

# Die Vorteile der Finite El

Bei der Entwicklung von neuen Produkten werden der Computer und die entsprechende Software immer unentbehrlicher. Grundlage einer neuen Entwicklung sind die Formgebung und das geeignete Material eines Produktes. Moderne Software bietet heute die Möglichkeit, Geometrie und Material realitätsnah zu simulieren. Bestehende Produkte können so optimiert und neue Produkte können optimal entwickelt werden.

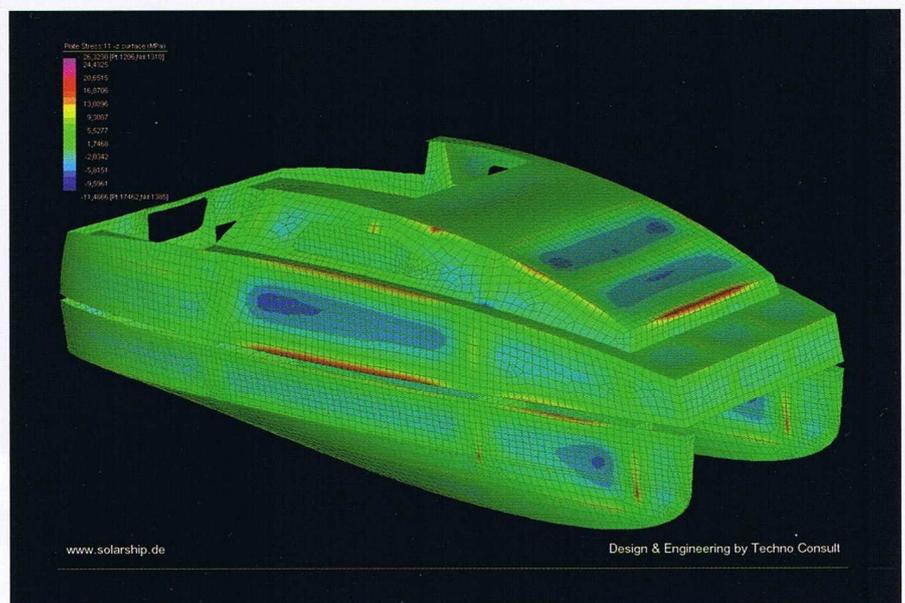
Grundlage ist das CAD-Programm (CAD = Computer Aided Design), in welchem die Geometrie eines Objektes festgelegt wird. Je nach Komplexität der Geometrie ist hier auf die Güte der verwendeten Graphikfunktionen zu achten. Je nach Qualität des Programms werden z.B. Konturen nur in Linien und Kreise oder in komplex Kurven wie Splines zerlegt, welche dann mit hohem rechnerischen Aufwand intern berechnet werden. Ausgehend von dieser graphischen Grundlage, können die einmal erstellten Daten von verschiedenen weitergehenden Programmen genutzt werden.

Renderprogramme erzeugen fotorealistische Oberflächenmodelle, Stabilitätsprogramme berechnen die Kippstabilität oder es werden Festigkeitsanalysen mit entsprechender Finite-Element-Methoden (FEM) durchgeführt. Die Daten können auch für Fräsen oder fürs „rapid prototyping“ verwendet werden.

Vor allem der Einsatz von FEM ist ein komplexes Feld, welches mit einer Vielzahl von verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten entsprechende statische Modelle erzeugt. Dabei können durchaus sehr verschiedene Werkstoffe wie Metall, GFK- oder Holz-Laminat, Gummidichtungen, etc. durch die Wahl entsprechender Werkstoffgesetze und die Eingabe von Werkstoffdiagrammen idealisiert werden.

Auch dynamische Vorgänge, wie z.B. „Kiel trifft auf Felsen“ oder „Kolben bewegt sich“ können, wenn auch mit hohem Aufwand, simuliert werden. Solche Crashmodelle oder Bewegungsmodelle sind vor allem im Bereich der Schadenbeurteilung oder im Maschinenbau nutzbar.

Im Maschinenbau können, wie z.B. wie bei der Konstruktion von Brennstoffzellen, thermische Belastungen in Kombi-



nation mit Dehnungs- und Festigkeitsanalysen gerade bei Dichtungs- und Frostschutz-Problemen eine große Rolle spielen; auch solche Berechnungsmodelle werden von den meisten FEM-Programmen problemlos gelöst. Im Bereich der Bootsbaukonstruktion sind allerdings meist einfache Verfahren ausreichend um z.B. zulässige Spannungen bei Normbelastung zu berechnen. Es soll hier an Hand des Beispiels der Bootsbaukonstruktion einmal die Vorteile eines solchen Verfahrens aufgezeigt werden.

Die Vorteile der Finite-Element-Methoden (FEM) liegen vor allem in fünf entscheidenden Punkten:

## Schnelligkeit

Generell hat Statik sehr viel mit Geometrie zu tun, die Kenntnis der Form reicht z.B. in der einfachen Balkenstatik

aus, um die Spannungen im Balken, ohne Kenntnis des Materials, berechnen zu können. Ist erst einmal eine Geometrie vorhanden, so kann diese mit wenig Aufwand zu einem FEM-Modell umgewandelt werden. Selbst unsaubere Geometrien können mit automatischen Tools per Knopfdruck gesäubert und so für eine FEM-Berechnung vorbereitet werden. Dabei hat man üblicherweise die Wahl zwischen Festkörper-, Schalen-, Balken-, Seil- und Membranmodellen.

## Flexibilität

Ohne weiteres kann das gesamte Modell mit verschiedenen Lastfällen oder Materialstärken von z.B. Außenhautplatten gerechnet und deren Einfluss dargestellt werden. Auch können vergleichende Berechnungen mit unterschiedlichen Werkstoffen wie z.B. Stahl und Aluminium durchgeführt

# ment Methode

und nebenbei die Gewichtsunterschiede bestimmt werden.

## Genauigkeit

Genauigkeit ist die größte Stärke der FEM. Üblicherweise basiert die „zu Fuß“ gerechnete Statik auf relativ ungenauen Idealisierungen, welche viel Erfahrung und Wissen benötigt. Neben der meist stark vereinfachten Idealisierung der Einspannungsverhältnisse, werden die tragenden Strukturen noch mit Korrekturfaktoren für z.B. Wölbung, mittragende Breite, Längenverhältnis der Plattenkanten etc. optimiert. Diese aufwändigen und zeitraubenden Korrekturen, welche den Sinn haben eine bessere Annäherung des statischen Modells an die tatsächliche Geometrie zu erreichen, fallen beim FEM-Modell weg, da die „exakte“ Geometrie schon vollständig und viel genauer im Berechnungsmodell enthalten ist. Beispielsweise sind mittragende Breiten dann nicht auf Normmaße beschränkt sondern können entsprechend den „wahren“ Verhältnissen ausgereizt werden.

## Darstellung

Liegen die Ergebnisse, wie Spannung, Verformung, Eigenfrequenz, Temperaturverteilung, etc. erst einmal vor, so muss ein Auftraggeber nicht mehr „blind“ seinem Konstrukteur vertrauen, sondern bekommt durch die visuelle Darstellung der Ergebnisse ein Gefühl für die Belastung der Struktur und des Materials. Auch der Gang einer Berechnung ist, im Gegensatz zu vielen klassischen Klassifikationsberechnungen mit schwer nachvollziehbaren Berechnungsfaktoren, von absoluter Transparenz. Der Konstrukteur, so weit er über vertiefte Kenntnisse der Statik verfügt, weiß immer wo er sich befindet und warum und wie ein Ergebnis zustande gekommen ist. Ungenaue Aussagen wie sie z.B. in der ISO-12215-5 zu finden sind („Kimme mit  $\alpha < 130^\circ$  bis  $150^\circ$  gelten oft als stark genug“) können mit Hilfe von FEM konkretisiert werden. Es sind mit FEM auch Ergebnisse von Knickspantkonstruktionen mit flacheren Kiel- bzw. Kimmwinkeln zu erhalten.

## Kosten- und Gewichtersparnis

Werden mehrere Berechnungsgänge hintereinander vorgenommen, ist es z.B. möglich, mit FEM die Hauptspannungsverläufe in einer Faser verstärkten Konstruktion (FVK) zu bestimmen und das Material in diesem hoch belasteten Bereichen dann gezielt zu verstärken, ohne die geringer belasteten Regionen eines Bauteiles mit unnötigem Material zu beschweren. Dabei sind Mischlaminare und Sandwich sowie die Überprüfung der einzelnen Schichten auf die jeweiligen zulässigen Spannungen jeder Zeit möglich.

Speziell im Bootsbau lohnt es nicht nur im Regattabereich, FEM zu verwenden um Gewicht zu sparen. Die Finite-Element-Methode sollte auch bei Serienbooten angewandt werden, um Material gezielt einzusetzen und gegenüber konventionellen Konstruktionen Masse und damit natürlich auch Kosten einzusparen.

Dipl.-Ing. Jörg Albrecht,  
Fa. Techno Consult, [www.solarship.de](http://www.solarship.de)

**Leistung überzeugt immer**

**YAMAHA Außenbordmotoren flexibel und günstig finanzieren:**  
0,9 % effektiver Jahreszins, 25 % Anzahlung, 12-36 Monate Laufzeit – ein Angebot der Santander Consumer Bank in Kooperation mit den YAMAHA Marinehändlern und der YAMAHA Motor Deutschland GmbH, Postfach 210653, 41432 Neuss. [www.yamaha-motor.de](http://www.yamaha-motor.de)

YAMAHA empfiehlt **YAMALUBE**

Vom 19. bis 27.01.08 in Halle 10, Stand G39 auf der boot in Düsseldorf

Hohe Sicherheit, Zuverlässigkeit und Leistungsentfaltung sind Attribute, die Ihnen alle YAMAHA Außenbordmotoren bieten – von 1,8 kW (2,5 PS) bis 220 kW (300 PS). Diese Fakten sprechen natürlich auch für den YAMAHA F250 mit elektronischer

