



DE MALGAIVE ETIENNE / GAMMA / STUDIO X

Montage des Dassault-Jets Falcon 7X, Digitalmodell: 40 000 Bauteile aus aller Welt werden im Computer passfertig zusammengesetzt

LUFTFAHRT

Flieger aus dem Netz

Mehr als zwei Dutzend Firmen in sieben Ländern schufen gemeinsam ein neues Flugzeug als detailgetreue Computersimulation im Internet. Der französische Luftfahrtkonzern Dassault sieht darin die Zukunft der globalen Fertigung – auch für Autos, Schiffe und Hochhäuser.

Mit Wohlgefallen sahen die Ingenieure, wie das neue Flugzeug Gestalt annahm: 200 000 Nieten und Schrauben schlüpfen in ihre Bohrlöcher; Roboter schwenkten planmäßig ihre Arme über den Tragflächen, bis jedes Blech befestigt war. Und hinterher zwängten sich Mechaniker durch die Innereien des Rumpfes, um nach undichten Leitungen und lockeren Spanten zu spähen.

Das Flugzeug, so schien es, war perfekt. Jetzt musste es nur noch gebaut werden.

In der wirklichen Welt war noch kein Flügelblech gestanzt, kein Kabelbaum verlegt, da stand die Falcon 7X schon abflugbereit im Computer. Der französische Konzern Dassault hat sein jüngstes Passagierflugzeug komplett als digitales Modell konstruiert. Jedes einzelne Kabel, jedes

Rohrstück ist darin enthalten. Die Detailwut der Designer machte nicht einmal vor den Schrauben halt: Mehrere hundert Sorten wurden originalgetreu für die Simulation nachmodelliert.

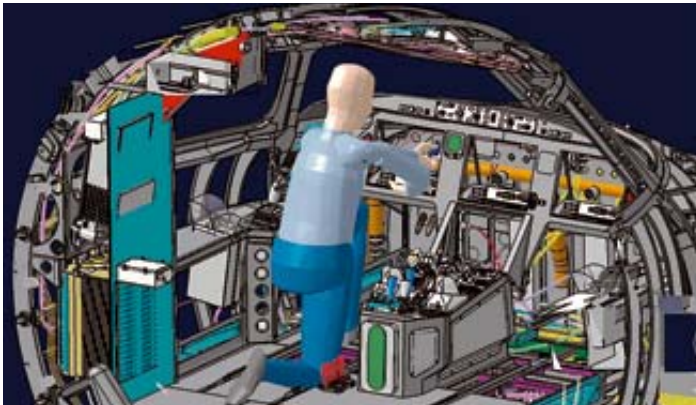
Die Falcon 7X ist ein Langstrecken-Jet für Geschäftsleute, ausgelegt für acht Passagiere. Und wenn es nach Dassault geht, ist dieses Flugzeug ein erstes Beispiel dafür, wie bald auch Autos, Kreuzfahrtschiffe, ja sogar Bauwerke entstehen werden.

All diesen Großtaten der Ingenieurskunst ist heute schon eines gemein: Die Bauteile kommen von Zulieferern, die nicht selten über viele Länder verstreut sind. Gerade der Flugzeugbau ist längst ein weltumspannendes Unterfangen, und es wird immer schwieriger, dieses globale Orchester zu dirigieren. An der Falcon 7X

werken 27 Firmen aus Europa, Kanada und den USA mit. Rund 40 000 Einzelteile müssen am Ende zusammenpassen.

Die beste Garantie dafür sieht Dassault in der Arbeit an einem gemeinsamen Digitalmodell. Sämtliche beteiligten Unternehmen haben übers Internet Zugang zum virtuellen Weltflieger in Saint-Cloud bei Paris, wo Dassault den Bau koordiniert. Alle 40 000 Bauteile, bis hin zum letzten Flügelblech, ruhen dort in einer gewaltigen Datenbank.

Der Rechner enthält jedoch nicht nur das Flügelblech selbst; er simuliert auch die Pressmaschine, wie sie das Blech formt, und den Roboter, wie er es später am Flügel befestigt. Die Designer können sich in einer Animation ansehen, wie gut die Maschinen an der Fertigungsstraße mit noch



Virtueller Mechaniker im Cockpit, Falcon 7X: Totalsimulation von der Fabrik bis zur Wartung

unerprobten Einzelteilen zurecht kommen. Das Ziel: ein möglichst perfekter Plan für Herstellung und Montage – denn Fehler, die sich hier einschleichen, sind später oft nur mit großem Aufwand wieder aus der Welt zu schaffen.

Es kam schließlich der Tag, da war die Falcon 7X im Zentralrechner von Dassault fertig. Und es begann die letzte Phase der Simulation: Die Entwickler schickten auch noch virtuelle Mechaniker ins Modell. Die digitalen Puppen, zunftgemäß im Blau, hantierten in den engen Kriechgängen mit Zangen und Schraubenschlüsseln; sie erprobten im Voraus jede erdenkliche Wartungsarbeit. Nur so ist gesichert, dass später wirklich alle Teile erreichbar sind.

Flugzeuge werden schon länger am Computer entworfen, aber die Totalsimulation von der Fabrik bis zur Wartung hat es noch nicht gegeben: Das gesamte Dasein der Falcon 7X findet sich in den Datenspeichern von Saint-Cloud penibel vorweggenommen.

Die Montage des realen Flugzeugs ist dagegen nun kaum mehr der Rede wert – eine Formalität, nicht viel aufregender als das Ausdrucken des Bauplans.

Teure Überraschungen, wie sie früher in großer Zahl auftraten, sind kaum zu erwarten. Die Simulation, wenn sie nur genau genug ist, lässt ja beizeiten erkennen, wo Rohrleitungen einander im Weg sind oder eine Schraube nicht ins Bohrloch passt. Damit erübrigen sich Umbauten am fertigen Flugzeug oder gar aufwendige Eingriffe in die Fertigungsstraße.

Dassault baute nicht einmal einen Prototyp zur Probe. Flugzeug Nummer eins flog kürzlich auf der Flugschau von Le Bourget. „Dieses erste Exemplar führen wir auch gleich zur Zulassung vor“, sagt Philippe Forestier, Vizechef der Schwesterfirma Dassault Systèmes, von der die Software für die Simulation stammt. „Und danach können wir die Maschine, wie sie ist, verkaufen.“

Das ist ein Schritt, der in der Tat dem Flugzeugbau eine neue Rich-

tung weisen könnte. Denn obendrein wurde die erste Falcon 7X in kaum der Hälfte der Zeit gefertigt, die ehemals nötig war: 7 statt 16 Monate.

Bislang zog jedes neue Modell einen schier endlosen Ringelreihen des Prüfens und Anpassens nach sich. Leitungsrohre mussten umgebogen, Kabel anders verlegt werden. „Wir hatten schwere Spezialgeräte und eigens trainierte Monteure nur zum Nachbessern fertiger Teile“, sagt Anthony Maréchal, Sprecher von Dassault Systèmes. Die meisten Bauteile kamen ohne Bohrlöcher aus der Fabrikation; zu groß war das Risiko von Unpässlichkeiten und Anschlussproblemen vor Ort. Gebohrt wurde erst bei der Endmontage.

Kein Wunder, dass ein neuer Flugzeugtyp in der Regel erst nach ein paar Dutzend Exemplaren die endgültige Form annahm. „Bei uns dagegen wird Nummer 100 genauso gebaut wie Nummer eins“, versichert Philippe Forestier. Und die Teile kommen zeitsparend vorgebohrt aus den Fabriken. Dennoch gelang sogar die heikle Montage der Tragflächen an den Rumpf auf Anhieb.

Das ist es, was der perfektionistische Plan bezweckt: Alles Ausprobieren und Nachbessern hat, soweit möglich, bereits am Computer stattgefunden. Die Aerodynamiker von Dassault konnten am digitalen Flugzeug neue Flügelformen erproben. Und Testpiloten starteten im Simulator zu den ersten Probeflügen, noch ehe der ei-

gentliche Bau begann. Das Einzige, was die Entwickler je zu greifen bekamen, war ein Holzmodell für den Windkanal: Sie nutzen es zur Gegenprobe für ihre Berechnungen.

Für den Blick auf die virtuelle Maschine bietet das Dassault-Zentrum in Saint-Cloud eine Art Datenkino. Die Entwickler dort setzen sich Spezialbrillen auf, und schon scheint das Flugzeug aus der Leinwand hervorzutreten. Dann können etwa Hydrauliker und Elektriker zusammen durch die Projektion spazieren und den Verlauf ihres Leitungsgewirrs aushandeln.

In einigen Winkeln der Datenbank regt sich bereits so etwas wie Intelligenz: Auf bestimmte Änderungen am Flugzeug reagiert das Modell scheinbar selbständig. Wollen die Ingenieure etwa die Reichweite erhöhen, errechnet die Software automatisch das zusätzliche Treibstoffgewicht, erhöht die Spannweite der Flügel sowie Zahl und Gestalt der Rippen und Streben. Der Zauber funktioniert allerdings nur nach aufwendiger Vorarbeit: Jemand muss genau definiert haben, in welcher Beziehung die Teile zueinander stehen.

Der Hauptvorteil des Digitalmodells aber liegt darin, dass es die globale Arbeitsteilung entscheidend erleichtert. Weil die Simulation von jedem Ort aus zugänglich ist, lässt sich der Bau von Flugzeugen – oder auch von Autos und Schiffen – nahezu beliebig über den Planeten verteilen. Der Hersteller kann ohne großen Aufwand zusätzliche Teile der Produktion auslagern, auf halber Strecke ein paar Zulieferer wechseln oder eine neu hinzugekaufte Spezialfirma in die Arbeit einbinden.

Das Digitalmodell stellt den Gleichstand für alle Beteiligten fast in Echtzeit her: Bei Dassault hat jeder Partner Zugang zu allen Baugruppen, die für ihn wichtig sind. Wenn die Ingenieure in Saint-Cloud beschließen, die Türen zu verbreitern, haben die betroffenen Firmen wenig später die geänderten Daten auf dem Monitor.

Die Partner von Dassault waren anfangs durchaus zögerlich, sie



Disney-Konzerthalle in Los Angeles: Schwungvoll zerbeult

Weltradio mit Charme

Apples Online-Musikshop macht den Bürgerfunk per Internet populär. Radiofans versorgt das „Podcasting“ mit frischen Amateursendungen zum Mitnehmen – und mit viel Audiomüll.

scheuten die Kosten und die Ungewissheit. „Es war ein sehr gewagter Schritt für uns“, sagt Jean-Claude Hironde, zuständig für die Forschung im Luftfahrtkonzern. Der schnelle Erfolg aber, so versichert er, habe die Zweifler bekehrt.

Der Wandel zur Großsimulation steht womöglich auch anderen Branchen bevor, die komplexe Dinge bauen und weitverstreute Zulieferer koordinieren müssen. Die Schwesterfirma Dassault Systèmes jedenfalls setzt darauf. Sie ist inzwischen weltweit Marktführer für Software, die solche Planspiele ermöglicht. Bei zahlreichen Autofirmen, darunter BMW und Audi, sind Computerprogramme von Dassault Systèmes im Einsatz. Auch die Kreuzfahrtreisen der Papenburger Meyer Werft werden damit konstruiert.

„Unser nächster großer Markt ist die Architektur“, verkündet Vizechef Forestier. Zumindest die bombastischen Bauten mancher Stararchitekten stellen heute Anforderungen an Design und Wartung, die einem Passagierflugzeug kaum nachstehen. Unter den Pionieren der Computersimulation ist der Amerikaner Frank Gehry, der bereits seine schwungvoll zerbeulte Disney-Konzerthalle in Los Angeles mit Software von Dassault Systèmes gebaut hatte.

Im Flugzeugbau geht ohnehin kaum mehr etwas ohne die Franzosen. „So gut wie alle Hersteller, Boeing und Airbus inbegriffen, arbeiten mit unserer Software“, sagt Forestier. Der neue Airbus A380 etwa entstand ebenfalls im Computer – allerdings beschränkten die Ingenieure sich auf die bloße Konstruktion; sie spielten weder die Fertigung der Einzelteile noch die spätere Wartung des A380 durch. Allein Dassault hat bislang den gesamten Lebenszyklus eines Flugzeugs im Voraus simuliert.

Doch die nächste Maschine nach diesem Verfahren ist bereits in Arbeit, und sie wird ungleich größer als der Erstling von Dassault: die Boeing 787 des Airbus-Gegenspielers aus Chicago. Das erste neue Flugzeug von Boeing seit mehr als einem Jahrzehnt hat knapp 300 Sitze, und es wird auf dieselbe Weise wie der Kleinflieger Falcon 7X entwickelt. Boeing nutzt noch entschiedener den Vorteil, dass es neuerdings gleichgültig ist, wo die Bauteile herkommen – es gibt ja das gemeinsame Digitalmodell, auf das alle Beteiligten zugreifen. Boeing wird hauptsächlich die Arbeiten der Zulieferer koordinieren und am Ende die passfertigen Teile zusammennähen. Der ruhmreiche Luftfahrtkonzern ist auf dem Weg zum weitgehend virtuellen Unternehmen.

An der zentralen Fertigungsstätte bei Seattle verbleibt dann nicht viel mehr als das Modell in den Datenspeichern und die Endmontage. Die Hauptarbeit wird auf der anderen Seite des Planeten verrichtet: Mehr als zwei Drittel der Bauteile für die Boeing 787 kommen von außerhalb der USA, der Großteil davon aus Japan.

MANFRED DWORSCHAK

Pater Roderick Vönhögen ist ein Mann mit Sendungsbewusstsein. Direkt vom Petersplatz in Rom, „aus dem Herzen der katholischen Kirche“, pflegt Vönhögen seine Hörer mit religiöser Ansprache zu versorgen.

Weil der umtriebige Gottesmann aus dem niederländischen Utrecht mal nicht in Rom,

tatsächlich erfordert die Produktion eines Podcast kaum mehr als einen Computer mit Internet-Anschluss, im Web kostenfrei erhältliche Software und ein Mikrofon (siehe Grafik). Doch „Podcasting“, eine Wortschöpfung aus dem Namen des populären MP3-Spielers iPod und dem englischen „broadcasting“ (senden), ist möglicherwei-



Pater Vönhögen, Podcaster-Ausrüstung: Mischung aus Dilettantismus und Originalität

diskutiert er in seiner Sendung mit Vorliebe die mythologischen und religiösen Symbole bei „Harry Potter“ oder den Kampf gegen das Böse in „Star Wars: Episode III“. Dabei gibt sich Vönhögen durchaus selbstironisch: Auf seiner Internet-Seite ist er als Katholik mit weißem Kragen im Scherenschnitt-Stil von Apples iPod-Werbung zu sehen.

„Catholic Insider“, so der Name von Vönhögens Sendung, ist ein sogenannter Podcast, eine Radiosendung aus dem Internet. Rund 8000 solcher Programme haben Radiofans, die „Podcaster“, inzwischen allein in den USA ins Netz gestellt. In Deutschland sind es derzeit über 350 Sendungen, die jeder kostenlos abonnieren und mit der richtigen Software automatisch auf einen tragbaren MP3-Spieler übertragen lassen kann.

„Graswurzelradio“ nennen die einen den Bürgerfunk mit digitalen Mitteln. Und

se viel mehr als eine Art Offener Kanal für Computerfreaks: „Ein Trend ist im Gang, der die ganze Radioindustrie umkremplen könnte“, schreibt etwa die amerikanische „Business Week“. Ohne Lizenzen, Frequenzen oder Sendemasten produzierten ganz normale Menschen Radiosendungen für Tausende Hörer: „Eine ganze Industrie wird umgangen.“

„Podcasts sind der heißeste Trend im Radio“, sagt auch Steve Jobs, Chef des Computerherstellers Apple. Der Konzern hat allen Grund, die Technik über den Klee zu loben. Zwar war es nicht Apple, sondern der Ex-MTV-Moderator Adam Curry, der das Podcasting im vergangenen Jahr populär gemacht hat. Jede Erwähnung des Download-Weltradios wirbt nun jedoch automatisch für Apples MP3-Player.

Ende Juni integrierte das Unternehmen die Technik in seinen Online-Musikshop.