

# FEM-Programm für alle!

## Tolle Freeware aus Bayreuth

**FEM ist das Mittel der Wahl, um Produkte etwa hinsichtlich dem Verhältnis von Gewicht zu Stabilität zu optimieren. Leider sind derartige Rechenboliden sehr teuer, da die dahinterstehenden mathematischen Verfahren sehr aufwändig zu programmieren sind. Die Uni Bayreuth hat einen kostenlosen Vertreter dieser Gattung erschaffen, der sich auch professionell nutzen lässt.**

Ob Kraftfahrzeug oder Hochleistungsfräsmaschine – Konstrukteure kommen heutzutage nicht mehr an FEM-Verfahren vorbei, sollen gleichermaßen leichte und dennoch stabile Produkte auf den Markt kommen. FEM-Verfahren sparen eine Menge Geld ein, da sie beispielsweise teure Crashversuche für Automobile auf ein absolutes Minimum zu reduzieren. Mit dieser Methode kann vorab das Verhalten einer Karosserie im Fall eines Unfalls simuliert werden.

Zu diesem Zweck bekommt das zu untersuchende Kraftfahrzeug oder Bauteil ein Netz aus Dreiecken übergestülpt, die Stück für Stück einzeln auf Veränderungen berechnet werden. Da die Elemente, die das Bauteil bedecken, eine endliche (finite) Zahl haben, leitet sich daraus der Name für die Methode ab: Finite-Elemente-Methode.

Für die Analyse mit der Finite Elemente-Methode sind Längst nicht mehr raumfüllende Computergiganten nötig, da selbst normale PCs vom Discounter mittlerweile eine ausreichend hohe Leistungsfähigkeit erreicht haben, um derartige Berechnungen zu meistern. Das Hindernis des Einsatzes liegt heute jedoch im Preis der dazu nötigen Software. FEM-Programme lassen sich Hersteller sehr teuer bezahlen. Dies jedoch zu recht, da hinter dieser Idee

Formeln stecken, die es in sich haben. Mit dem Programm ›Z88Aurora‹ geht die Uni Bayreuth gottlob einen anderen Weg. Unter der Leitung von Prof. Frank Rieg wurde eine FEM-Software entworfen, die primär für die Ausbildung angeheurer Ingenieure gedacht ist, jedoch im Fall einfacher Aufgaben auch für die Industrie von Interesse ist.

Waren die ersten Versionen dieser Free- beziehungsweise Open Source-Software noch wenig benutzerfreundlich, da es galt, von Hand beispielsweise etwa DXF-Dateien in ein für Z88Aurora lesbares Format umzuwandeln, so ist die aktuelle Version mit einer relativ komfortablen, weil grafischen, Benutzerschnittstelle ausgestattet, die derlei abschreckende Prozeduren selbst erledigt. Auch für Auszubildende in der zerspanenden Industrie ist das kostenlose Programm interessant, da es den Fachkunde- beziehungsweise den Fachrechenunterricht bereichert. Ist es mit dieser Software doch problemlos möglich, etwa die manuelle Berechnung der Durchbiegung eines Stahlträgers grafisch aufbereitet zu überprüfen.

Obwohl das Programm primär dafür gedacht ist, mit teuren CAD-Produkten, wie etwa AutoCAD zusammenzuarbeiten, kann es problemlos auch mit preiswerten Vertretern der CAD-Gattung, wie etwa

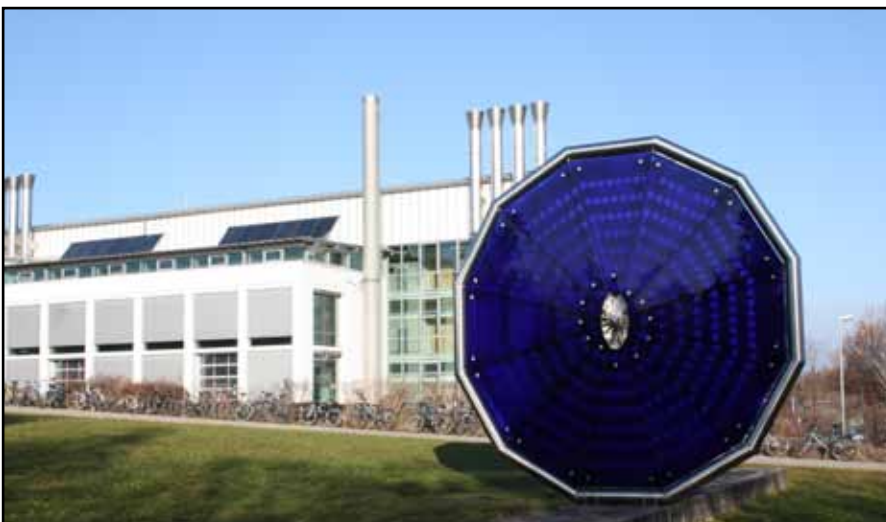
TurboCAD von IMSI verwendet werden. Die einzige Voraussetzung ist, dass ein mit TurboCAD erstelltes Volumenmodell in das Step-Format exportiert wird, da weder das von TurboCAD erzeugte DXF- noch das STL-Format korrekt in Z88 eingelesen werden. Der Grund ist im Fall des DXF-Formats darin zu suchen, dass dieses AutoCAD-Format immer wieder einer technologischen Anpassung seitens AutoCAD unterliegt.

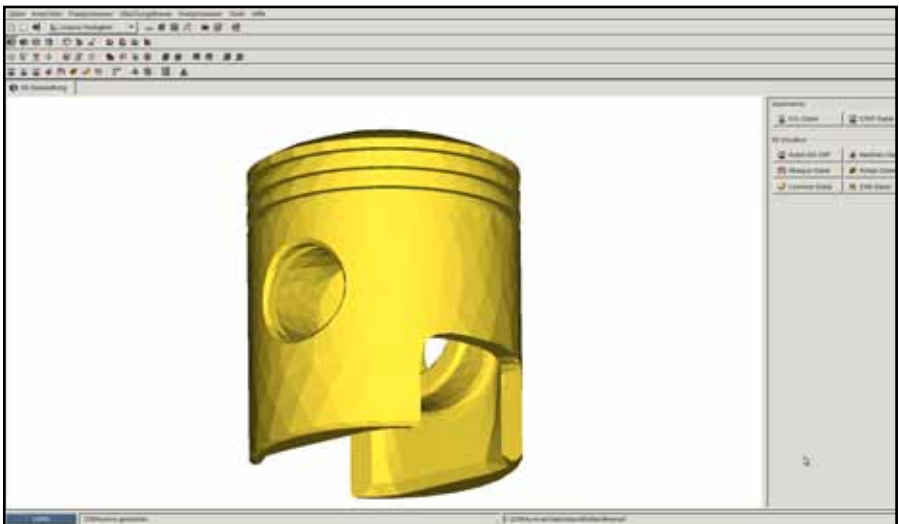
Anbieter alternativer CAD-Programme haben daher den Schwarzen Peter, denn diese müssen zwangsläufig der Entwicklung hinterherlaufen und ihre Programme den veränderten Bedingungen anpassen. Es ist deshalb Glückssache, eine Nicht-AutoCAD-DXF-Datei einwandfrei als Importformat in Z88 verwenden zu können. Das DXF-Format sollte daher insbesondere in der Kennenlernphase von Z88Aurora nicht verwendet werden, da man durch die eigene mangelhafte Erfahrung nicht einschätzen kann, warum der Import fehlgeschlagen ist.

### STL oder doch lieber STEP?

Es bieten sich jedoch noch mehr Formate zur Zusammenarbeit mit Z88 an. Zum Beispiel das STL-Format. Dieses Format ist in der Industrie bereits erste Wahl wenn es darum geht, Teile mittels Rapid Prototyping herzustellen. Das Format hat jedoch mit dem Manko zu kämpfen, dass alle Flächen in geradlinig berandete Dreiecke unterteilt werden, was für den Import in Z88 von Nachteil ist. Obwohl der Import augenscheinlich einwandfrei funktioniert, wird nicht selten eine Fehlermeldung ausgegeben, wenn auf die Kontur ein Netz gelegt werden soll, um FEM-Berechnungen durchzuführen. Wer als Z88-Anfänger hier feststeckt, hat

**Prof. Frank Rieg und sein Team von der Uni Bayreuth haben mit Z88Aurora eine leistungsstarke FEM-Software auf den Markt gebracht, die sich nicht nur für die Ausbildung von Ingenieuren eignet.**





Sobald das 3D-CAD-Modell vorliegt, kann es in Z88Aurora eingelesen werden. Dazu können verschiedene Austauschformate wie etwa STEP oder DXF genutzt werden.

größte Mühe zu erkennen, dass er keinen Bedienungsfehler gemacht hat, sondern schlicht das Importformat ungeeignet ist.

Wirklich einwandfrei geschieht der Import nur über das Step-Format. Wer als angehender Ingenieur oder Auszubildender in einem Metallberuf preiswerte CAD-Software, wie etwa TurboCAD einsetzt, sollte ausschließlich dieses Format verwenden, um jedem Frust im Umgang mit Z88 aus dem Weg zu gehen.

Das Step-Format ist nach DIN ISO 10303 genormt, was schon einmal verhindert, dass Importfilter allzu schnell veralten. Darüber hinaus werden die Oberflächen des Bauteils mittels Bézierkurven oder Splines beschrieben, was beim Import weitgehend Umwandlungsprobleme vermeidet. Das Format ist übrigens ein reines Textformat. Step-Dateien können daher mit jedem Editor geöffnet und eingesehen werden. Ideal für alle, die genau wissen wollen, wie ein Format aufgebaut

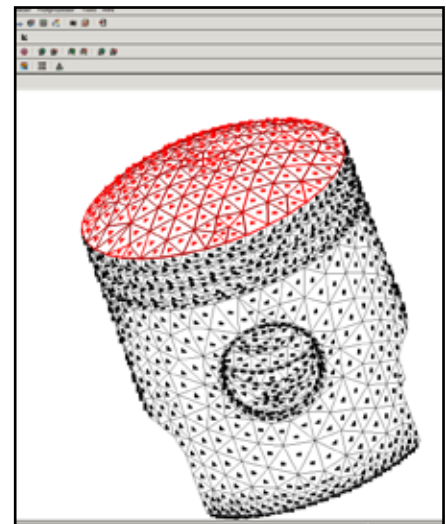
ist, das einen problemlosen Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen ermöglicht.

Anwender professioneller Software, wie etwa Pro/Engineer, haben noch mehr Möglichkeiten, ihre Bauteildaten an Z88Aurora zu übergeben. Zu nennen wären das Nastran-, das Cosmos- und das Ansys-Format. Aber auch diese Formate können vom jeweiligen Hersteller beliebig verändert werden. Aus diesem Grund sollte vor der eigentlichen Arbeit mit Z88Aurora ergründet werden, welches Exportformat problemlos in Z88Aurora eingelesen werden kann.

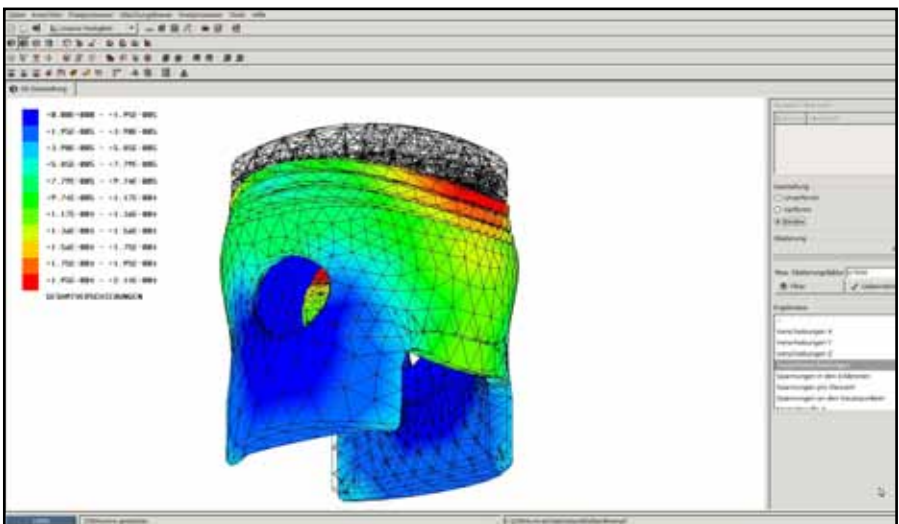
Bisher ist das Untersuchen von Bauteilen nach der FEM-Methode via Z88Aurora auf Einzelteile begrenzt. Das Programm ist leider noch nicht in der Lage, ineinander verbaute Bauteile auf ihre Wechselwirkung und das Verhalten bei Kräfteinwirkung zu berechnen. Doch sind auch mit einzelnen Bauteilen schon höchst

interessante Berechnungsversuche möglich. So lassen sich beispielsweise Werkzeuge, wie etwa Gabelschlüssel auf ihre Verformung untersuchen, wenn damit Schrauben angezogen werden. Aber auch die Verformung von Kurbelwellen oder Motorkolben unter Last ist simulierbar. Das Ergebnis der Berechnung lässt sich nahezu in Trickfilmqualität anschaulich ausgeben. Die einzelnen Sequenzen sind übrigens durch einfaches Verschieben eines Buttons anwählbar, was die Möglichkeit eröffnet, besonders interessante Stellen explizit zu untersuchen.

Die Handhabung von Z88Aurora ist zwar nicht eben einfach, doch auch nicht so schwer, dass man damit als Einsteiger überhaupt nicht zurecht kommen kann. Besonders für Einsteiger haben sich die Entwickler dieser Software viel Mühe gegeben, um die ersten Gehversuche zu er-



Nach dem Einlesen des Volumenmodells wird dessen Oberfläche vernetzt.



Das fertig durchgerechnete FEM-Modell präsentiert in anschaulicher Weise die zu erwartende Verformung des Bauteils bei Kräfteinwirkung.

leichtern. Wie es sich für ein Lehrsystem gehört, stehen zahlreiche PDF-Dateien zur Verfügung, die erläutern, wie mit Z88Aurora umzugehen ist, um die mitgelieferten Beispielzeichnungen beziehungsweise 3D-Demomodelle für FEM-Berechnungen zu nutzen.

Aber das ist noch lange nicht alles. Dem Nutzer wird auch mit verschiedenen Videofilmen gezeigt, was in Z88Aurora steckt und wie die Talente zu nutzen sind. Darüber hinaus zeigt die sogenannte Spider-Hilfe während der Arbeit mit Z88Aurora den jeweils nächsten Prozessschritt an und bietet einen Überblick über die erledigten sowie die noch auszuführenden Arbeitsschritte. Natürlich erhält der Bediener auch sinnvolle Fehlermeldungen wenn etwa vergessen wurde, dem Bauteil

weiter auf Seite 30

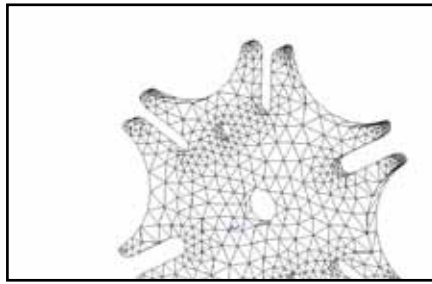


Z88Aurora kann zahlreiche Formate einlesen, darunter DXF, STL und STEP. STEP ist als genormtes Format zu bevorzugen.

Fortsetzung von Seite 15

vor der FEM-Berechnung einen Werkstoff zuzuordnen. Diese Zuordnung ist absolut notwendig, schließlich macht es schon einen Unterschied, ob das zu untersuchende Werkstück mit den Kennwerten von Aluminium oder Stahl durchgerechnet wird. Der Umgang mit Z88 ist also wie Autofahren: Mitdenken und Weitsicht sind gefragt. Die von den Programmierern angebotenen Hilfen sind ungemein wertvoll, sich in der Z88-Welt zurechtzufinden und Z88Aurora in kurzer Zeit sinnvoll einzusetzen.

In einem beeindruckenden Beispiel wird beispielsweise der Hubkolben eines Kraftfahrzeuges auf Druckbelastung getestet. Dabei wird deutlich, welchem Regelwerk die Bedienung von Z88Aurora folgt: Es müssen lediglich verschiedene Buttons und Eingabefelder von links nach rechts



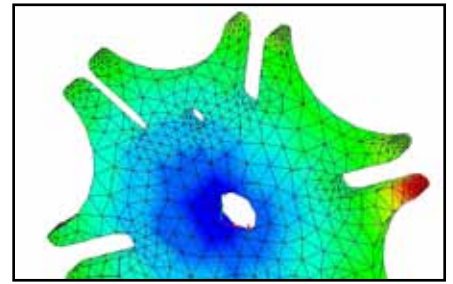
Das FEM-Netz besteht aus Dreiecken, die jedes für sich für die FEM-Berechnung herangezogen wird.

beziehungsweise von oben nach unten betätigt beziehungsweise mit Werten gefüllt werden.

### Bedienung mit Aha-Effekt

Dies bedeutet, dass in logischen Schritten eine 3D-CAD-Datei eingelesen wird, diese einen Netzüberzug erhält und schließlich die Berechnung der Verformung erfolgt, nachdem man der Datei ein Material und die Art und Richtung der einwirkenden Kräfte zugewiesen hat.

In Z88Aurora kann natürlich auch die Temperatur berücksichtigt werden, was in Kombination mit der Verformungssimulation bei Krafterwirkung noch realistischere Aussagen bezüglich des Verhaltens des Bauteils im realen Einsatz

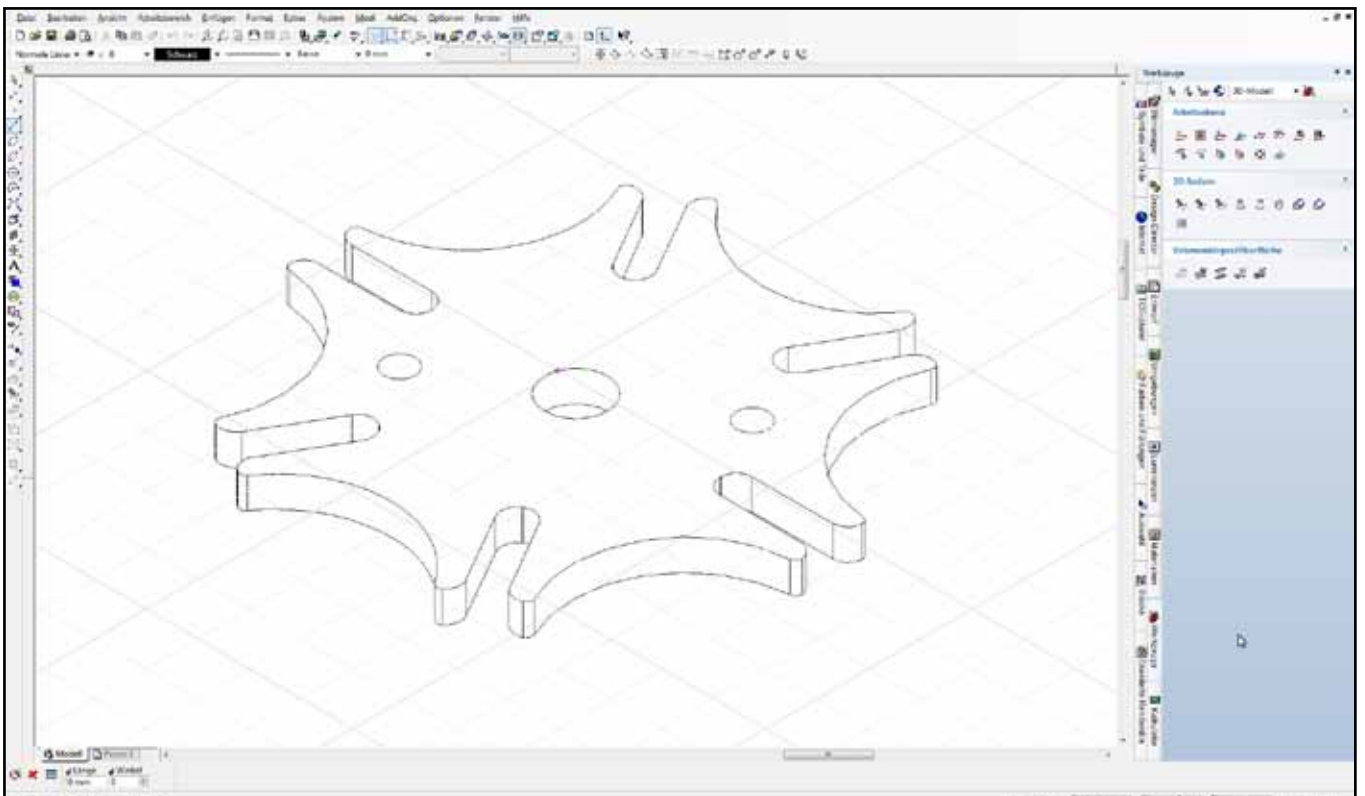


Das fertige Berechnungsergebnis zeigt, welche Kräfte am Teil wirken und ob eine Überlastung eintritt.

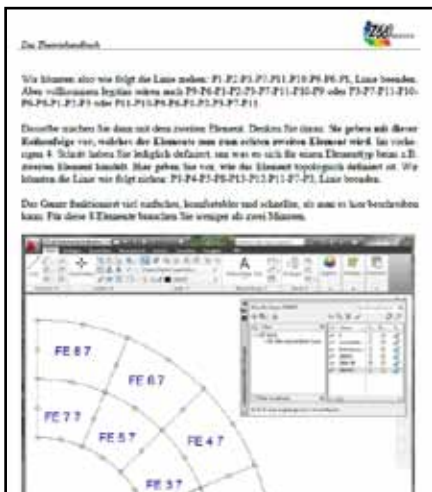
möglich macht. Man merkt, dass dieses System in der Ausbildung von angehenden Ingenieuren eingesetzt wird und daher die Handhabung so einfach wie nur möglich gehalten wurde.

Natürlich ist der Umgang mit einer FEM-Software nicht so einfach, wie mit einem Office-Programm. Schon die Erzeugung des Finite-Elemente-Netzes setzt einige Erfahrung bezüglich der nötigen Feinheit des Netzes voraus, was man sich jedoch mittels der Versuch-Irrtum-Methode aneignen kann.

Aufgeweckte Auszubildende im Metallsektor werden keine Probleme haben, im Programm ihre Mechanikkenntnisse unterzubringen. Dies ist eine wichtige Fähigkeit, die ein Bediener besitzen sollte, denn es gilt sogenannte Randbedingungen festzulegen, die beschreiben, wo Festla-



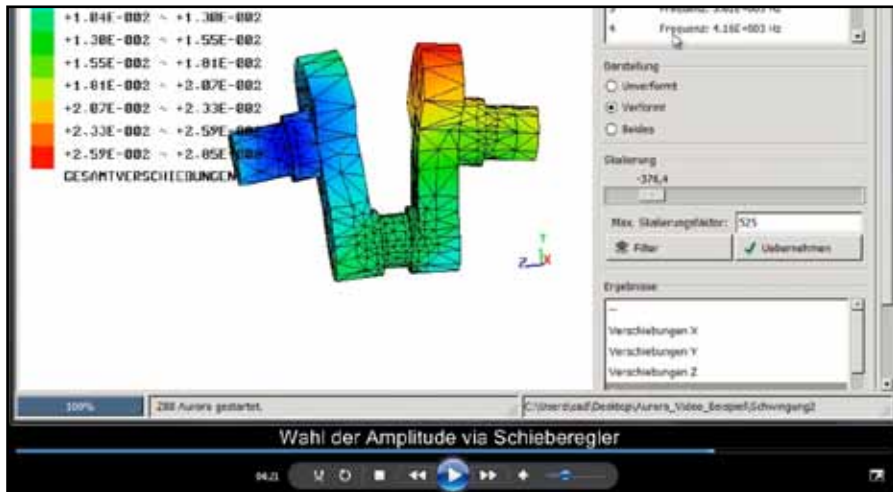
Selbst preisgünstige CAD-Programme, wie etwa TurboCAD von IMSI, sind geeignet, um 3D-Modelle zu erzeugen, die in Z88Aurora für FEM-Berechnungen verwendet werden können.



Gute PDF-Handbücher sorgen für einen umfassenden Einstieg in Z88Aurora.

ger sind beziehungsweise wo Kräfte auf das Bauteil wirken.

Z88Aurora ist auch für Programmierer von Interesse, da der Quellcode für eine einfachere Version der Software namens Z88V14 zugänglich ist. Z88V14 wurde von Prof. Rieg seit 1987 alleine programmiert, weshalb diese Version Open Source und der Quellcode verfügbar ist. Z88Aurora hingegen entstand mit »Steuergeldern« an der Uni Bayreuth, deshalb ist es zwar kostenlos verfügbar, der Quellcode ist jedoch nicht frei verfügbar. Wer die Programmiersprache C beherrscht, kann



Sehr gut gemachte Videos bereiten den Boden zum Verständnis von Z88Aurora. Diese Videos sind Pflicht, soll das FEM-Programm rasch produktiv eingesetzt werden.

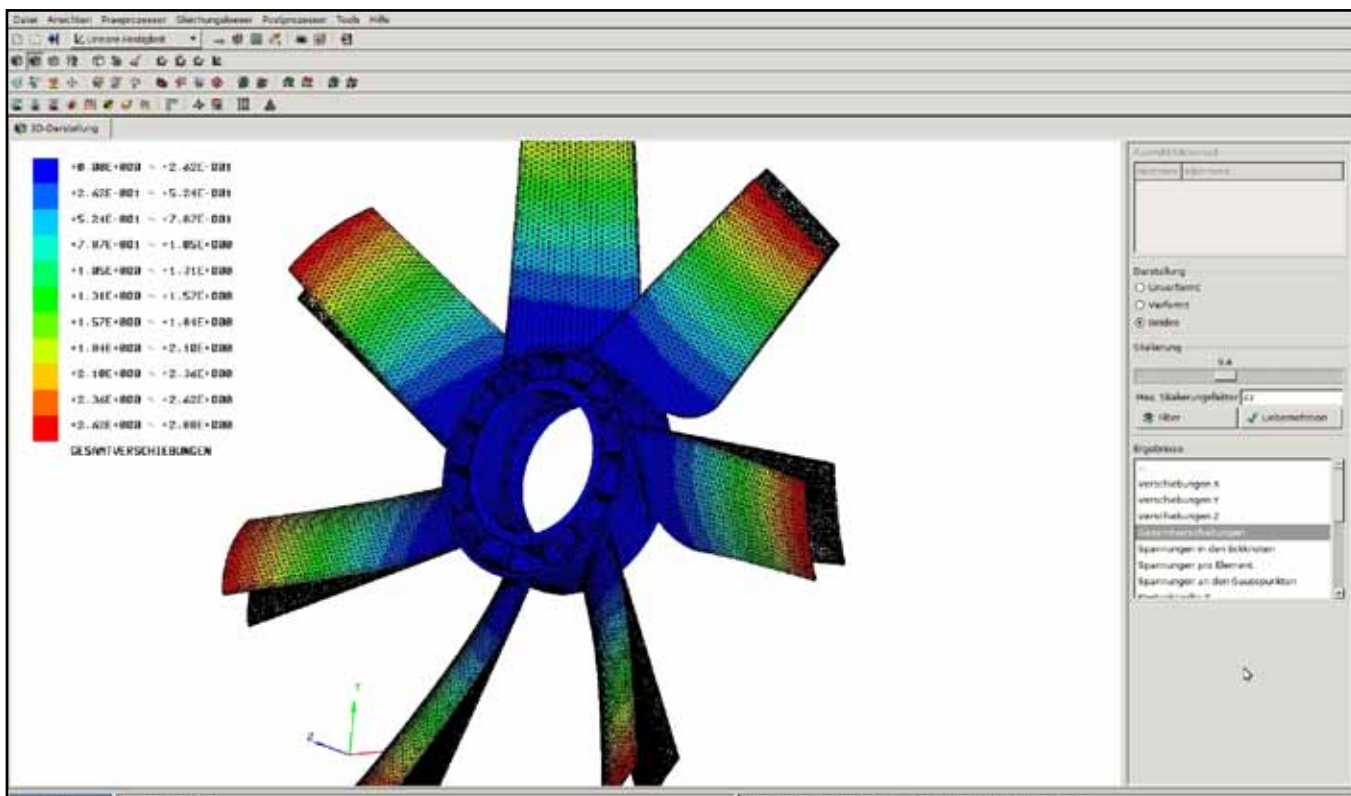
über Z88V14 nachvollziehen, wie Z88Aurora arbeitet. Natürlich sollten dann aber mathematische Grundlagen, wie etwa das Berechnen von Matrizen vorhanden sein, um den Code interpretieren zu können. Wer hier zuhause ist, kann sich sein eigenes System stricken, da Z88 mit allen C-Programmquellen sowie nmake-Files für Windows Visual Studio 2008 zurechtkommt.

Dies alles ist jedoch keinesfalls nötig, um mit dem System sinnvoll zu arbeiten. Es macht einfach ganz großen Spaß zu beobachten, was mit einem Bauteil passiert,

auf das Kräfte und Temperaturen einwirken. Wer von Hand die Verformung von Stahlträgern berechnet, kann dies gleich überprüfen und simulieren. Bleibt nur zu hoffen, dass den Z88-Machern in Bayreuth das bisher erreichte nicht genügt und irgendwann eine Version auf den Markt kommt, die noch einfacher handzuhaben und dann auch in der Lage ist, zusammengebaute Bauteile zu simulieren.



[z88.de](http://z88.de)



Durch FEM-Berechnungen können Bauteile hinsichtlich ihrer Eigenschaften sehr schnell optimiert werden. Z88Aurora eignet sich daher nicht nur für die Ausbildung, sondern kann bestens zur Verbesserung der eigenen Produkte eingesetzt werden.