

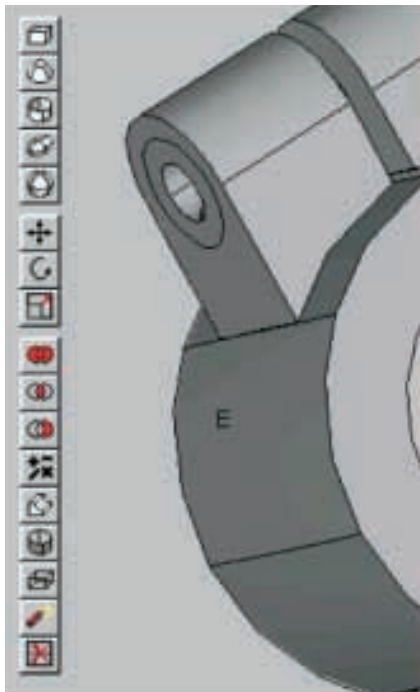
FEM-Software ermöglicht Modellierung in der dritten Dimension

# Der Realität auf den Leib gerückt

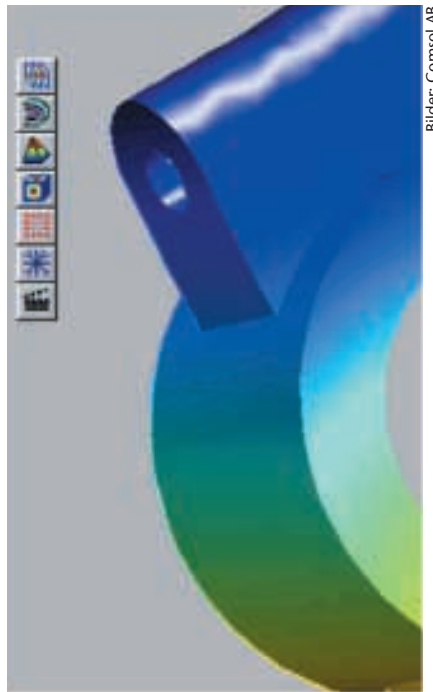
**Die Unterstützung innerhalb der Engineering-Abteilungen durch FEM-Software wird immer wichtiger. Mit der neuen Version von «Femlab 2.0» steht ein Tool zur Verfügung, mit dem eine dreidimensionale Modellierung von miteinander gekoppelten physikalischen Problemen leicht durchführbar ist.**

Die reale Welt ist bekanntlich dreidimensional. Das heisst, dass eine Software, die den Anspruch hat, praktisch jedes Problem in Wissenschaft und Technik zu modellieren, 3D-Fähigkeiten

haben muss. Ausserdem soll sie benutzerfreundlich sein, so dass der Anwender ihre Möglichkeiten schnell und einfach nutzen kann. Mit der neuesten Version von «Femlab» in der Version 2.0 wurde



**Eine speziell auf 3D-Anwendungen abgestimmte Zeichenleiste macht es dem Benutzer relativ leicht, 3D-Geometrien zu erzeugen und zu verändern.**



**Im Plot-Modus von «Femlab» 2.0 erscheinen spezielle Buttons in der Benutzeroberfläche. Mit einem Klick lassen sich somit verschiedene Darstellungsmöglichkeiten auswählen und somit die Ergebnisse genau überprüfen.**

ein grosser Sprung in diese Richtung unternommen – «Femlab» kann jetzt praktisch jedes Modell behandeln, das von Wissenschaftlern oder Ingenieuren mit partiellen Differentialgleichungen beschrieben werden kann. «Femlab-Nutzer» können jetzt vollwertige 3D-Modelle erstellen und analysieren, wobei diese Simulationen auch zeitabhängig sein können.

Darüber hinaus bietet die neue Software eine graphische Benutzeroberfläche (GUI) mit wesentlich erweiterten Fähigkeiten: Sie stellt Tools zur Verfügung, mit denen eine dreidimensionale Modellierung von miteinander gekoppelten physikalischen Problemen – auch als Multiphysik bezeichnet – leichter durchzuführen ist als mit irgend einer anderen Modellierungs-Software.

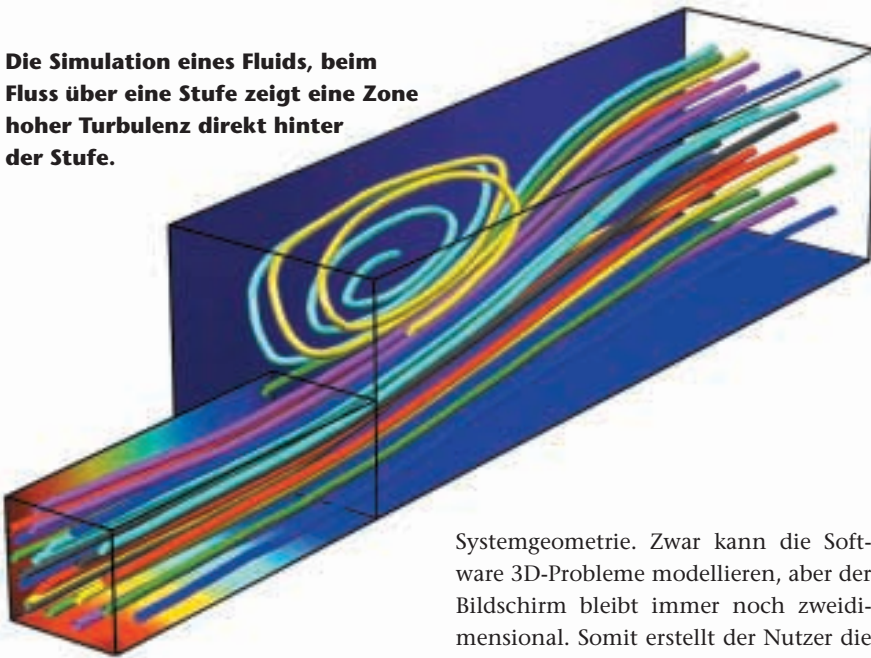
Diese GUI, kombiniert mit den «Femlab» 2.0 zugrunde liegenden Solvern und einer grossen Auswahl an Visualisierungsmöglichkeiten, erlaubt den Benutzern, ihre Modellgeometrien zu erzeugen und das Problem auf einem normalen Desktop-Computer in einem Bruchteil der Zeit zu lösen, die sie ansonsten mit anderen Programmen brauchen würden. Dank dieser neuen Version lassen sich nun Aufgaben bewältigen, für die man noch vor wenigen Jahren eine Workstation, wenn nicht sogar einen Grossrechner gebraucht hätte.

## Simulation komplexer Materialparameter

Diese Funktionalität ist fest eingebunden in die «Multiphysik-Möglichkeiten» von «Femlab», mit der Probleme aus verschiedenen Bereichen der Physik gleichzeitig und automatisch gelöst werden können. Ein Beispiel für ein solches gekoppeltes Problem kommt aus der Elektromagnetik: Ein Strom, der durch eine Metallplatte fliesst, erzeugt durch die Reibung der Elektronen Wärme, die wiederum Einfluss auf die Materialparameter des leitfähigen Mediums hat. Solche Probleme behandelt «Femlab» ohne Schwierigkeiten simultan und das jetzt in drei Dimensionen! Bisher konnten solche Probleme nicht so einfach und dennoch mit einer derartigen Rechenpower behandelt werden.

«Die Version 2.0 ermöglicht unseren Kunden, Probleme zu modellieren, von denen sie vorher nicht einmal träumen konnten», so Dr. Lars Langemyr, Leiter

**Die Simulation eines Fluids, beim Fluss über eine Stufe zeigt eine Zone hoher Turbulenz direkt hinter der Stufe.**



der F&E-Abteilung von Comsol AB. «Was manche am Anfang vielleicht nicht so mögen, ist, dass diese neue Version für viele eine grosse Erleichterung ist, die bisher mit 2D-Modellierungen versucht haben, reelle Probleme zu modellieren. Sicherlich ist die Verwendung von 2D-Multiphysik-Software für bestimmte Arten von Problem recht sinnvoll. Ausserdem kann man damit durch bestimmte vereinfachende Annahmen auch für 3D-Probleme vernünftige Lösungen erhalten. Dies setzt allerdings eine Menge Erfahrung und Kenntnisse voraus, zum Beispiel in welchem Bereich des Modells ein 2D-Querschnitt verwendet werden darf oder wie Randbedingungen behandelt werden.»

«Mit der neuen Version <Femlab> 2.0 brauchen sich die Nutzer darüber keine Gedanken mehr zu machen», fährt Langemyr fort, «weil sie ein vollständiges 3D-Modell in einem Bruchteil der Zeit berechnen können, die sie sonst brauchen würden, um intelligente Annahmen und Vereinfachungen für ein brauchbares 2D-Modell zu entwickeln.»

### **Drei Verbesserungen: Die Erste**

Bei der Entwicklung der 3D-Version von «Femlab» haben die Entwickler bei «Comsol» in allen Phasen signifikante Verbesserungen durchgeführt.

1. Erstellung der Modellgeometrie – Der erste Schritt bei der Modellierung ist die Verwendung der zur Verfügung stehenden CAD-Tools zur Erzeugung der

Systemgeometrie. Zwar kann die Software 3D-Probleme modellieren, aber der Bildschirm bleibt immer noch zweidimensional. Somit erstellt der Nutzer die Geometrie in einer 2D-Arbeitsebene, die mit der Software anschliessend zu 3D-Objekten zusammengesetzt werden. Damit ist es praktisch ebenso einfach, 3D-Objekte zu zeichnen, wie man es bisher von 2D-Objekten gewohnt war.

Um die Entwicklung von Geometrien zu vereinfachen, führt «Femlab» 2.0 eine neue Klasse von einfachen 3D-Objekten ein, wie zum Beispiel Blöcke, Kugeln, Ellipsoide, Kegel und Zylinder. Zusätzlich können durch Kommandos wie «Extrude», «Revolve» und «Embed» schnell 3D-Objekte aus ihren 2D-Analoga erstellt werden. Weitere Befehle ermöglichen das Zusammenbauen oder Aufteilen eines 3D-Objektes aus bzw. zu unterschiedlichen 3D-Einzelkomponenten.

Für diejenigen Nutzer, die bestimmte Unterräume eines 3D-Objektes definieren oder verändern wollen, stellt «Femlab» ganz neue Möglichkeiten zur Verfügung: So können bestimmte Teilobjekte oder ganze Unterräume einfacher als mit jeder anderen auf dem Markt befindlichen Multiphysik-Software selektiert werden. Während man bei anderen Programmen für einfache Operationen tief in irgendwelche Verzeichnisstrukturen hineingehen muss, kann der Nutzer bei «Femlab» einfach mit Hilfe der Maus die gewünschten Oberflächen, Ecken oder Knoten oder eine beliebige Kombination davon auswählen.

Bei der Erstellung komplexer 3D-Objekte ist es durchaus nützlich, diese unter verschiedenen Blickwinkeln erscheinen zu lassen. Zu diesem Zweck ermöglicht «Femlab», die Darstellung bestimmter Geometrien bzw. deren Begrenzungen oder einzelner Bestandteile zu

### **Wegweiser**

#### **Über Comsol AB**

Der Hauptsitz von «Comsol» AB befindet sich in Stockholm/Schweden. Die Firma befindet sich in privater Hand und wurde 1986 gegründet, um Software («Matlab») des amerikanischen Herstellers The Mathworks Inc (Natick, MA) in den skandinavischen Ländern zu vertreiben. 1995 begann «Comsol» AB mit der Entwicklung und dem Vertrieb der PDE Toolbox für «Matlab». Erst 1998 brachte die Firma «Femlab» auf den Markt, ein auf «Matlab» basierendes Programm für die Modellierung komplexer Probleme auf der Basis partieller Differentialgleichungen.

#### **Info**

*Comsol AB  
Berliner Strasse 4  
D-37073 Göttingen  
Tel. 0049-551-521 17 20  
Fax 0049-551-521 18 10  
info@comsol.de  
www.comsol.de  
www.femlab.com*

unterdrücken. Ausserdem können Objekte aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, gezoomt oder die Entfernung zum Betrachter künstlich vergrössert werden.

### **Die zweite Verbesserung**

Wie bisher in der 2D-Version können die PDE-Koeffizienten bzw. Materialparameter über Dialogboxen eingegeben werden. Anschliessend wird per Mausklick das Finite-Elemente-Gitter erzeugt und anschliessend der Lösungsvorgang gestartet. Der neue 3D-Gittergenerator erzeugt das FE-Gitter nach dem Delauney-Verfahren. Dies geschieht entweder mit vorgegebenen Standardeinstellungen oder der Nutzer kann individuell die Gittergrösse variieren, entweder allgemein für das gesamte Modell oder selektiv für besonders interessante Modellbereiche.

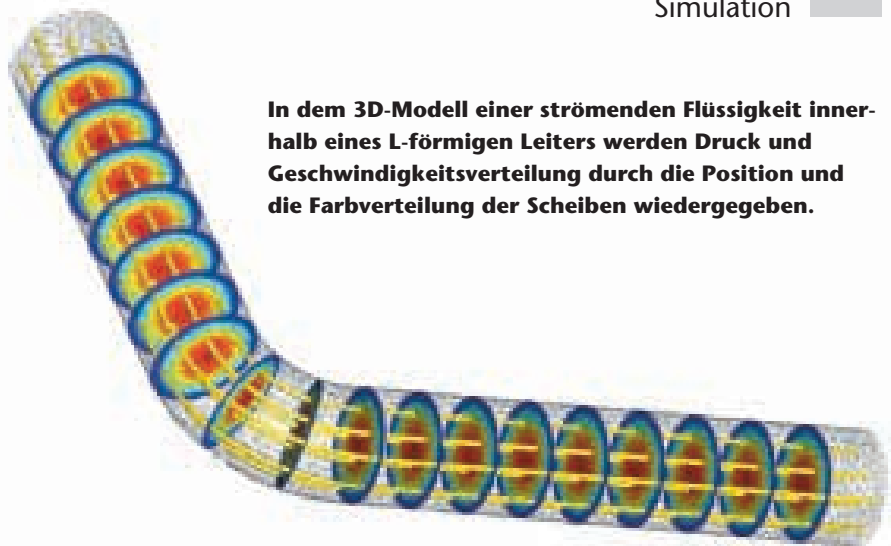
Für die 3D-Version wurden iterative Solver entwickelt, die weniger Speicherplatz benötigen und mit denen damit auch wesentlich grössere Modelle mit höherer Genauigkeit behandelt werden können. Mit diesen Solvern können bei

gleichem Bedarf an Arbeitsspeicher 5- bis 10-mal mehr Gitterelemente behandelt werden als mit konventionellen Solvern.

Diese iterativen Solver wurden für die Lösung von stationären und dynamischen (=zeitabhängigen) Problemen entwickelt. Sie können für 1D-, 2D- und 3D-Modellierungen eingesetzt werden. Der Nutzer hat ausserdem die Möglichkeit, für seine Modellierungen die Standardsolver zu verwenden oder je nach Bedarf die Solver, die ihm für die Bearbeitung seiner Probleme geeignet erscheinen, selbst auszuwählen und anzupassen.

### Die dritte Verbesserung

Wesentlich für das Verständnis eines physikalischen Systems oder Prozesses ist die Möglichkeit, die unterschiedlichen Lösungseigenschaften für verschiedene Parameterwerte darzustellen. Hier wurden zu den bereits bestehenden Möglichkeiten noch weitere hinzugefügt:



**In dem 3D-Modell einer strömenden Flüssigkeit innerhalb eines L-förmigen Leiters werden Druck und Geschwindigkeitsverteilung durch die Position und die Farbverteilung der Scheiben wiedergegeben.**

Mit einem Klick können farbige Scheibenplots, Iso-Oberflächen, Röhren- oder 3D-Plots mit Kegeln oder Pfeilen erzeugt werden. Wie bisher kann ausserdem bei der Visualisierung von dynamischen Prozessen eine Animation erzeugt werden.

Es ist auch wichtig zu wissen, dass der Gittergenerator und die Solver als Engine Matlab verwenden. So können wie bisher Modelle in der GUI erzeugt, später

aber als Abfolge von Matlab-Kommandos exportiert werden. Auf diese Weise lässt sich sowohl eine einfache Dokumentation erzeugen als auch anspruchsvollstes Post-Processing unter Ausnutzung der ganzen mächtigen Eigenschaften von Matlab durchführen.

### Effektiver Korrosionsschutz mit 3D-Modellierung

Mit all diesen Möglichkeiten kann auf einem normalen PC-System modelliert und analysiert werden, die vor noch nicht allzu langer Zeit nur mit wesentlich grösseren Rechenanlagen bearbeitet werden konnten. Ein Beispiel: Um einen in Seewasser versenkten Metalltank vor Korrosion zu schützen, legt man einen elektrischen Strom an und platziert Anoden in der Nähe des Tanks. Dabei ist die Anordnung der Anoden entscheidend für die Effektivität des Korrosionsschutzes. Ohne 3D-Fähigkeiten wäre es unmöglich, verschiedene Lokationen und Konfigurationen der Anoden miteinander zu vergleichen.

Ebenso wichtig ist es, festzuhalten, dass «Femlab» 2.0 auch die Ergebnisse für Modelle deutlich verbessert, die sich im Prinzip auch in 2D behandeln lassen. Als Beispiel sei ein elektrostatischer Präzipitator genannt, der Staubpartikel aus der Atmosphäre herausfiltert. Er besteht aus zwei parallelen Platten, zwischen denen eine Elektrode angeordnet ist. Oft ist die Elektrode als Helix ausgebildet, so dass die Geometrie eindeutig dreidimensional ist. Dennoch kann ein 2D-Modell für ein solches System einige grundlegende Informationen liefern, was wiederum dem Ingenieur die Möglichkeit gibt, daraus ein vereinfachtes 3D-Modell zu entwickeln, das die kritischen Punkte beim Aufbau berücksichtigt. –böh–

#### Im Fokus

### Hintergrundinformation zu «Femlab»

«Femlab» ist eine Simulations- und Analyse-Software für die Modellierung von Phänomenen aus Wissenschaft und Technik und kann in seiner neuen Version 2.0 praktisch alle Phänomene modellieren, die durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden können. Dazu gehören unter anderem Wärmeleitung und -transport, Strömungsmechanik, Elektromagnetik und Strukturmechanik. Insbesondere ermöglicht «Femlab» die simultane Modellierung von miteinander gekoppelten Phänomenen aus verschiedenen Teilgebieten der Physik – sogenannte Multi-Physik.

Das Programm ermöglicht dem Benutzer, durch seine intuitive gestaltete Benutzeroberfläche auf seine volle Rechenpower zuzugreifen, um auch sehr komplexe Probleme zu lösen. Es werden keine endlosen mathematischen Gleichungen, sondern einfach die Modellgeometrie eingegeben. Auch können Geometriedateien im DXF-Format importiert werden, die in gebräuchlichen CAD-Programmen wie «AutoCAD» oder «Catia» erstellt wurden.

Zur Unterstützung bei der Entwicklung von Anwendungen wird «Femlab» mit einer umfangreichen Modellbibliothek ausgeliefert, in der bereits fertig durchgerechnete Beispiele für eine grosse Anzahl von Modellen aus zahlreichen Anwendungsbereichen enthalten sind. Somit müssen die Anwender keine tiefgreifenden Kenntnisse von Mathematik oder numerischer Analysis haben.

### Systemanforderungen

«Femlab» 2.0 läuft unter Windows 95/98, NT 4.0, ausserdem sind Versionen für Solaris, Linux, AIX, Digital Unix, HP-UX and IRIX verfügbar. Es setzt ausserdem voraus, dass auf dem Computer Matlab 5.3 installiert ist. Die empfohlene Hardwarekonfiguration ist 128MB RAM für 2D-Modellierungen, 256MB RAM für 3D-Modellierungen und eine 16-bit-Grafikkarte.

«Femlab» 2.0 ist ab Lager D-Göttingen verfügbar. Der Preis für eine einfache Lizenz (Windows 95/98/NT) beträgt 7990,- DM. Die Software ist auch für Unix und als Netzwerklizenz verfügbar. Universitäten und Forschungseinrichtungen erhalten Rabatte.

–böh–