andreas Kuhlmeier, Wolfgang Milchers, Konstantin Philipp, IW



3-D-Offline-Programmierung in bester Lage

NC-Programme für das 3-D-Laserstrahlschneiden werden heute am Rechner erstellt. Simulationsläufe helfen, die Fertigung bereits vor dem ersten Testteil zu optimieren. Lageunterschiede zwischen dem CAD-Modell und dem realen Werkstück müssen jedoch vorher korrigiert werden, um die Verlässlichkeit der Simulation sicherzustellen.

Ein Problem bei der NC-Programmerstellung mittels Teach-In ist, dass das Werkstück zunächst auf der Anlage gespannt werden muss. Der Maschinenbediener verfährt den Werkzeugkopf manuell mit Hilfe der Steuerung entlang der Bearbeitungsbahn, wobei die Bahn punktweise in die NC-Steuerung eingelesen wird. Voraussetzung für dieses Verfahren ist, dass die Bahnen zuvor am Werkstück ausgemessen und markiert wurden. So anschaulich die Programmierung mittels Teach-In auch ist, der Zeitbedarf ist erheblich. Da die Laseranlage während der Programmierung nicht zur Produktion genutzt werden kann, führt dies, insbesondere bei kleinen Losgrößen, zu einer

beträchtlichen Erhöhung der Produktionskosten.

Abhilfe schaffen hier Programmiersysteme, die die NC-Befehle auf Basis der CAD-Zeichnung des Werkstücks erstellen. Nachdem der Anwender die Zeichnung in das Programmiersystem geladen hat, legt er die Bearbeitungsbahnen fest und passt die Fertigungsparameter an. Die NC-Programmierung findet im Rechner statt. Die Laseranlage wird entlastet und steht somit für die Fertigung zur Verfügung.

In den letzten Jahren wurden derartige Programmiersysteme immer leistungsfähiger. Gleichzeitig sanken die Kosten zur Beschaffung der erforderlichen Hard-

ware und Software. Demzufolge setzen sich NC-Programmiersysteme in der 3-D-Laserbearbeitung zunehmend durch und verdrängen das Teach-In.

NC-Programmiersysteme sparen Zeit und Kosten

Untersuchungen des Laser Zentrums Hannover (LZH) mit fünf industriellen Anwendern haben gezeigt, dass bereits mit einfachen und preiswerten Programmiersystemen beachtliche Einsparungen möglich sind. Das vom LZH gezielt für die industrielle Praxis entwickelte System proLAS-3D wurde über ein Jahr lang getestet und bewertet. Laut Aussage

der Anwender verringerte sich die Zeit zur Programmerstellung (inklusive Testlauf und Nachbesserungen) verglichen mit dem Teach-In um durchschnittlich 70 %. Die Programmierkosten konnten dabei um 88 % reduziert werden.

Wesentliche Schritte bei der Nutzung eines NC-Programmiersystems sind der Import der CAD-Daten, das Festlegen der Bearbeitungsbahnen, das Generieren der NC-Steuerbefehle sowie die Simulation. Die Simulation wird dabei eingesetzt, um die Bearbeitung zu optimieren und eine mögliche Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück bzw. Werkstückaufnahme zu erkennen und zu vermeiden. Daher kommt der Verlässlichkeit der Simulation eine hohe Bedeutung zu.

Eine verlässliche Simulation setzt voraus, dass die Lage des realen Bauteils auf der Anlage mit der Lage des CAD-Modells im Programmiersystem identisch ist. Ist dies nicht der Fall, liegen die mit Hilfe des Programmiersystems erzeugten Verfahrensweg nicht auf dem Werkstück und es kommt bereits bei geringen Abweichungen zu erheblichen Qualitätseinbußen. Bei größeren Abweichungen ist eine Bearbeitung nicht mehr durchführbar. Zudem besteht ein hohes Risiko, den Werkzeugkopf oder das Werkstück zu beschädigen. Kurz – die Simulation wird unbrauchbar.

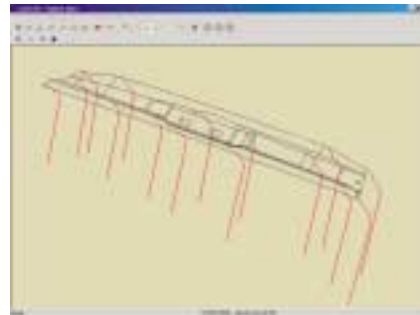
Um die Lage des Werkstücks mit der Lage des CAD-Modells in Deckung zu bringen, gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten: Entweder wird das Modell an die Realität angepasst oder es wird sichergestellt, dass die Realität dem Modell entspricht. Im ersten Fall heißt das, die Lage des CAD-Modells wird so verschoben, dass es im Koordinatensystem an derselben Position liegt wie das reale Werkstück. Der zweite Fall wird erreicht, wenn das reale Werkstück exakt an der Position auf dem Maschinentisch gespannt wird, an der sich auch das zur NC-Programmerstellung genutzte CAD-Modell befand.

Das CAD-Modell positionieren

Um die Lage des CAD-Modells gezielt anzupassen, müssen zunächst Referenzpunkte am Modell festgelegt und am auf der Anlage positionierten Werkstück gemessen werden. Sind die gemessenen Referenzpunkte bekannt, kann das Modell im Programmiersystem so verschoben werden, dass die Referenzpunkte übereinstimmen. Nachteilig hierbei ist jedoch das zeitaufwändige und

fehleranfällige Einmessen der Punkte, da definierte Punkte exakt angefahren werden müssen.

Um dieses Verfahren zu vereinfachen, wurde im Programmiersystem proLAS-3D ein alternativer Weg verfolgt. Hier genügt es, beliebig über die Oberfläche verteilte Punkte zu messen. Die daraus resultierende Punktwolke wird anschließend in



Das CAD-Modell wird in die Punktwolke eingepasst.

das Programmiersystem eingelesen, welches für alle Punkte die Abweichungen zur Oberfläche des Modells bestimmt und eine Transformation berechnet, die die Punktwolke näher an das Modell bringt. Auf diese Weise nähert sich die Messpunktvolke schrittweise dem CAD-Modell an. Alle Schritte zusammen genommen, lässt sich eine Transformationsvorschrift berechnen, die das CAD-Modell in die ursprüngliche Punktwolke verlegt. Das CAD-Modell hat folglich die gleiche Lage wie das reale Werkstück.

Dieses Verfahren beschleunigt die Messzeit zwar erheblich, aber dennoch kann auf das Einmessen des Werkstücks nicht verzichtet werden, auch wenn dieser Wunsch in der Praxis häufig geäußert wird. Die Laseranlage für Messzwecke zu verwenden, kostet jedoch Produktionszeit und das sollte möglichst vermieden werden.

Integrierte Aufnahmekonstruktion ermöglicht schnelleres Einmessen

Die Idee zur Lösung des Problems kam von einem Anwender, der den Vorschlag machte, die Position des Werkstücks durch eine geeignete Aufnahmevorrichtung festzulegen. Und wenn das Programmiersystem in der Lage ist, die Aufnahme zu konstruieren, kann sichergestellt werden, dass die spätere Lage des Werkstücks der Lage des CAD-Modells entspricht. Diese Idee der integrierten Aufnahmekonstruktion wurde in proLAS-3D realisiert.

Da beim Laserstrahlschneiden nur

geringe Kräfte auf das Werkstück einwirken, genügt es zur Fixierung zumeist, das Werkstück auf der Aufnahme aufliegen zu lassen. Durch sein Eigengewicht wird das Werkstück sicher gehalten, zu verhindern ist lediglich eine seitliche Verschiebung.

Das Programmiersystem konstruiert daher Bleche, die – senkrecht gestellt – das Werkstück aufnehmen. Die möglichen Positionen zur Befestigung der Aufnahmebleche auf dem Maschinentisch sind im Programmiersystem hinterlegt. An diesen Positionen werden im System die Aufnahmebleche generiert, wobei die obere Kontur der Bleche dem Konturverlauf des Werkstücks folgt. Zusätzlich werden die im Programmiersystem festgelegten Schneidbahnen berücksichtigt, und Aussparungen an den Blechen verhindern das unbeabsichtigte Verschweißen von Werkstück und Aufnahme.

Schließlich werden die Aufnahmebleche mit Bohrungen versehen, die die Fixierung auf dem Maschinentisch ermöglichen.

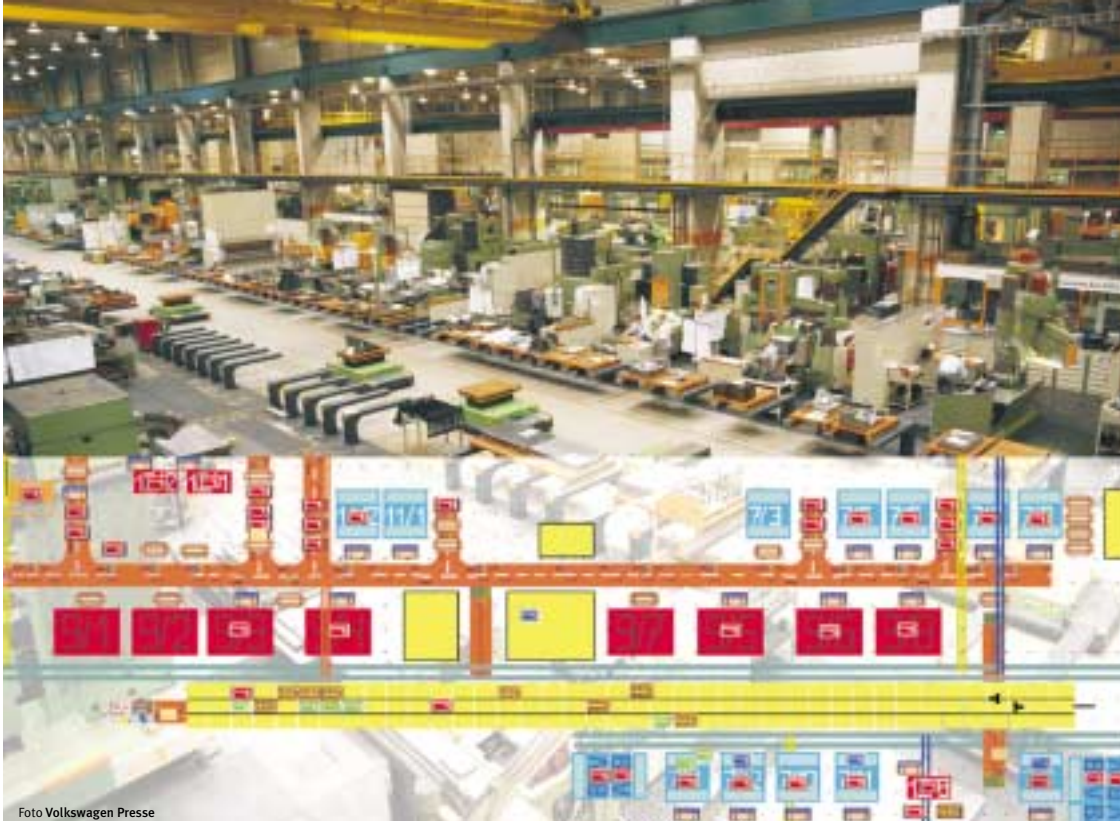
Die Fertigung der Aufnahmebleche kann vom Anwender mit eigenen Mitteln durchgeführt werden. Das NC-Programmiersystem generiert die NC-Daten und gefertigt werden die Bleche dann auf der eigenen Laseranlage.



Vorrichtungen zur Aufnahme des Werkstücks werden von proLAS-3D automatisch konstruiert.

Mit der in das NC-Programmiersystem integrierten Aufnahmekonstruktion steht dem Laserlohnfertiger ein Hilfsmittel zur Verfügung, mit dem die Übereinstimmung der Position von CAD-Modell und dem Werkstück gesichert ist und die Simulationsergebnisse somit verlässlich sind.

Jörg Werhahn, LZH



Mit Simulation auf Nummer sicher gehen

Viele Unternehmen haben die Vision, eine Fabrik oder Anlage erst zu bauen, wenn die geplante Ausbringung und die Auslastung der Maschinen sowie die geforderte Qualität der Produkte durch eine Simulation erfolgreich bestätigt wurde. Diese Vision kann schon heute Realität werden.

Aufgrund der engen Terminpläne gilt heute auch für Produktionsanlagen die Forderung „first-time-right“! Lange Inbetriebnahmezeiten und Hochlaufphasen mit Nachbesserungen an den Anlagen kann man sich nicht mehr leisten. Viele Anwendungsbeispiele zeigen, dass bei Beachtung einiger Grundregeln den Aufwänden einer frühzeitigen Simulationsuntersuchung ein deutlich größerer Nutzen gegenübersteht.

Ein Beispiel aus der Praxis zeigt, welchen Nutzen eine zielgerichtete Simulationsuntersuchung gerade bei der Projektierung neuer Produktionsanlagen bieten kann. Bei einem Unternehmen der Automobilzulieferindustrie wurden die geplanten neuen Produktionsanlagen mit Hilfe einer Simulationsuntersuchung durch das IPH - Institut für Integrierte

Produktion Hannover auf eine anforderungsgerechte Funktion überprüft. Dabei wurde das Werkzeug Simple++ der Firma Tecnomatix eingesetzt.

Neue Produktionsstrategie wirft Fragen auf

Da bei den geplanten Anlagen gänzlich neue Produktionsstrategien realisiert werden sollten, mussten auch neue Produktionssteuerungskonzepte und Hallenlayouts untersucht und bewertet werden. Folgende wichtige Fragen sollten durch die Simulation beantwortet werden:

- Können die Produkte mit der geplanten Anlagenstruktur sowie der Produktionsorganisation in der jeweils geforderten Menge und Zeit hergestellt werden?
- Wie wirken sich Kapazitätsverluste durch Störungen, Wartung, Rüsten etc.

aus und welche dynamischen Zusammenhänge gibt es?

- Können die geplanten Maschinenkapazitäten auch im dynamischen Betrieb voll genutzt werden? Wo kommt es eventuell zu Engpässen?
- Wie viele Transportmittel sind sinnvoll einzusetzen?

Simulation überzeugt selbst Kritiker

Durch den frühen Einsatz der Simulationstechnik konnten die Schwachstellen der Planung bereits während der Projektierung aufgedeckt werden. Dadurch wurden erhebliche Folgekosten vermieden, die durch technisch unzureichende Maschinen entstanden wären. Der Projektzeitplan konnte sicher eingehalten werden, da nur Aufwände in erfolgversprechende Planungsvarianten investiert

wurden. Durch die anschauliche, visuelle Darstellung des dynamischen Betriebs der geplanten Fertigung wurden selbst vehemente Kritiker des neuen Anlagenkonzepts von dessen Funktionstüchtigkeit und Leistungsfähigkeit überzeugt.

Simulation liefert detaillierte Ergebnisse

Die Simulation zeigte eindeutig, dass die statische Berechnung der Anlagenkapazität eines kritischen Segments der Gesamtanlage den dynamischen Kapazitätsanforderungen nicht gerecht wurde. Der Materialfluss war im dynamischen Prozess durch starke Mengenschwankungen und ein inhomogenes Artikelspektrum gekennzeichnet. Es kam immer wieder zu Materialstaus, die sich negativ auf die vorgelagerten Bereiche auswirkten, so dass die geforderte Anlagenausbringung insgesamt nicht mehr erreicht werden konnte. Durch den Einsatz der Simulation wurde dieses Problem rechtzeitig erkannt, so dass in einer Diskussion mit den Anlagenherstellern ohne zusätzliche Kosten oder Terminverzögerung eine Lösung gefunden werden konnte.

Durch Simulation werden gefährliche Unterkapazitäten oder teure Überkapazitäten in Teilbereichen von Produktionsanlagen auch unter dynamischen Lastbedingungen zuverlässig und rechtzeitig in der Planungsphase erkannt.

Die anschließende Simulation mit dynamischen Störungen zeigte, dass der geplante Materialfluss und die Pufferdimensionierung innerhalb der Produktion im Bereich der Qualitätsprüfung zu Problemen führt.

Es war geplant, den Materialfluss erst direkt vor den Prüfstationen zu verzweigen. Die Simulation ergab aber, dass sich der Materialfluss bei längeren Störungen im Bereich der Qualitätsprüfung bis hinter die Weiche staut. Dadurch wurden auch andere Stationen blockiert, obwohl sie einsatzbereit waren.

Das Problem konnte einfach gelöst wer-

den: Die Verzweigung wurde im Materialfluss etwas weiter vorne eingeplant, so dass jede Prüfstation einen auch für längere Störungen ausreichenden Materialpuffer bekam.

Diese Lösung des Problems erscheint trivial, konnte aber erhebliche Terminprobleme und Zusatzkosten durch eine nachträgliche Änderung der Förderstrecken vermeiden.

Mit der Simulation lassen sich die Auswirkungen störungsbedingter Probleme im Materialfluss erkennen. So kann hohen Nutzungsverlusten bei verketteten Anlagen vorgebeugt werden.

Aus der heterogenen Abnehmerstruktur resultierten stark streuende Auftragsmengen in der Produktion. Als direkte Folge ergab sich an einigen rüstintensiven Arbeitsstationen ein ungünstiges Verhältnis von Rüst- zu Bearbeitungszeit und eine schlechte Anlagenauslastung. Durch die Simulation konnte nachgewiesen werden, dass durch eine rüstoptimale Auftragsreihenfolge, speziell an den kritischen Anlagen, der Engpass beseitigt und die erforderliche Ausbringung erreicht wird.

Die Simulation zeigt Wege auf, wie durch organisatorische oder steuerungstechnische Maßnahmen eine Durchsatzsteigerung erzielt werden kann, und vermeidet so teure anlagentechnische Lösungen.

Funktionsübergreifende Projektteams sichern Erfolg der Simulation

Um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen, ist es erforderlich, das Prozess- und Produktfachwissen eng mit dem Simulations-Know-how zusammenzubringen. Um dies zu gewährleisten, wurde im Projekt ein Expertenteam aus Mitarbeitern der benötigten Fachbereiche gebildet. So wurde Wissen über die funktionalen Zusammenhänge der Anlage und Wissen über die Simulation direkt und kontinuierlich ausgetauscht. Alle Beteiligten

entwickelten so Vertrauen in die Aussagekraft des Modells und blieben offen für Alternativen.

Das Management definierte im Projekt ein klares Untersuchungsziel mit Zeitplan und Budget und sorgte so dafür, dass sich das Projekt auf die wesentlichen Kernaussagen fokussierte und nicht in die vielen „nice-to-have“- oder „nice-to-know“-Fragestellungen verzettelte.

Hoher Return-on-Investment

Aufgrund ihres „nicht wertschöpfenden“ Charakters wird die Wirtschaftlichkeit von Simulationen oft skeptisch bewertet. Gemessen an der geplanten Gesamtinvestition lag der finanzielle Aufwand für die Simulationsdienstleistung im Projekt bei weit weniger als einem Prozent, dem Einsparungen von zehn Prozent der Investitionssumme gegenüber stehen. Der Return-on-Investment dieses Projektes ist damit beachtlich und hält auch kritischer Betrachtung stand.

Der Einsatz von Simulation in der Industrie nimmt eindeutig zu. Dies liegt zum einen an immer komplexeren Planungsaufgaben, die in immer kürzerer Zeit bewältigt werden müssen.

Planungsfehler können innerhalb dieser Zeit vielfach nicht mehr korrigiert werden. Die vertraglich vereinbarten Produktionstermine müssen dagegen unbedingt eingehalten werden. Simulationsuntersuchungen können dies sicherstellen. Simulation ist heute für die Industrie besser verfügbar und wirtschaftlicher als noch vor einigen Jahren. Inzwischen wurde benutzerfreundliche, vielseitige und weit verbreitete kommerzielle Simulationssoftware für preiswerte und leistungsfähige Rechner entwickelt. Der Einsatz von Simulation sollte daher heute bei jeder Projektierung von neuen Produktionsanlagen ernsthaft erwogen werden.

Detlef Frackenhohl, Bernd C. Schmidt, IPH

Grundregeln reduzieren Simulationsaufwand

Um den Aufwand einer Simulationsuntersuchung zu reduzieren, sollten vier Grundregeln beachtet werden:

- Es muss eine klare Abgrenzung des zu untersuchenden Produktionsbereiches und der relevanten Produkte oder Artikel erfolgen.
- Das Modell sollte so einfach wie möglich sein. Eine angemessene Detail-

lierungsebene und die Definition eines eingeschränkten, aber hinreichend repräsentativen Teilspektrums wirkt Wunder für die Effizienz einer Simulationsuntersuchung.

- Die in das Modell eingespeisten Daten sollten sorgfältig analysiert und auf Konsistenz geprüft werden. Das Verhalten des erstellten Modells

sollte gemeinsam mit den Prozessfachleuten überprüft werden, bevor umfangreiche Simulationsläufe gestartet werden.

- Um einer Fehlinterpretation vorzubeugen, sollten allen Beteiligten die dem Modell und den Eingangsdaten zugrundeliegenden Vereinfachungen und Restriktionen bekannt sein.



Schach der Planungs- unsicherheit in der Produktion

Was Schach spielen mit Simulation zu tun hat?

Schon immer diente Spielen als Übung für den Ernstfall.

Besonders Produktionsmanager sollten ihrem Spieltrieb freien Lauf lassen und die Tragweite sowie die Wirksamkeit geplanter Maßnahmen vor der Umsetzung anhand der Simulation durchspielen.

Nach allgemeinem Verständnis ist die Simulation die „Modellbeschreibung eines realen Systems“. Die Produktion kann als solch ein System aufgefasst werden. Dementsprechend nutzen Unternehmen die Simulation z. B. zur Fabrikplanung, zur wirtschaftlichen Unternehmensplanung oder zur Gestaltung der Produktionslogistik.

Die Simulation kann einerseits auf bestehende Systeme angewandt werden. Andererseits ist es möglich, Systeme zu untersuchen, die sich noch in der Planung befinden. Der spezielle Nutzen der Simulation entsteht durch die Möglichkeit

zur Analyse von „Wenn-dann“-Szenarien. Die Folgen von Veränderungen bestehender oder der Konfigurierung neuer Systeme können so aufwandsarm abgeschätzt werden. Unternehmen gewinnen „Erfahrungen aus der Zukunft“. Das Risiko, dass sich Investitionsvorhaben als teure Fehlschläge herausstellen, wird minimiert.

Das Simulationssystem PROSIM

Systeme zur Produktionssimulation sind Werkzeuge zur Analyse und Verbesserung der Produktionsabläufe. Laut Angaben der ASIM-Fachgruppe „Simulation

in Produktion und Logistik“ betrug 1995 in Deutschland das nutzbare Rationalisierungspotenzial durch den Einsatz der Simulation ca. 9 Mrd. Euro. Die Möglichkeiten, die ein derart wichtiges Instrument bietet, werden aber bisher kaum effektiv in der produktionslogistischen Praxis genutzt. Häufig fehlt Expertenwissen im Umgang mit der Methode. Zudem schrecken die lange Dauer sowie die hohen Kosten eines Simulationsprojekts potenzielle Anwender ab.

Deshalb wurde am Institut für Fabrikanlagen (IFA) der Universität Hannover das Simulationswerkzeug PROSIM (Produkti-

onssimulation) entwickelt, das speziell für die Modellierung ganzer Produktionsbereiche und deren Planungs- und Steuerungsfunktionen konzipiert wurde. PROSIM ist ein PC-Softwarepaket zur Nachbildung von Produktionsprozessen. Der Untersuchungsbereich erstreckt sich von der Beschaffung über alle Fertigungsstufen bis hin zur Montage. Die Notwendigkeit eines speziellen Werkzeugs für diese Anwendung ergibt sich aus den Defiziten der kommerziellen Simulationssoftware. Diese bildet PPS-Funktionen nur unzureichend nach und bietet nur unbefriedigende Möglichkeiten zur Auswertung der Simulationsergebnisse.

Simulationsgestützter Test von Logistikkonzepten

Die Eignung von PROSIM als Prüfstand für unterschiedliche Logistikkonzepte wurde in zahlreichen Forschungs- und Industrieprojekten nachgewiesen. Der breit angelegte Anwendungsbereich umfasst:

- Auslegung und Test von PPS-Funktionen,
- Auslegung und Beurteilung von Produktionsstrukturen,
- Schulung von Mitarbeitern und
- Entwicklung und Test von Modellen des Produktionsablaufs.

Mit der Unterstützung von PROSIM wurde zum Beispiel ein Logistikkonzept für ein vollständiges Produktionssegment eines Zulieferunternehmens der Kraftfahrzeugindustrie erstellt. Der betrachtete Unternehmensbereich umfasste die logistische Kette vom Rohmaterial bis zur Auslieferung an den Kunden. Der Produktionsbereich setzte sich aus den Stufen der mechanischen Bearbeitung und der Oberflächenbearbeitung zusammen und belegte ca. 9000 m². Die losweise Fertigung erfolgte nach dem Werkstättenprinzip. Zur Herstellung der Produkte waren bis zu 30 Arbeitsvorgänge erforderlich. An den Engpassarbeitssystemen bestand ein hoher Rüstaufwand von bis zu zwei Schichten. Deswegen wurden die Bedarfe großzügig zu Fertigungsaufträgen mit einer Losgröße bis zu 2000 Stück zusammengefasst.

Der Auslöser für die Umstrukturierung des Unternehmensbereichs war die geplante Erweiterung der Fertigung eines anderen Produkts. Die dafür erforderliche Produktionsfläche von ca. 2500 m² musste durch eine Restrukturierung des untersuchten Bereichs freigesetzt wer-

den. Parallel zur Flächenreduzierung von ca. 28 % wurde eine deutliche Verkürzung der Lieferzeiten sowie eine Erhöhung der Termintreue angestrebt. Gleichzeitig sollten sinkende Bedarfsmengen je Bestellung und eine breitere Variantenvielfalt berücksichtigt werden. Das neue Logistikkonzept sollte zudem den Materialfluss verbessern und die Umlaufbestände konsequent verringern.

Zur Ausführung der Simulationsversuche musste ein Simulationsmodell des Unternehmensbereichs aufgebaut werden. Hierzu erfolgte eine umfangreiche Aufbereitung von Unternehmensdaten. Im Anschluss wurde ein Modelltest anhand realer Betriebsdaten durchgeführt. Der Test dient der Überprüfung der Vergleichbarkeit von Simulationsmodell und Realität. Diese Plausibilitätskontrolle wurde mit den Mitarbeitern der betroffenen Betriebsbereiche solange durchgeführt, bis nach mehrfacher Korrektur das Modell den Anforderungen entsprach.

Im Anschluss wurden Maßnahmen erarbeitet, die nach Ansicht der betroffenen Mitarbeiter auch praktisch umsetzbar waren. Die produktorientierte Segmentierung des Unternehmensbereichs sowie die Definition von Kundenentkopplungspunkten wurden als besonders sinnvoll erachtet. Zur Beurteilung der vorgeschlagenen Maßnahmen wurden diese simuliert. Das Simulationsmodell musste dazu schrittweise bezüglich einzelner Maßnahmen angepasst werden. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgte anhand vorab definierter logistischer Zielgrößen. Im Verlauf der Simulationsuntersuchungen wurden verschiedene Einzelmaßnahmen zu neuen, übergreifenden Logistikkonzepten kombiniert und analysiert.

Die Ergebnisse der Simulationsläufe zeigten, dass eine Kombination einer produktorientierten Segmentierung des Fertigungsbereichs mit einer konsequenten Reduzierung der Nacharbeit und Senkung des Rüstaufwandes an ausgewählten Arbeitssystemen die besten logistischen Kennwerte erzielte. Gegenüber der Ausgangssituation wurde im neu gebildeten Mittelsegment der Produkttypen der Bestand in der gesamten logistischen Kette um ca. 31 % verringert. Der Lieferverzug im Lagerabgang konnte von ca. fünf Arbeitstagen auf einen Arbeitstag gesenkt werden, und das bei einer Verkürzung der Wiederbeschaffungszeit von ca. 38 auf 15 Arbeitstage. Die geringere Kapitalbindung, die höhere Transparenz,

die verbesserte Lieferbereitschaft und die gewonnene Produktionsfläche belegen eindrucksvoll die Vorteile des neuen Logistikkonzepts. Die Simulation erwies sich dabei als ein effektives Hilfsmittel, um die Wirksamkeit des Konzepts nachzuweisen.

Alternativen zur Simulation

Der breite Durchbruch der Anwendung der Simulation in der industriellen Praxis steht trotz steigender Leistungsfähigkeit der Rechner und der Simulationssoftware bisher noch aus. 1998 nutzten erst ca. 3 % der potenziellen Anwender die Simulation konsequent. Ein wesentlicher Grund dafür wurde in dem dargestellten Beispiel deutlich: Die Simulation gibt keinen direkten Hinweis auf die Richtung, in der die Lösung des Problems zu finden ist. Qualifikation und Erfahrung der Mitarbeiter werden durch den Einsatz der Simulation also nicht überflüssig, sondern sind sogar Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz. Darüber hinaus werden Simulationsversuche an größeren Systemen selten in weniger als sechs Monaten abgeschlossen. Dadurch verzögert sich der eigentliche Planungsprozess. Die geplanten Kostengrenzen können somit deutlich überschritten werden.

Vor der Simulation müssen deshalb die Möglichkeiten einfacher analytischer Modelle ausgeschöpft werden. So kann der Zusammenhang der Kenngrößen Leistung, Bestand und Durchlaufzeit an einem Arbeitssystem mit logistischen Kennlinien über eine Näherungsgleichung aufwandsarm bestimmt werden. Folglich werden logistische Rationalisierungspotenziale auf einfache Weise identifizierbar. Aufwändige Simulationsexperimente können so vermieden werden.

Letztendlich ist der Produktionsmanager nichts anderes als ein Schachspieler. Er simuliert vor dem geistigen Auge die nächsten Züge oder das gesamte Spiel nach jedem Zug wieder neu. So kann er die Folgen seiner Entscheidungen gedanklich durchspielen. Dementsprechend wird er den Zug auswählen, der ihn seinem Ziel, dem Schachmatt der Planungsunsicherheit, näher bringt.

Gregor von Cieminski, Michael Schneider, IFA

Hannover Messe begeistert Jugendliche für Technik



Unter dem Motto „Go for High Tech“ laden Deutsche Messe AG, Aussteller und Verbände junge Menschen aus dem ganzen Bundesgebiet auf die Hannover Messe ein. Die Deutsche Messe AG spendiert Schülern und Studenten am Messesamstag (28. April 2001) freien Eintritt, Unternehmen sponsern den Jugendlichen die Fahrt nach Hannover.

Die Veranstaltung, zu der die Deutsche Messe AG 30.000 Jugendliche erwartet, soll für Technik begeistern und Interesse für Berufe in der Industrie und technische Studiengänge wecken.

Die hannoverschen produktionstechnischen Institute unterstützen die Aktion, indem die Mitarbeiter der Institute Führungen über die Messe anbieten. Bei diesen Rundgängen haben die jungen Besucher die Möglichkeit, spannende Themenfelder der Produktionstechnik, innovative Produkte und interessante Produktionsunternehmen kennenzulernen.

Informationen im Internet:
www.goforhightech.de

Alternative Produktionsstrukturen kennliniengestützt beurteilen

Das Institut für Fabrikanlagen (IFA) der Universität Hannover und das IPK Berlin laden am 9. Mai 2001 zu der Fachkonferenz „Logistische Prozesskennlinien“ in Berlin ein. Schwerpunkt der Veranstaltung ist der praktische Einsatz der Prozesskennlinien als Planungsinstrument. In Produktionsunternehmen ist ein zunehmender Wandel von der Funktionsoptimierung hin zu einer ganzheitlichen Prozessoptimierung festzustellen. Hierzu fehlten bislang einfache Werkzeuge, die eine effektive Unterstützung ermöglichen. In einem neuen Ansatz werden objektorientierte Geschäftsprozessmodelle und logistische Kennlinien zu

sogenannten **Logistischen Prozesskennlinien** verknüpft. Prozesskennlinien charakterisieren das Verhalten mehrerer miteinander in Beziehung stehender Produktionsprozesse. Sie erlauben es, Bestände, Durchlaufzeiten und den Durchsatz zu bestimmen. Engpässe werden erkennbar.

Mit Prozesskennlinien lassen sich die Auswirkungen von Maßnahmen an den Ressourcen – beispielsweise Losgrößen oder Kapazitätsveränderungen – auf den Auftragsdurchlauf aufzeigen.

Information: IFA, Michael Schneider, Telefon (05 11) 762-34 94, schneider@ifa.uni-hannover.de

Basiswissen Blechumformung

Aktuelles Wissen im Bereich Blechumformung vermittelt ein Fortbildungspraktikum, das vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover vom 25.-26. September 2001 angeboten wird.

Unter heutigem Kosten- und Konkurrenzdruck ist die industrielle Fertigung mehr denn je auf Optimierung im Fertigungsprozess angewiesen. Das einmal erlernte Fachwissen reicht dort nicht mehr aus, wo komplexe Projektaufgaben in interdisziplinären Teams gelöst werden müssen. Jedes Teammitglied benötigt heute ein umfangreiches Wissen über den technologischen Gesamtzusammenhang und die fertigungstechnischen Rahmenbedingungen. Grundlegende theoretische und praktische Kenntnisse über die Blechumformung, die einen wesentlichen Schwerpunkt in der Fertigungstechnik ausmacht, sind deshalb heute für jeden in den Optimierungsprozess integrierten Mitarbeiter unabdingbar. Das Fortbildungspraktikum „Blechumformung“ will hier sowohl theoretisches als auch praktisches Basiswissen vermitteln, bzw. zur Auffrischung bestehen-



den Fachwissens beitragen. Vorträge und praktische Übungen in kleinen Gruppen vermitteln die Grundlagen der Blechumformung und stellen die neuesten technologischen Entwicklungen auf diesem Gebiet vor.

Information: IFUM, Steffen Kulp, Telefon (05 11) 752-9519

Viermal jährlich Produktionstechnik

Die Zeitschrift **phi – Produktionstechnik Hannover Informiert** können Sie viermal jährlich kostenlos lesen.

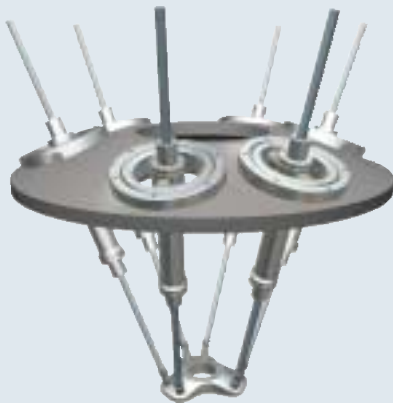
Einfach im Internet unter www.phihannover.de/abo.htm bestellen oder anrufen unter Telefon (05 11) 27 97 61 16.

Hannoversche Produktionstechnik auf der Hannover Messe

Vom 21. bis 28. April 2001 ist die Hannover Messe wieder das weltgrößte Forum für industrielle Technik, an dem sich auch die hannoverschen produktionstechnischen Institute beteiligen.

Schneller auf sechs Beinen

Die neueste Generation von Robotern zeigt das Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover in **Halle 18, Stand J10**. Der sechsachsige Hexapod-



Roboter des IFW verbindet Parallelkinematik und Lineardirektantrieb. Das Besondere an dem sechsbeinigen Roboter: erstmals wurden die Lineardirektantriebe direkt in die Streben integriert. Die erzeugten Kräfte können somit ohne Getriebeübersetzung für sehr schnelle

Verfahrbewegungen genutzt werden. Basiselement des Antriebs ist die zylindrische Version eines Lineardirektmotors. Das System ist eine komplette Eigenentwicklung des IFW.

Mikrobearbeitung mit dem Laser

Unter dem Stichwort „Mikrobearbeitung mit dem Laser“ zeigt das Laser Zentrum Hannover (LZH) in **Halle 7, Stand D14** Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Produktion im Miniaturformat. Als besonderes Highlight wird ein Lasersystem für die Mikrobearbeitung präsentiert.

Die Digitale Fabrik für den Mittelstand

In der Großindustrie ist sie zum Teil schon Wirklichkeit, für die mittelständische Industrie noch Vision: Die „Digitale Fabrik“, in der Produkte und Produktionsprozesse zunächst vollständig im Computer simuliert werden, bevor der erste reale Prototyp entsteht und kostenaufwändige Anlagen realisiert werden. Wie auch kleine und mittelständische Unternehmen die Simulationstechnik einsetzen können, um ihre Marktposition zu verbessern, zeigt das IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover in **Halle 18, Stand J10**. ml

„Virtuelle Produktion“ am IFW

Am Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (IFW) der Universität Hannover hat am 1. März 2001 der neue Bereich „Virtuelle Produktion“ seine Arbeit aufgenommen. Aufgabe der Arbeitsgruppe ist die Entwicklung und der Einsatz von Simulationstechniken und Methoden der virtuellen Realität in der spanenden Fertigung mit dem Ziel, Herstellungsprozesse ganzheitlich auszuliegen und zu optimieren.

Keimzelle des Bereichs ist eine vom niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur eingerichtete Forschernachwuchsgruppe, die in den nächsten fünf Jahren neue Wege in der Simulation des Zusammenwirkens von Bauteil, Fertigungsprozess und Bearbeitungsmaschine untersuchen wird. Die Simulation der Bearbeitungssituation soll zukünftig die Bestimmung geometrischer und funktionaler Eigenschaften des hergestellten Bauteils sowie der Bearbeitungskosten und -zeiten ermöglichen. Ausgangspunkt der Betrachtung ist das aus dem CAD/CAM-System generierte NC-Programm. Die Ergebnisse der Simulation werden dann für die Optimierung des NC-Programms vor der tatsächlichen Bearbeitung herangezogen.

Industrielle Anwender werden durch den Einsatz eines derartigen Systems in die Lage versetzt, Bearbeitungsoperationen schneller und kostengünstiger „virtuell“ einzufahren, da sowohl Ausschussteile als auch langwierige und kostenaufwändige Versuche entfallen.

Informationen: IFW, Kirsten Tracht, Telefon (05 11) 762-4989



Stefan Franzke neuer Geschäftsführer im IPH

Seit dem 1. März 2001 ist Stefan Franzke als neuer koordinierender Geschäftsführer des IPH - Instituts für Integrierte Produktion Hannover tätig. Er löst damit Dr.-Ing. Bernd C. Schmidt ab, der nach mehr als fünf Jahren die Geschäftsführung des hannoverschen Forschungs- und Beratungsunternehmens abgibt und zur

Firma A.T. Kearney nach Düsseldorf wechselt.

Der 30-jährige Stefan Franzke studierte an der Universität Hannover Maschinenbau und ist seit 1996 Mitarbeiter des IPH, zuletzt tätig als Leiter der Abteilung Informationssysteme, Prokurist und stellvertretender Geschäftsführer. ml

vorschau

Die nächste Ausgabe von *phi*
erscheint im Juli 2001



Prozesskontrolle und -steuerung

Prozesskontrolle in der Hochgeschwindigkeitszuführung

Flexible Fertigungssysteme steuern

Prozessintegrierte Qualitätsprüfung beim Kokillenguss

Schweißnahtkontrolle:
Auf die Linie kommt es an

Prozessintegrierte Qualitätsprüfung beim Schleifen

Ausschussvermeidung beim Gesenkschmieden

Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen
der Universität Hannover

IFA

Institut für Fertigungstechnik
und Spanende 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

