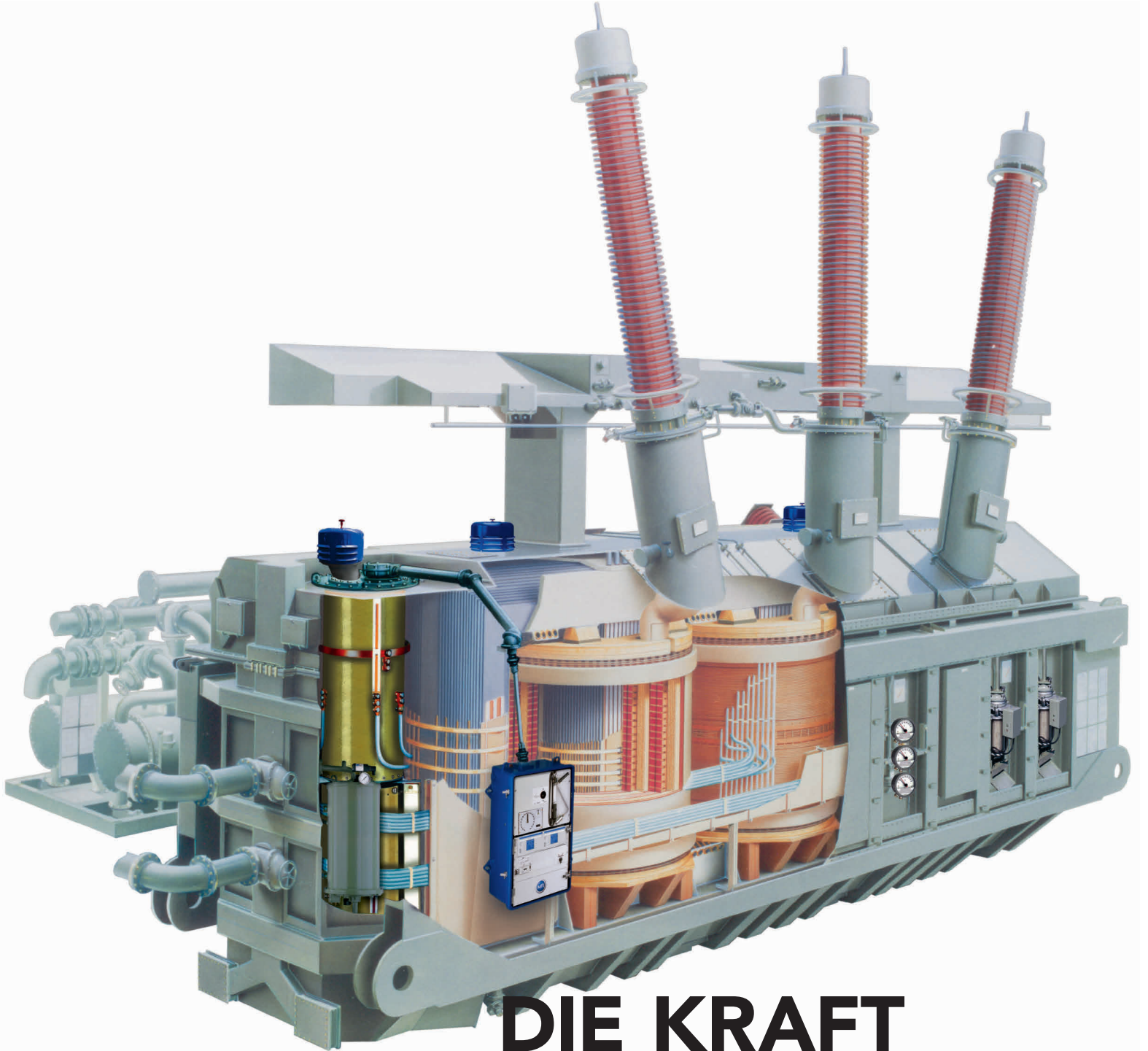




# CAD CAM



## DIE KRAFT DER SIMULATION

Automatisierte Simulation verbessert die Qualität  
und macht Überdimensionierung unnötig

# ZUVERLÄSSIGE HOCHSPANNUNGS- TECHNIK

**SIMULATION** – Stufenschalter müssen über Jahrzehnte zuverlässig funktionieren. Die Maschinenfabrik Reinhausen stellt dies mit automatisierter Simulation sicher.

von Gerhard Friederici, Cadfem

Seit rund 90 Jahren ist MR als Kürzel der Maschinenfabrik Reinhausen bei Transformatorenherstellern und -betreibern ein Begriff, der mit Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie Kompetenz und Expertenwissen verbunden wird, denn die Langlebigkeit der Stufenschalter von MR ist legendär. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass von allen jemals von MR gebauten Stufenschaltern mehr als 80 % auch heute noch in Betrieb sind.

Das Kerngeschäft von MR befasst sich mit der Regelung von Leistungstransformatoren, vor allem mit Hilfe von Stufenschaltern, die das Übersetzungsverhältnis der Primär- zur Sekundärwicklung an wechselnde Lastverhältnisse anpassen und eine störungsfreie Stromversorgung sicherstellen.

Das Regensburger Unternehmen mit weltweit 27 Tochter- und Beteiligungsgesellschaften hat im Geschäftsjahr 2012 mit et-

wa 2.700 Mitarbeitern einen Umsatz von 630 Millionen Euro erwirtschaftet. Um die weltweite Marktposition von MR anschaulich zu erläutern, erklärt Dr. Oliver Sterz, Manager Computer Aided Simulation bei MR: »Etwa 60 Prozent des weltweiten Stroms fließen durch Schalter von MR. Damit der Mehrwert für die Kunden noch weiter erhöht wird, bauen wir das Wissen zur optimalen Auslegung der Stufenschalter und zur Generierung neuer Lösungen kon-

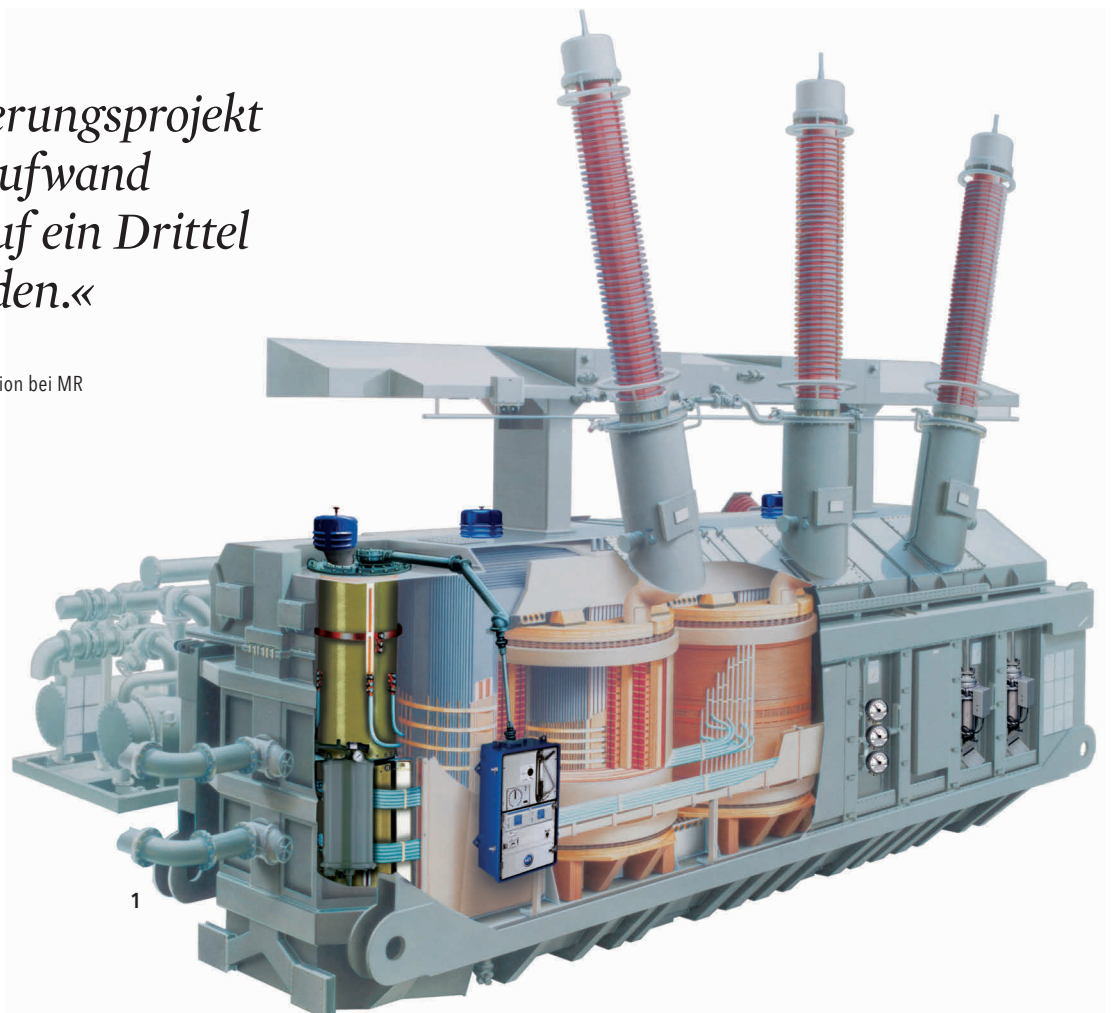
*»Mit dem Automatisierungsprojekt konnte der Zeitaufwand für die Berechnung auf ein Drittel reduziert werden.«*

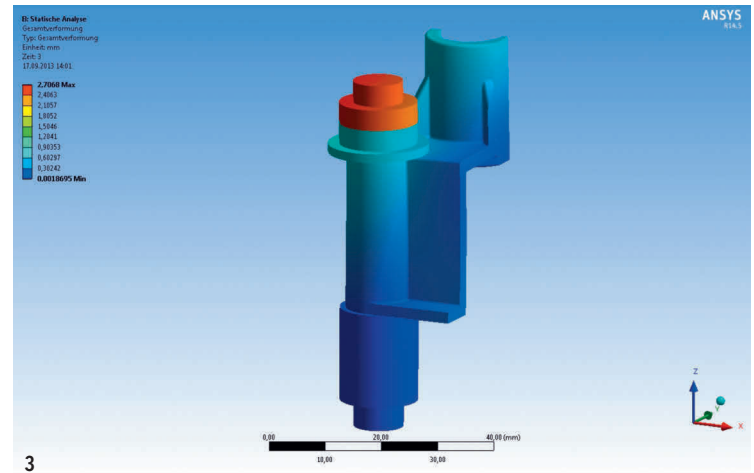
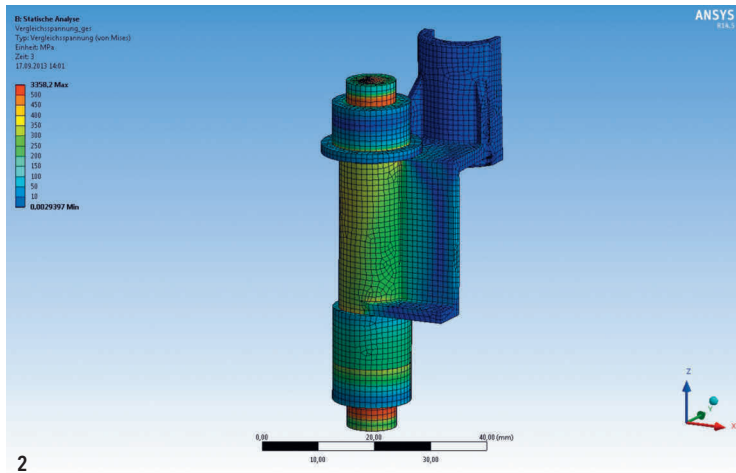
Dr. Oliver Sterz,  
Manager Computer Aided Simulation bei MR

1 Laststufenschalter sitzen in den riesigen Leistungstransformatoren, die in Umspannwerken die Stromversorgung sicherstellen.

2 Modell einer Schraubverbindung; Vergleichsspannung und ...

3 ... Verformung innerhalb der Baugruppe.





Bildquelle: Maschinenfabrik Reinhausen

tinuierlich aus.« Dazu gehören sowohl das theoretische als auch das praktische Know-how und letztendlich auch die verschiedensten simulationstechnischen Betrachtungen. Diese vertiefen das Verständnis der Vorgänge im Gesamtsystem aus Stufenschalter und Transformator.

### Verschraubungen sicher auslegen

Kontinuierliche Forschung und Entwicklung, auch mit Hilfe von Simulation, ermöglichen es den MR-Mitarbeitern, die bestehenden Produkte ständig zu optimieren und Innovationen für neue Produkte zu generieren. Da für das Schalten der elektrischen Energie viele mechanische Komponenten notwendig sind, zum Beispiel Federenergiespeicher, spielt auch die Qualität der Schraubverbindungen eine wichtige Rolle bei der Zuverlässigkeit und Langlebigkeit der Produkte. Folglich wird entsprechende Simulationssoftware für die sichere Auslegung von Schraubverbindungen eingesetzt. »Mit unserem bisherigen Workflow in der Konstruktion, mit dem wir die Berechnung der Schraubverbindungen nach VDI 2230 durchführten, konnten wir sowohl das Verhalten von Kunststoffkomponenten als auch von Spannscheiben und Tellerfedern nicht exakt berechnen«, erläutert Berechnungsingenieur Thomas Huber. »Deshalb ergänzten wir für die Berechnung von Schraubverbindungen die bei uns etablierte analytische Software durch Ansys.«

Die steigende Zahl von Anfragen an die Simulationsabteilung, Kunststoffkomponenten in Schraubverbindungen zu simulieren, führte dazu, dass über eine automatisierte Lösung nachgedacht wurde. Dies bot sich auch deshalb an, weil die Schraubverbindungen immer nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind. MR nutzt nicht nur Ansys als primäre Software für die mechanische Berechnung, sondern hat auch engen Kontakt zu Cadfem, dem Ansys Competence Center FEM. Beispielsweise wird auf Consulting-Dienstleistungen von Cadfem zurückgegriffen, wenn die Mitarbeiterkapazi-

täten von MR nicht ausreichen. Darüber hinaus werden von Cadfem projektbezogene Schulungen durchgeführt, um die Effizienz der Simulationsanwendungen bei MR zu erhöhen. Auch bei der Realisierung einer automatisierten Simulationslösung für Schraubverbindungen mit Ansys Workbench wurde auf das Know-how von Cadfem zurückgegriffen.

Neben statischen Effekten, die durch die Schraubenvorspannkraft in Form einer Flächenpressung entstehen, sollte die automatisierte Berechnung auch Langzeiteffekte wie das Kriechen der Kunststoffe berücksichtigen, da die Produkte von MR sehr langlebig sind und trotzdem jederzeit sicher funktionieren müssen. »Diese Effekte wurden bisher durch Überdimensionierung abgefangen«, berichtet der Berechnungsingenieur Jürgen Niesner, »aber jetzt wollen wir Schraubverbindungen von Kunststoffteilen unter anderem mit Simulation optimieren, beispielsweise um Baugrößen zu reduzieren. Dazu müssen wir die Grenzen der zulässigen Belastungen herausfinden, wobei natürlich Qualität und Sicherheit weiterhin höchste Priorität haben.«

### Vereinfachtes Modell entwickelt

Zur Vorbereitung der Automatisierung analysierten die FEM-Spezialisten bei MR, wie sich das CAD-Modell vereinfachen lässt, wie es zu vernetzen ist, mit welchen Richtwerten gerechnet werden soll und welche manuellen Eingaben jeweils notwendig sind. Anschließend stimmte man die Details nochmals mit Cadfem ab, bevor das Projekt schrittweise realisiert wurde. Die automatisierte Berechnung basiert auf einem vereinfachten parametrischen 3D-Modell, das im CAD-System über eine MS-Excel-Tabelle erzeugt wurde. Dieses standardisierte Modell enthält die benötigten Bauteile wie Schraube und Mutter sowie den Aufbau dazwischen, der sich aus Kunststoffbauteilen und gegebenenfalls Setzsicherungen wie Spannscheiben oder Tellerfedern zusammensetzt.

Thomas Huber erklärt: »Bezüglich der Flächenpressung werten wir die einzelnen Bauteile aus und analysieren die Kräfte, die im Schraubverband bei verschiedenen Temperaturen und nach vorgegebenen Zeitspannen der Temperaturbeaufschlagungen herrschen.« Der systematische Einblick, den die Ergebnisse ermöglichen, und die Variation der Analysen geben den Konstrukteuren ein besseres Verständnis für die Zusammenhänge, wie sich Schraubverbindungen in den unterschiedlichen Belastungssituationen verhalten.

Die entstandene Automatisierungslösung ist so konzipiert, dass sie auch von Konstrukteuren ohne FEM-Erfahrung eigenständig bedient werden kann. »Wir sind aber noch in der Lernphase, in der sie von den Berechnungsingenieuren umfassend getestet und wenn erforderlich angepasst wird«, berichtet Jürgen Niesner. »Denn einerseits ist die Kriechsimulation nicht trivial und andererseits arbeiten wir noch an der Verifikation und der Feinabstimmung unserer Materialmodelle.«

### Wichtige Einsichten gewonnen

Mit diesem Automatisierungsprojekt konnte der Zeitaufwand, den die Mitarbeiter für die Ansys Berechnung benötigen, auf etwa ein Drittel reduziert werden. Dr. Oliver Sterz sieht aber noch weitere Vorteile: »Zunächst haben wir wie erwartet unser Ziel erreicht und können jetzt auch die Federwirkung innerhalb einer Schraubverbindung automatisiert realistisch abbilden. Zusätzlich gewannen wir wertvolle Erkenntnisse sowohl bezüglich des Kriechverhaltens der Kunststoffbauteile als auch zur Realisierung von Automatisierungsprojekten. Damit ist die Schwelle für weitere Projekte dieser Art erheblich gesunken. Dabei war die sehr gute Zusammenarbeit mit Cadfem ein wichtiges Erfolgskriterium. Grundsätzlich sehen wir uns im Simulationsbereich nicht nur in Bezug auf die Auslegung von Schraubverbindungen für die Zukunft gut gewappnet.« (st) ■