

Gelöste Gleichung

Vergleich von Programmen zur Strömungssimulation

Zwei universitätsgestützte Forschungsteams, welche drei führenden Simulationspakete miteinander verglichen haben, stellten fest, dass auch nicht hochspezialisierte Programme gute Simulationsergebnisse bei akzeptablen Randbedingungen liefern. Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit bedeuten nicht, dass die Leistung leiden muss.

ED FONTES UND BERNT NILSSON

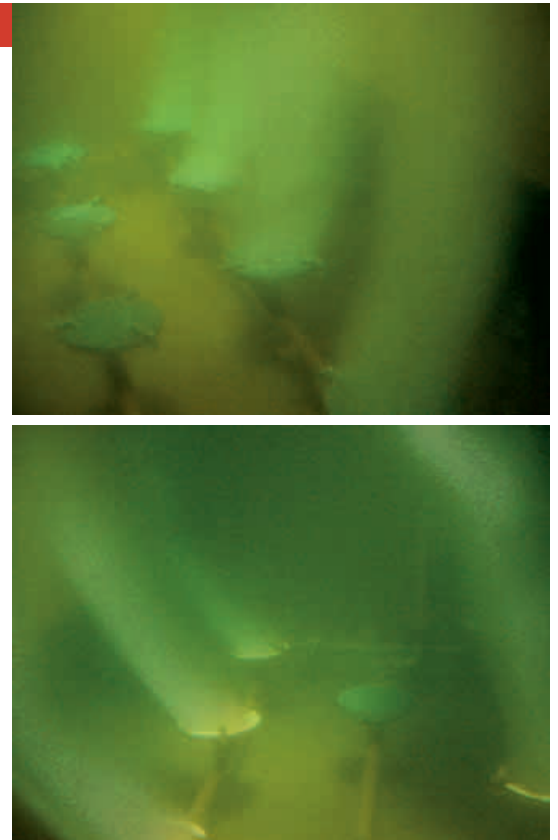
Softwarepakete zur wissenschaftlichen Modellierung sind meist so optimiert, dass sie bestimmte Arten von Problemen in bestimmten Bereichen der Technik lösen. Geschwindigkeit und Genauigkeit gehen häufig verloren, wenn ein flexibles und benutzerfreundliches Softwarepaket eingesetzt wird, um speziell diese „einphysikalischen“ Probleme anzugehen. Der Hersteller der Software Femlab 3.0a, die neueste Version des „mehrphysikalischen“ Simulators, war über das eigene Produkt anderer Meinung und beschloss daher, unabhängige Vergleichstests durchführen zu lassen. Ziel war es zu zeigen, dass Femlab 3.0a bei Geschwindigkeit und Genauigkeit die Lücke schließt, die zuvor die multiphysikalischen Programme auf der einen Seite und die Nischensoftware auf der anderen voneinander trennte.

Femlab, aus dem Hause der schwedischen Softwarefirma Comsol, ist ein multiphysikalisches Paket, das jedes physikalische Phänomen modellieren kann, das mit partiellen Differentialgleichungen (DGLs) beschrieben werden kann. Dieser auf der Lösung von DGLs basierende Ansatz, macht die Software für viele Diszipli-

nen nutzbar. „Wir sahen keinen Grund dafür, weshalb eine allgemeine und flexible Gestaltung bedeuten sollte, auf die Leistungsfähigkeit und die Rechenleistung der Software zu verzichten, die speziell auf die Lösung von nur einer Art physikalischer Probleme ausgelegt ist“, erklärt Svante Littmarck, CEO von Comsol. „Schließlich besteht der Kern der Modellierung eines Problems in der Gefügeanalyse, der Flüssigkeitsströmung, der Elektromagnetik oder der Akustik darin, eine DGL zu lösen.“

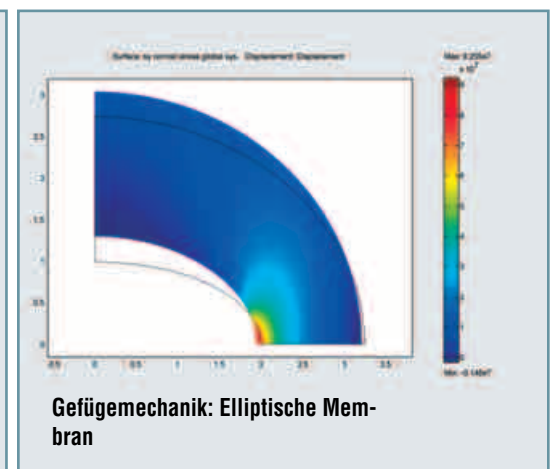
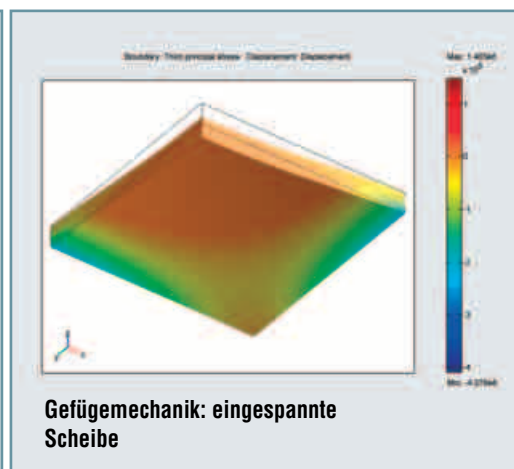
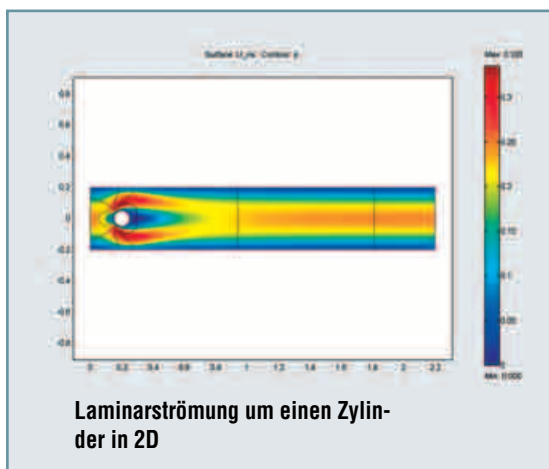
Femlab verwendet Lösungsansätze, die dem neuesten Stand der Wissenschaft entsprechen und die hauptsächlich in der akademischen Forschungsgemeinschaft entwickelt wurden, um sowohl ein- als auch multiphysikalische Probleme anzusprechen. Die meisten dedizierten Physikpakete verwenden ähnliche Lösungsansätze. „Da diesen Codes dieselben Kernalgorithmen für rechenintensive Aufgaben gemeinsam sind“, fährt Littmarck fort, „glaubten wir, wir könnten unser Universalpaket ebenso schnell, genau und speichereffizient machen, wie dies bei spezialisierten Programmen der Fall ist.“

Die Benchmarkbewertung von Femlab 3.0a erfolgte schließlich durch zwei unabhängige Forschungsgruppen: The Parallel and Scientific Computing Institute am The



Im Trüben fischen: Der künftige Weg beim Betrieb der Ozonreaktoren der Amsterdamer Wasserversorgung war unklar – eine CFD-Analyse half, die Varianten abzuwägen (siehe auch Kastentext rechts).

Royal Institute of Technology (Stockholm, Schweden) und dem Centre for Mathematical Sciences am Lund Institute of Technology (Lund, Schweden). Die beiden Teams verglichen Femlab 3.0a mit den dedizierten Physikpaketen Ansys und Fluent. Die Tests konzentrierten sich auf



Standard-Probleme, bei denen es klare und eindeutige Parameter als Vergleichsmetriken gibt. Die Fähigkeiten von Femlab und Ansys in der Gefügemechanik wurden anhand von standardisierten Problemen von der Nafems (National Agency for Finite Element Methods and Standards) sowie von Beispielen bewertet, die direkt den Ansys-Handbüchern entnommen wurden. Die Fähigkeiten von Femlab und Fluent in der Fluidodynamik wurden mithilfe klassischer Modelle aus der wissenschaftlichen Literatur getestet.

Über die Ergebnisse der Tests wurde bereits an anderer Stelle berichtet, und sie sind der Öffentlichkeit zugänglich. In den Berichten definieren die Forscher Aufgabenstellungen, sie erläutern Verfahren, und sie stellen Daten bereit, damit die Ergebnisse reproduziert und überprüft werden können. Die vollständigen akademischen Berichte stehen im Internet zur Verfügung (siehe InfoClick).

Die Überwindung der Kluft

Die nachstehenden Tabellen enthalten eine Übersicht über ausgewählte Ergebnisse aus den Benchmarkstudien. Parameter von besonderem Interesse sind Genauigkeit, Ausführungszeit und Spitzenauslastung des Speichers. Genauigkeit ist als die relative Abweichung von einem Bezugswert dargestellt: ein Genauigkeitswert von 1,0 entspricht 90% des genauen Wertes; ein Wert von 2,0 entspricht 99%, 3,0 entspricht 99,9% usw. Die Anzahl der Freiheitsgrade misst die Problemgröße.

Tabelle 1: Bei der Beispielrechnung „Elliptische Membran“ sind die Problemgröße und die CPU-Zeit für Femlab und das einphysikalische Produkt annähernd gleich, Femlab verbraucht jedoch weniger Speicher, bei Erreichen einer größeren Genauigkeit.

Tabelle 2: Bei der eingespannten Scheibe sind die Ergebnisse fast identisch. Im Vergleich zu seinem Konkurrenten erreicht Femlab dieselbe Genauigkeit bei Hauptspannung, eine größere Genauigkeit bei Verschiebung, bei weitem weniger Speicherverbrauch und etwa vergleichbare CPU-Zeiten.

Tabelle 3: Laminarströmung um einen Zylinder in 2D. Der Zylinder ist gegenüber dem Mittelpunkt des Kanals geringfügig versetzt. Dies führt zu einer Auftriebs-

Simulation für sauberes Wasser von Amsterdam

Ozon kann unerwünschte Substanzen aus Trinkwasser entfernen und erzeugt weniger Nebenprodukte als die Chlorierung, ist aber dennoch nicht ganz frei von Schwierigkeiten. „Ozon reagiert mit Brom unter Bildung von Bromat, das karzinogen wirkt“, stellt Jan Hofman, Forschungsingenieur bei Amsterdam Water Supply (AWS), fest. „Derzeit liegt die Bromatkonzentration auf einem Niveau, das für Trinkwasser unbedenklich ist, aber wir suchen ständig nach neuen Möglichkeiten, diesen Wert zu reduzieren und die Reinigungsfähigkeit unserer Aufbereitungsanlagen zu verbessern.“ Hofman sieht als eine Möglichkeit zur Optimierung der Wirbelbettreaktoren bei AWS den Einsatz von Prallblechen oder sich bewegender Ozonverteiler. Das Team um Hofmann muss Umwälzung, schnelleres Durchströmen von Wasser oder Kurzschlussströmungen, sowie die Anzahl, Verteilung und Strömungsgeschwindigkeiten der Ozonverteiler berücksichtigen. Da die Reaktoren relativ groß bemessen sind, waren empiri-

sche Methoden nicht die erste Wahl: „Wir verfügen über fünf dieser Reaktoren mit einer Länge von 40 m und einer Breite von 4 m. Wir würden es bevorzugen, eine möglichst genaue Vorstellung vom optimalen Design zu haben, bevor wir den kostspieligen Versuch unternehmen, unsere Reaktoren umzubauen. Für die erste Untersuchung war das mit dem CFD-Programm errechnete Modell einfach zu implementieren, bot aber trotzdem zahlreiche Ergebnisse“, stellt Hofman fest. „Wir können bereits erkennen, dass die Anordnung der Disperger die Konzentrationen am Ablauf in Abhängigkeit von deren Nähe zur Kurzschlussströmung sowie den Umwälzonen beeinflusst. CFD erweist sich als nützliches Tool zur Optimierung unserer vorhandenen Reaktoren, sowie zur Konzeption von neuen“, sagt Hofman. „Wir freuen uns darauf, dieses Modell mit Blasenströmung zu entwickeln sowie andere Reaktoren wie den Fließbett-Wasserenthärtungsreaktor zu untersuchen.“

kraft, die als Auftriebsbeiwert gemessen wird. Der auf den Zylinder wirkende Widerstand wird als Widerstandsbeiwert gemessen. Die Problemgrößen sind in diesem Vergleich in etwa gleich. Das Femlab-

Modell verbraucht zwar mehr Speicher als das einphysikalische Paket, die Ergebnisse sind aber genauer, und es benötigt weniger Rechenzeit als das einphysikalische Produkt. ■

Tab. 1: Gefügemechanik: Elliptische Membran; linear-elastische Analyse von Spannung in der y-Richtung

Programm	Anzahl der Freiheitsgrade (in Tausend)	Speichernutzung (Peak Memory in MB)	CPU-Zeit (Sekunden)	Genauigkeit der Spannung in Y-Richtung
Ansys 7.1	74	180	10	2.67
Femlab 3.0a	76	135	9	3.12

Hier sind die Problemgröße und die CPU-Zeit bei Femlab und dem einphysikalischen Produkt annähernd gleich, Femlab verbraucht weniger Speicher, um eine größere Genauigkeit zu erreichen.

Tab. 2: Gefügemechanik: Eingebaute Scheibe; linear-elastische Analyse der Verschiebung und der Hauptspannung

Programm	Anzahl der FG (in Tausend)	Speichernutzung (in MB)	CPU-Zeit (Sekunden)	Genauigkeit der Verschiebung	Genauigkeit der Hauptspannung
Ansys 7.1	101	547	72	1.22	1.05
Femlab 3.0a	101	309	85	1.38	1.07

Hier sind die Problemgrößen fast identisch. Im Vergleich zu seinem Konkurrenten erreicht Femlab dieselbe Genauigkeit bei der Hauptspannung, eine größere Genauigkeit bei der Verschiebung, einen geringeren Speicherverbrauch und vergleichbare CPU-Zeiten.

Tab. 3: Fluidodynamik: Laminarströmung um einen Zylinder in 2D

Programm	Anzahl der Freiheitsgrade (in Tausend)	Speichernutzung (Peak Memory in MB)	CPU-Zeit (Sekunden)	Genauigkeit Widerstandsbeiwert	Genauigkeit Auftriebsbeiwert
Fluent 6.1.18	109	67	450	1.971	<1
Femlab 3.0a	101	371	108	4.75	2.13

Die Problemgrößen sind in diesem Vergleich sehr ähnlich. Das Femlab-Modell verbraucht zwar mehr Speicher als das einphysikalische Paket, aber die Ergebnisse sind genauer, und es verbraucht weniger Rechenzeit als das einphysikalische Programm.

Weitere Informationen:

www.process.de



InfoClick

132171

• Link zu den vollständigen wissenschaftlichen Berichten



Fax: +49 (05 51) 9 97 21 - 27