

## Software, fettfrei, flugfähig

*Mit schlanken Algorithmen können komplexe Computerprogramme wirkungs- voller beschleunigt werden als mit schnelleren Prozessoren oder größeren Speichern. Jüngstes Beispiel ist der Airbus A 380: Die Rechenzeiten für die Strukturoptimierung wurden von einem österreichischen Software-Unternehmen enorm verkürzt.*

---

Markus Honsig

---

73 Meter lang, 24 Meter hoch, 80 Meter Spannweite, bis zu 560 Tonnen schwer: Dass der Airbus A 380, das größte, Anfang des Jahres vorgestellte Passagierflugzeug der Welt, überhaupt abhebt, ist erstaunlich genug, dass es nicht auseinander bricht, noch mehr - etwa beim Landen, immerhin kann der Koloss auch am Zielflughafen noch bis zu 386 Tonnen schwer sein. Den mächtigen Flieger sicher in die Luft und wieder auf den Boden zu bringen, daran hat auch ein österreichischer Hightech-Betrieb mitgearbeitet, die RISC Software GmbH mit Sitz in Hagenberg. Das Forschungs- und Entwicklungsunternehmen, eine Tochter der Johannes Kepler-Universität in Linz, wurde vom deutschen Flugzeughersteller EADS beauftragt, für den Airbus die Software der Strukturoptimierung zu beschleunigen - die Berechnung der riesigen Teile führte Rechner und Programme an ihre Leistungsgrenzen, konkret ging es um eine Sektion des Rumpfes des A 380. Das eindrucksvolle Ergebnis: Was früher Tage dauerte, kann nun in wenigen Stunden erledigt werden. RISC-Software hat wesentliche Teile des Systems neu überarbeitet, von unnötigen Rechenschritten befreit und damit Tempo und Speicherplatz in einem Ausmaß gewonnen, wie es auf Hardware-Seite nicht möglich gewesen wäre: Die Anwendung benötigt nach dem Tuning gerade noch zehn Prozent des ursprünglichen Speicherbedarfs und läuft bis zu 40-mal schneller als vorher.

Im Flugzeugbau kommt es darauf an, Strukturteile so zu konstruieren, dass sie zwar allen statischen und dynamischen Belastungen standhalten, aber möglichst wenig Gewicht haben, um Treibstoff zu sparen, um Ladekapazität zu gewinnen. Den optimalen Schnittpunkt von Gewicht und Stabilität errechnet der Computer: Das CAD-Modell wird mit finiten Elementen - eine Art digitaler Lego-Bausteine - belegt und auf seine physikalischen Eigenschaften überprüft. Für die Qualität dieser Strukturoptimierung gibt es vor allem zwei Kriterien: die Anzahl der finiten Elemente und jene der Entwurfsvariablen - Stärke, Größe, Lage etc. In beiden Fällen gilt: Je mehr, desto besser, denn je mehr Stellschrauben, an denen man drehen kann, desto bessere Vorschläge wird der Rechner auswerfen.

An die 300.000 finite Elemente und ein paar Hundert frei wählbare Parameter galten bei solchen Anwendungen bislang als Grenze des Rechenbaren. Nachdem die Software-Experten aus Oberösterreich Hand anlegten, können mehr als eine Million finite Elemente und mehr als eintausend Entwurfsvariablen berechnet werden. "Unsere Arbeit", erzählt Projektleiter Peter Stadelmeyer, "begann mit der Analyse der EADS-Software und der Suche nach dem schwächsten, also dem aufwändigsten Glied in der Berechnungskette." Klingt weniger kompliziert als es tatsächlich ist, da sich solche großen Software-Systeme sehr dynamisch verhalten und schwierig zu durchschauen sind. Als größte Bremse wurde schließlich die so genannte Cholesky-Zerlegung identifiziert, ein durchaus gebräuchliches mathematisches Verfahren, um spezielle Gleichungen zu lösen, das allein 90 Prozent der Rechenzeit in Anspruch nahm. Durch die Optimierung dieses Verfahrens konnte die durchschnittliche Laufzeit des Programms um das 40fache beschleunigt werden. Und: "Wir konnten den Speicherbedarf auf 17 Gigabyte reduzieren", sagt Mathematiker Stadelmeyer, "früher hätte auch das Zehnfache nicht gereicht." Das Problem zu kennen und zu lösen war erst der halbe Weg. "Mindestens ebenso wichtig ist die technisch sorgfältige Implementierung in das System."

"Der Schlüssel war die Verfeinerung und Verbesserung eines mathematischen Verfahrens", fasst Stadelmeyer zusammen. Und dieser Schlüssel lässt sich natürlich auch auf andere Problemstellungen anwenden, zum Beispiel in der Automobilentwicklung oder überall dort, wo Strukturentwürfe vom Computer auf ihre physikalischen Eigenschaften überprüft werden. Das könnten auch Magnetfelder in einem Transformator sein, Crash- oder Aerodynamiksimulationen.

### Enormes Potenzial

Die Umsetzung fortgeschrittener Mathematik am Computer besitzt jedenfalls enormes Potenzial: "Wir rechnen nicht schneller, sondern weniger", erklärt Wolfgang Freiseisen, Geschäftsführer der RISC Software. Und am Ende eben kürzer und besser. Ein weiteres Beispiel: Die kürzlich vorgestellte Software CrashGuard, die gemeinsam mit der WFL Millturn Technologies entwickelt wurde, einem oberösterreichischen Werkzeughersteller. CrashGuard verhindert Kollisionen bei Dreh-, Bohr- und Fräszentren, die zu ebenso schweren wie kostspieligen Schäden an den kinematisch komplizierten Präzisionsmaschinen führen. Wieder ging es um die Beschränkung auf die allernötigsten Rechenschritte dank smarterer Algorithmen. Software ohne Fettränder, die dazu führt, dass man nicht wie früher 150.000 Überprüfungen für ein Ergebnis braucht, sondern nur 300, nicht eine halbe Sekunde, sondern wenige Millisekunden, weltweit einmalig. "Im Wettlauf mit immer schnelleren Prozessoren haben wir einen Vorteil", glaubt Freiseisen. "Mit einem doppelt so schnellen Prozessor kann man die Rechenzeit halbieren. Mit intelligenten Algorithmen hingegen können wir zehn- und hundertmal schneller werden."

## Flugzeug aus dem Rechner

Die gewissermaßen logische Weiterentwicklung der Strukturoptimierung von großen Bauteilen ist deren Topologieoptimierung: In diesem Fall übernimmt der Computer nicht nur die Prüfung der Stabilität eines bereits vorhandenen Grundmodells, sondern auch die Formgebung des Teils. Am Beispiel einer Brückenkonstruktion: Der Rechner braucht im Grunde nur die Breite des Baches, die beiden Punkte, die er miteinander verbinden soll und die Grenzen des Entwurfsraumes, um daraus die ideale Brückenform zu entwerfen.

Um diese Topologieoptimierung geht es in einem Forschungsprojekt, dass die RISC Software gemeinsam mit der EADS, mit Airbus, Eurocopter, Altair und verschiedenen Universitätsinstituten aus Deutschland und Dänemark in diesen Tagen bei der EU einreicht. Was bei Brückenkonstruktionen schon überraschend gut funktioniert, benötigt für den Flugzeugbau, wo wesentlich mehr Vorgaben zu berücksichtigen sind, noch größeren Forschungsbedarf. Ziel ist, dass der Konstrukteur nur die Eckdaten des Flugzeugteils eingibt und die Software selbstständig einen ersten Konzeptentwurf mit der optimalen Strukturform auswirft: Flugzeug auf Knopfdruck quasi.



Solche Programme werden für innere Strukturteile von Flugzeugen zwar schon eingesetzt, nun soll der Freiheitsgrad der Software aber weiter vergrößert werden: Der Rechner soll auch eine Vorentscheidung über das beste Material beziehungsweise den idealen Materialverbund treffen, mit dem der Bauteil gefertigt wird. "Eine sehr komplexe Aufgabe", erklärt Peter Stadelmeyer von RISC Software, "weil die Berechnungsergebnisse nicht offensichtlich sind, was Form und Material betrifft. Das liegt an der Materialvielfalt und an den sehr unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien. Die Herausforderung ist, die Rechenergebnisse des Computers so zu visualisieren und interpretieren, dass sie für den Ingenieur brauchbar sind."

Flugzeug auf Knopfdruck werde es vorläufig zwar nicht geben. "Aber bis 2010, so Stadelmeyer, "sollten wir ziemlich gute Entwürfe für einzelne Flugzeugteile direkt vom Rechner bekommen." (hon)