

Virtuelle Feuertaufe

■ *Wenn in Zukunft ein Produkt von Bosch gebaut wird und in Fertigung geht, hat es seine virtuelle Feuertaufe schon bestanden. Am Computer haben die Ingenieure dann den Starter, den Generator oder die Bohrmaschine längst mit modernen Softwarewerkzeugen auf Herz und Nieren überprüft und parallel dazu die Fertigungsplanung optimiert.*

Schon heute gibt es innerhalb der Produktentwicklung und Fertigungsplanung eine ganze Reihe an Softwarewerkzeugen beispielsweise für die Fabrik-, Fertigungslinien- und Maschinensimulation. Mit dem Projekt „Cope“ (Cooperative Engineering) der Bosch-Forschung werden diese Methoden und Tools und damit das konzernweite Know-how unter einem Dach zusammengeführt.

Das Ziel von Cope ist es, dass in Zukunft grundsätzlich nur noch Fertigungen eines Produkts anlaufen, die zuvor ausgiebig am Computer durchgespielt worden sind. Durch die Simulation können vorzeitig Schwachstellen in der Planung und Auslegung von Fertigungsanlagen erkannt werden, und dies gilt sowohl „global“ für das Design der ganzen Fabrikhalle als auch für einzelne Details einer Werkzeugmaschine und den Montagearbeitsplatz eines Mitarbeiters. Erst nach Planung, Simulation und Optimierung wird das Ergebnis in „Stahl und Eisen“ einer Anlage umgesetzt. In mehreren Pilotprojekten wurde dies schon erfolgreich gezeigt. Im Zeitraffer können die Ingenieure Fertigungsschritte ablaufen lassen und erreichte Stückzahlen, Durchlaufzeiten sowie die Reaktion einer Anlage auf Störungen betrachten.



Im virtuellen Modell und mit Hilfe von Simulationen wird die Planung von Fertigungsanlagen überprüft und optimiert. Im Bild die Simulation der Ergonomie von Montagearbeitsplätzen.

Da Cope den gesamten Entwicklungs- und Fertigungsprozess eines Produkts begleiten soll, geht es über ein reines Simulationsinstrument für eine Digitale Fabrik hinaus. Durch Rückkopplungen mit der Produktentwicklung kann darauf eingewirkt werden, dass Starter, Bohrmaschinen oder Scheibenwischer schon von Anfang an fertigungs- und montagegerecht gestaltet werden. Im Gleichschritt von Entwicklung und Fertigungsplanung können so neue Kostenvorteile erzielt und letztlich die Kundennachfrage nach Serienprodukten aus dem Hause Bosch schneller befriedigt werden.

Editorial

■ *Thomas Kotz
Abteilungsleiter
Produktionsgestaltung
Zentralbereich Forschung
und Vorausesentwicklung*



Auf dem Weg zur Digitalen Fabrik

Die Produkte der Zukunft – ob in der Automobilindustrie, bei Elektrowerkzeugen oder in der Automatisierungstechnik – werden immer komplexer und müssen sich in einem dynamischen Marktumfeld behaupten. Für das Entwickeln und Planen ist dies eine Herausforderung. „Wer zuerst kommt, mahlt zuerst“ heißt es sprichwörtlich im harten Wettbewerb. Daher spielen digitale Planungs- und Simulationstools bei Bosch in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses eine immer größere Rolle. Sie helfen Entwicklungszeiten zu verkürzen und die Produkte schneller in die Serienproduktion zu überführen.

Deswegen arbeitet Bosch intensiv an der Weiterentwicklung und Integration von Simulations- und Planungssoftware. So ist es heute schon möglich, Maschinen virtuell am PC in Betrieb zu nehmen, um Anlaufzeiten und -kosten deutlich zu reduzieren.

Die Vision der Digitalen Fabrik bedeutet aber nicht nur die Lösung technischer Probleme am Computer, sondern auch den Aufbau neuer Planungsmethoden für die Fertigung der Produkte. In der Projektinitiative „Cope“ (Cooperative Engineering) sind bei Bosch diese Aktivitäten zusammengefasst. Durch die Integration von Methoden und Softwaretools und deren flexible Anwendung im Produktentstehungsprozess leistet Cope einen wesentlichen Beitrag, um die Produkte schnell auf den Markt zu bringen.

Vom Reißbrett zur Fabrikplanung im Computer

■ *Die Planung von Fertigungsanlagen mit dem Computer hat gegenüber der klassischen Reißbrettzeichnung einen klaren Vorteil: Anhand des digitalen Modells der Fabrik können Ingenieure die dynamischen Abläufe in einer Fertigung simulieren und sie damit noch vor dem Bau optimal auf eine marktkonforme Produktion ausrichten.*

Die Simulation von Fertigungs- und Montageanlagen hat in den vergangenen Jahren eine immer stärker werdende Rolle erfahren. Schließlich ermöglicht die dynamische Betrachtung des „Verhaltens“ ganzer Fabriken oder einzelner Montagelinien ungeahnte Einblicke in die Abläufe. Und diese Erkenntnisse können genutzt werden, um die Fertigung besser auf die Marktanforderungen einzustellen und vor allem Kostenreduzierungen zu realisieren, noch bevor mit dem Bau des Fabrikgebäudes begonnen wird.

Bosch-Forscher und -Entwickler betrachten die Abläufe in einer Fabrik auf unterschiedlichen Ebenen mit abnehmendem Detaillierungsgrad. Die Maschinensimulation zielt auf die Optimierung der Abläufe und des Bearbeitungsgangs einer Werkzeugmaschine bzw. eines Bearbeitungszentrums (siehe weiteren Artikel in dieser Ausgabe.) Daneben wird besonders die Liniensimulation bei Bosch mit Erfolg eingesetzt. Hier wird eine Fertigungs- bzw. Montagelinie bezüglich Taktzeiten, Stationenzahl und Puffer zwischen diesen Stationen ausgelegt.

Auf dem Weg zur „Digitalen Fabrik“, also der kompletten Modellierung und Simulation einer Fertigungsanlage im Computer, ist es jedoch das Ziel, nicht die einzelnen Teile wie Werkzeugmaschinen oder Montagelinien getrennt durch Simulation zu untersuchen, sondern das Werk in seiner Gesamtheit zu betrachten. Untergeordnete Einheiten wie etwa einzelne Linien werden als Black Box im Simulationsmodell dargestellt und nur die Wechselwirkungen und Beziehungen zwischen diesen Einheiten betrachtet. So gelingt es, das Verhalten eines kompletten Produktionsumfeldes im Computer abzubilden – vom Wareneingang bis zum Warenausgang.

In der Bosch Forschung und Vorausbildung werden unter dem Dach des Projektes „Cope“ (Cooperative Engineering) die verschiedenen Softwarewerkzeuge für Planung und Simulation aufeinander abge-

stimmt, Schnittstellen geschaffen und für die Anwendung in den Geschäftsbereichen und Werken aufbereitet.

Neben der Erweiterung und Verfeinerung kommerziell erhältlicher Software werden auch neue Tools programmiert – so etwa ein Simulationstool für ein Fabrikdesign mit einer Fertigungssteuerung als integralem Bestandteil. Damit können, noch bevor die Fabrik gebaut wird, sämtliche Abläufe vorab studiert werden. Andererseits kann auch eine bestehende Anlage im Rechner nachgebildet und in ihrem dynamischen Verhalten simuliert werden. Mit dem neuen Softwaretool wird anhand eines Kundenauftrags ein Produktionsplan erstellt, der verschiedene Produktionsaufträge an die Fertigungsstufen verteilt. Ferner überwacht die Software die Planerfüllung und sorgt bei Abweichungen für eine Rückkopplung an die Fertigungsstufe.

Bessere Auslastung

Innerhalb von nur zwei Stunden können die Bosch-Forscher am PC einen Produktionszeitraum von zwei Monaten simulieren. Das Ergebnis: Die Auslastung einzelner Fertigungslinien wird verbessert, die Liefertreue konnte gesteigert werden und der Umfang an Beständen läuft Richtung Idealinie. Der besondere Clou daran: Begleitend zur laufenden Fertigung können mit diesem Verfahren die Systemeigenschaften permanent an das Produktionsumfeld angepasst werden. Und das zunächst rein virtuell im Computer ohne Beeinflussung der laufenden Produktion.

Einen deutlichen Wertbeitrag leisten die Planungs- und Simulationstools bei der Optimierung der Bestände. Damit ist die Zahl sämtlicher Ressourcen wie Rohmaterialien, Verbrauchsmaterialien und Zwischenerzeugnissen gemeint. Ein zu hoher Anteil bindet Kapital, da die Materialien ungenutzt gelagert werden. Ein idealtypischer Bestand von Null, d. h. jedes Bauteil

wird sofort verwandt, ist hingegen kritisch für die Produktion, da sich kleinste Engpässe ungebremst fortpflanzen.

Fertigungsplanung ist gewissermaßen auch immer mit einem Blick in die Zukunft verbunden, schließlich geht es um ein zukünftig zu bauendes Produkt. Doch wie wird die notwendigerweise unbekannte Größe der marktwirtschaftlichen Entwicklung berücksichtigt? Wie werden variable Auftragseingänge eingeplant?

Die Forscher legen von Beginn an die Ausbringung der Fertigung für einen flexiblen Produktionskorridor an. Damit kann das Werk flexibel auf hohe Auftragseingänge, aber auch auf konjunkturbedingte Nachfrageschwankungen reagieren. Die so genannte Auftragsliste ist denn auch ein wesentlicher Input für die Fabriksimulation. Eine der Fragen, die an Planung und Simulation gestellt wird, ist beispielsweise, ob und in wie weit Eilaufträge in die Auftragsliste eingeschoben werden können und wie diese den Produktionsablauf beeinflussen.

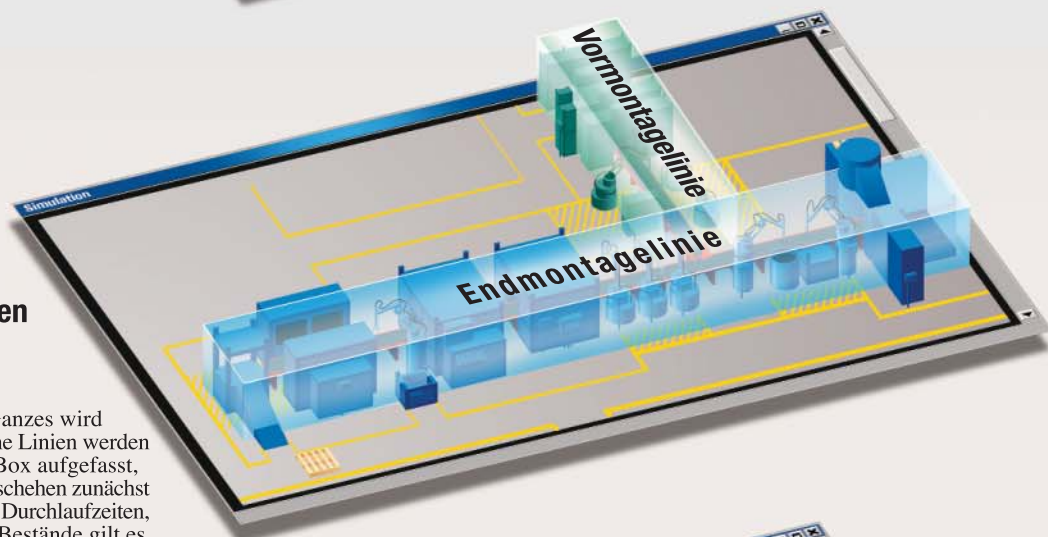
Die Zukunft der Produktentwicklung und Fertigungsplanung könnte dann wie folgt aussehen: Ein Kunde in der Automobilindustrie bestellt eine Funktion im Kfz bei Bosch – beispielsweise ein ABS-System, eine Scheibenwischereinheit oder ein neues Steuergerät für das Motormanagement. Es folgen parallel Produktentwicklung und Konzeption der Fertigung. Natürlich wird geprüft, ob und welche Bauteile auf bestehenden Anlagen produziert werden können. Doch egal ob umgerüstete Fertigung oder Neubau, noch bevor neue Maschinen bestellt oder Fabrikhallen hochgezogen werden, steht die virtuelle Erprobung der Inbetriebnahme (VSOP = virtual start of production). Erst nach dieser Simulation und Optimierung kommt das O.K. für die Produktion. Der Erfolg ist aus mehreren Werksprojekten bereits ersichtlich: Die Anlagen sind besser ausgelastet, Lieferzeitpläne werden erfüllt und die Produkte sind schneller im Markt.

Virtuelle Analyse bis ins kleinste Detail



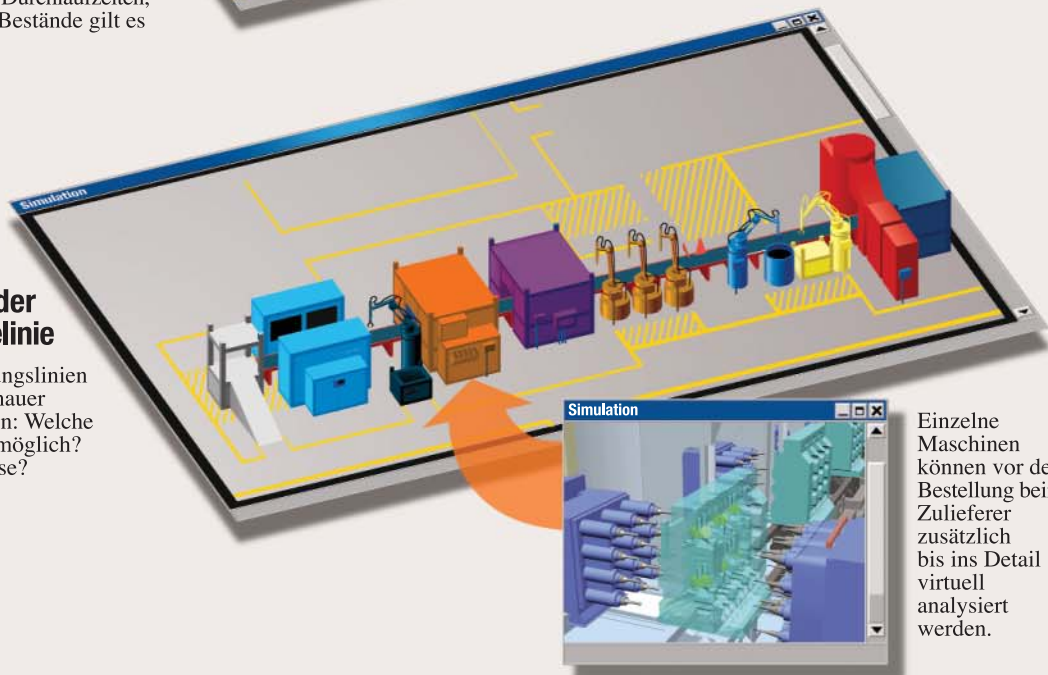
Die Fabrik im 3D- Computermodell

Modellierung und Simulation stehen vor dem Bau der Fabrik. Nach Baukastenprinzip können die Planer sämtliche Prozesse und Maschinen der Fertigung zusammenstellen.



Simulation des gesamten Fertigungs- prozesses

Die Fabrik als Ganzes wird simuliert, einzelne Linien werden darin als Black Box aufgefasst, deren inneres Geschehen zunächst nicht interessiert. Durchlaufzeiten, Liefertreue und Bestände gilt es zu optimieren.



Simulation der Endmontagelinie

Einzelne Fertigungslinien können auch genauer betrachtet werden: Welche Taktzeiten sind möglich? Wo sind Engpässe?

Einzelne Maschinen können vor der Bestellung beim Zulieferer zusätzlich bis ins Detail virtuell analysiert werden.

Maschinen in Spitzenform

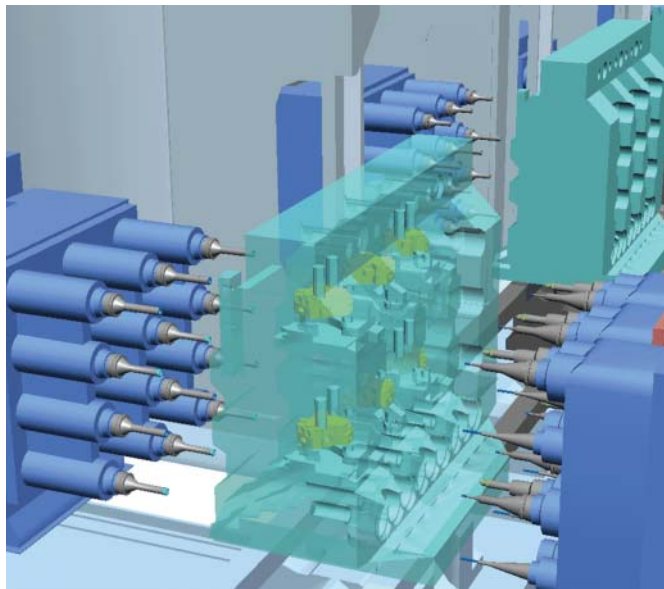
■ *Durch die Simulation von modernen Werkzeugmaschinen am Computer verbessern Bosch-Forscher die Fertigungsprozesse. Im dreidimensionalen Modell werden auch Abläufe transparent, die an der realen Maschine nicht zu erkennen sind.*

Werkzeugmaschinen sind die Arbeitstiere in der Fertigung von Serienprodukten: Sie fräsen, drehen oder bohren beispielsweise am Aluminiumgehäuse eines ABS-Bauteils oder am hochfesten Stahlblock für eine Hochdruckpumpe der Diesel-Direkteinspritzung. Die immer komplexer werdenden Bauteile und die zahlreichen Bauteilvarianten verlangen den Maschinen und ihren Steuerungen einiges ab. Bosch-Forscher haben es nun geschafft, allein durch die Simulation der Maschinen, ihrer Arbeitsabläufe und Steuerungsprogram-

me im Computer, die Effizienz dieser mächtigen Fertigungsgeräte deutlich zu steigern.

So konnte beispielsweise die so genannte Einfahrzeit – in der ein neues Steuerungsprogramm auf die Maschine eingespielt wird – um bis zu 75 Prozent gesenkt werden. Anstatt der bisherigen sieben Stunden ist die Anlage nun schon nach einer Stunde wieder für die Produktion verfügbar.

Insgesamt wird die Fertigung flotter: Mittels Simulation gelang es, die Programmlaufzeit – nach der die Maschine ihr Arbeitspensum abgearbeitet hat – deutlich zu reduzieren. Dies ist einer Optimierung der Fertigungsabläufe in vielen Details zu verdanken. Im dreidimensionalen Modell können beispielsweise die Wege des Werkzeugs über dem Bauteil verkürzt werden – das spart Zeit. Zudem können über die dynamische 3D-Simulation Kollisionen von Zerspanungswerkzeug mit dem Bauteil oder dessen Träger ausgeschlossen werden.



Die CNC-Werkzeugmaschine bearbeitet parallel sechs Gehäuse einer Common-Rail-Hochdruckpumpe aus hochfestem Stahl. Der grüne Werkstückträger kann am Computer durch einen Mausklick transparent geschaltet werden. Mit 24 Sonderwerkzeugen zum Bohren, Fräsen und Gewindeschneiden werden die Bauteile bearbeitet, bevor sie auf der Fördereinheit zur nächsten Station gelangen. Durch die dynamische Simulation von Bauteil, Halterung und Werkzeugmaschine werden Kollisionen vermieden und Produktionsengpässe analysiert.

Damit werden neue Steuerungsabläufe möglich, die bislang aus Sicherheitsgründen ausgeschlossen waren.

Der Computer gewährt den Ingenieuren einen Einblick in die Fertigung, wie er in der realen Fabrikhalle nie möglich wäre. Dort sind die Maschinen gekapselt, spritzende Bohrkühlflüssigkeit verschleiert die Sicht. Am Computer jedoch reicht ein Klick, um sich behindernde Bauteile zu entfernen. Die Träger können transparent geschaltet werden. In Schnittbildern kann man selbst einem Winkelbohrkopf zuschauen, wie er in eine Vorbohrung geführt wird und darin quasi „um die Ecke bohrt“.

Simulationen zahlen sich in barer Münze aus: In einem Fertigungswerk von Bosch konnte die vorhandene Produktionskapazität so gesteigert werden, dass nach der Erhöhung der Abrufzahlen durch Kunden keine zusätzlichen Maschinen beschafft werden mussten – hohe Investitionskosten wurden so eingespart.

In Kürze

■ *Neues Selbsthemmfett in Serie*

In der zentralen Bosch-Forschung wurde zusammen mit der Firma Shell ein neues Fett für Fensterhebergetriebe entwickelt, das eine deutlich höhere Selbsthemmung hat als das bisher verwendete. Dieses „Selbsthemmfett“ hat die besondere Eigenschaft, das Herunterrutschen der Autofensterscheiben aus dem oberen Anschlag zu verhindern. Weltweit wird nun in den Bosch-Werken bei der Montage der Getriebe auf dieses neue Fett umgestellt. Dies ist mittlerweile fast abgeschlossen.

Termine

■ *22. bis 25. April 2002*

Auf der „5th International Conference on Modeling and Simulation of Microsystems, MSM 2002“ in San Juan, Puerto Rico, USA, referiert Dr. Reinhard Neul über „Modeling and Simulation for MEMS Design, Industrial Requirements“.

■ *27. bis 31. Mai 2002*

Über „Laser Applications of an Automobile Supplier“ spricht Dr. Jürgen Rapp auf dem „International Congress on Laser Advanced Material Processing (LAMP2002)“ in Osaka, Japan.

Impressum

■ *Herausgeber*

Robert Bosch GmbH, Stuttgart

■ *Verantwortlich für den Inhalt*

Dr. Wolf-Dieter Haecker

Leiter des Zentralbereichs

Forschung und Vorausbildung

■ *Redaktionelle Bearbeitung, Gestaltung*

Medien-Service Wissenschaft,

Stuttgart

■ *Inhaltliche Anfragen zu dieser Ausgabe*

Robert Bosch GmbH

Thomas Kotz

FV/PLP

Postfach 30 02 40

D-70442 Stuttgart

Telefon: 0711 8 11 - 80 70

Telefax: 0711 8 11 - 88 48

■ *Andere Anfragen zu dieser Ausgabe*

BFV21@de.bosch.com