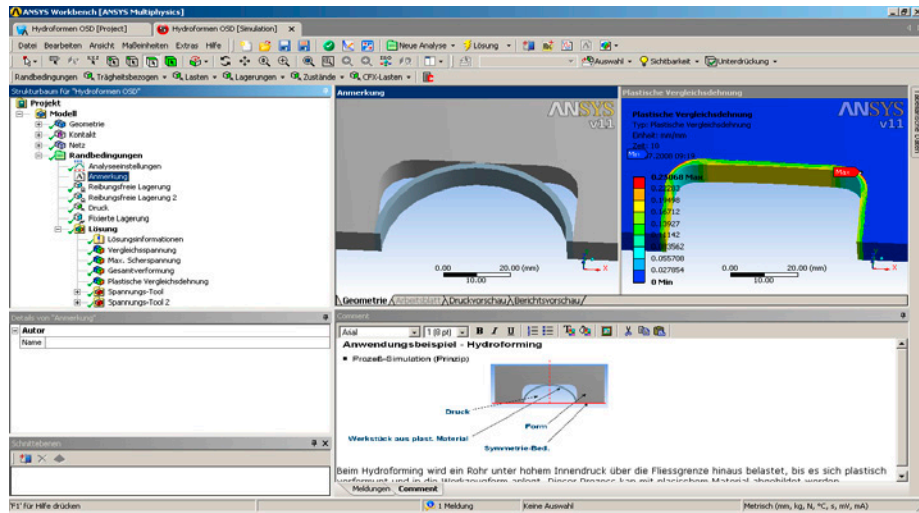


Analysen, die in ähnlicher Form immer wieder vorkommen, können auf verschiedene Weise standardisiert werden. Dies ist immer dann hilfreich, wenn Anwender eine stärkere Unterstützung brauchen, sei es, weil sie neu in die Thematik einsteigen, die FE-Software nur selten einsetzen oder die Modellbildung so anspruchsvoll ist, dass ein Berechnungsingenieur die Analyse aufbereiten muss.

Motivation

■ 5.1 Generische Lastfälle

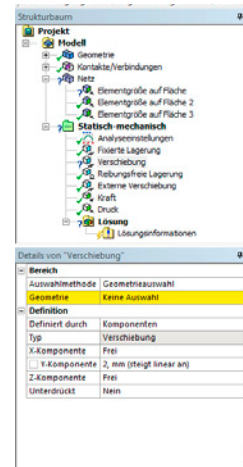
Die Modelle von Berechnungen mit ANSYS Workbench werden im Projektmanager abgelegt. Er enthält die komplette Definition von der Geometrie, über Materialeigenschaften, Kontakte, Lasten, Randbedingungen, Analyseart und Analyse-Einstellungen bis hin zu den Ergebnissen in Form von x-y-Graphen, Bildern und eines Berichts. Die assoziative CAD-Schnittstelle erlaubt den Austausch der ursprünglichen Geometrie durch eine neue, geänderte Variante. Auf diese Weise lässt sich eine einmal durchgeführte Analyse leicht auf eine andere Geometrien übertragen. So ließe sich beispielsweise das Rohr in unten gezeigter Hydroforming-Simulation durch ein anderes austauschen, alle sonstigen Definitionen können erhalten bleiben. Erklärende Textbausteine mit Grafiken innerhalb des Strukturbaums helfen weniger geübten Anwendern, die richtigen Definitionen vorzunehmen.



Unkomplizierte
Vorgehensweise

Ist die neue Geometrie aus der ursprünglichen Geometrie durch Änderungen hervorgegangen, sind nach dem Aktualisieren die Modelldefinitionen und ihre jeweiligen geometrischen Zuordnungen vollständig erhalten. Möchte man komplett neue Modelle ohne Bezug zur Originalgeometrie verwenden, kann man die Geometrie ebenfalls aktualisieren, es werden jedoch alle geometrischen Bezüge (Selektionen bei Lasten, Lagerstellen, manuelle Kontaktdefinitionen, manuelle Netzverfeinerungen etc.) aufgelöst. Der Status der jeweiligen Definition wird im Strukturbaum angezeigt.

Blaue Fragezeichen deuten darauf hin, wenn an einer Modelleigenschaft Angaben fehlen oder inkorrekt sind, so z. B. der Verlust einer geometrischen Zuordnung. Diese kann jedoch wiederhergestellt werden, indem die betreffende Geometrie selektiert und dann im Fenster „Keine Auswahl“ und anschließend „Anwenden“ verwendet wird.



Vorteile

- Musterlösung für beliebig komplexe Aufgabenstellungen
- Erläuterung von Modelldefinitionen durch detaillierte Kommentare inklusive Bildern und Links
- geringer Aufwand für Aufbereitung

Nachteile

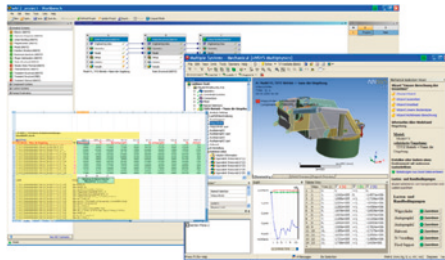
- Selektion bei neuen Modellen erforderlich
- Anwender brauchen Einblick in die Workbench-Philosophie

■ 5.2 Skriptprogrammierung

Durch Skriptsprachen lassen sich Objekte, die manuell in ANSYS Workbench definiert werden können, automatisch generieren. Dadurch lassen sich wiederkehrende Arbeitsschritte zusammenfassen und beschleunigen.

Vollautomatik

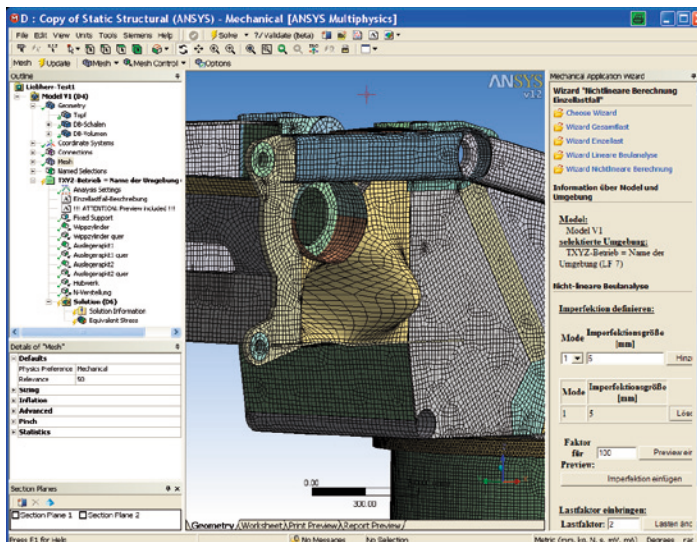
Beispiel: Liebherr Kranberechnungen



Ablaufplan mit
Lastdefinition in Excel

Aufgabenstellung

Die Berechnung einer Kranstruktur unterteilt sich in vier voneinander abhängige Einzelberechnungen. Neben einer statischen Berechnung mit mehreren Lastschritten erfolgt eine Einzellastschrittberechnung mit Pre-Stress, auf der eine lineare Beulanalyse aufgesetzt wird. Darauf erfolgt eine nichtlineare Berechnung mit Imperfektion, die wiederum aus den Verformungen der Beulanalyse resultiert. Für diesen Prozess muss der Berechnungsingenieur diverse Eingaben in ANSYS Workbench vornehmen und dafür Sorge tragen, dass die Daten von einer Berechnungsumgebung in die nächste ordnungsgemäß und fehlerfrei übertragen werden.



Lösung per Scripting

Durch die Integration von Assistenten mit den spezifischen Funktionen hat der Berechnungsingenieur nun die Möglichkeit, alle notwendigen Schritte auf einfache Weise durchzuführen. Neben den integrierten Funktionen zur Erstellung der einzelnen Berechnungsumgebungen besitzen die Assistenten auch Prüffunktionen, welche die Modellbäume und Benutzereingaben auf Richtigkeit kontrollieren.

Die Assistenten unterteilen sich in vier Bereiche:

- Einlesen der Belastungen aus einer Microsoft-Excel-Tabelle und Erstellung aller darin definierten Randbedingungen
- automatische Reduktion der Lastschritte auf einen zuvor definierten einzelnen Lastschritt
- Definition der Beulanalyse mit Datenhandling für die spätere Imperfektion
- Aufbringung der Imperfektion direkt auf das ANSYS Workbench-Netz mit Previewfunktion zur Darstellung der verformten Struktur

Nutzen für den Kunden

Durch die Integration der Prozessautomatisierung konnte zum einen die Zeit zur Erstellung der Umgebungen reduziert werden, zum anderen ist eine robuste Möglichkeit geschaffen worden, die Imperfektion direkt auf das ANSYS Workbench-Netz aufzubringen und in derselben Umgebung anzuschauen. Des Weiteren wurde die Fehleranfälligkeit gegenüber der Erstellung der einzelnen Berechnungsumgebungen per Hand reduziert.

Vorteile

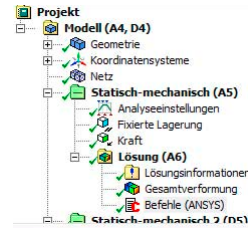
- hohe Flexibilität
- Anpassung der Workbench-Oberfläche an eigene Prozesse möglich
- starke Führung und Entlastung des Anwenders
- Automatisierte Abläufe beschleunigen den Simulationsprozess.

Nachteil

- Programmierung erforderlich

■ 5.3 Makrosprache Mechanical APDL

ANSYS Professional und alle weitergehenden Strukturmechanikprodukte ermöglichen den Eingriff in den Berechnungsprozess, indem den Objekten im ANSYS-Strukturbaum Makro-Funktionen zugeordnet werden, die während der Berechnung ausgeführt werden. APDL steht für ANSYS Parametric Design Language. Diese Makrosprache ist Fortran-ähnlich aufgebaut, sehr mächtig und ermöglicht die automatisierte Definition zusätzlicher Modellelemente wie z. B. Steifigkeiten zwischen Bauteilen, Lastverteilungen oder Import und Export in ASCII-Formaten. Auf diese Weise wurde beispielsweise der Export der verformten Geometrie aus einer FEM-Analyse zurück ins CAD-System über IGES realisiert.



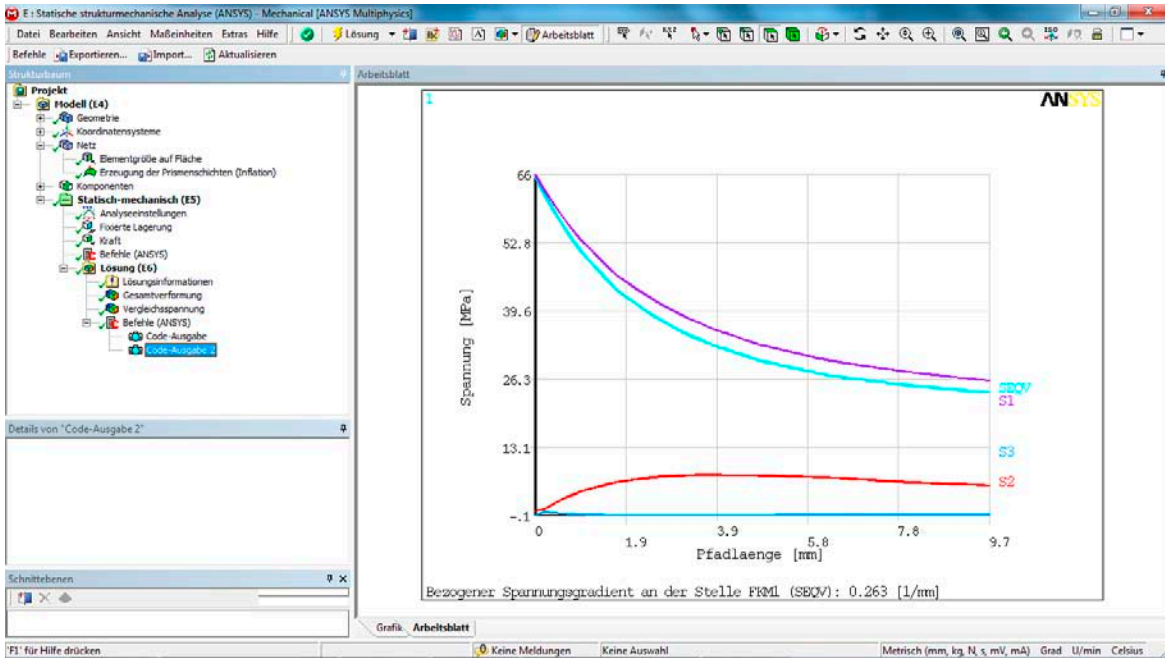
Auszug aus dem Makro (der vollständige Ablauf ist bei den Übungsmodellen im Projekt 23 *_APDL.WBPJ* enthalten):

NSEL,S,EXT	! ALLE EXTERNEN KNOTEN SELEKTIEREN
*GET,NN,NODE,,COUNT	! ALLE EXTERNEN KNOTEN ZÄHLEN
*DO,I,1,NN	! SCHLEIFE ÜBER ALLE EXTERNEN KNOTEN
*GET,NMIN,NODE,,NUM,MIN	! KLEINSTE KNOTENNUMMER DER SELEKTIERTEN KNOTEN ERMITTELN
K,NMIN,NX(NMIN),NY(NMIN),NZ(NMIN)	! GEOMETRIEPUNKT AM ORT DES KNOTENS ERZEUGEN
NSEL,U,,,NMIN	! KNOTEN DESELEKTIEREN
*ENDDO	! NÄCHSTEN KNOTEN VERARBEITEN

Die mit diesem APDL-Makro erzeugte, verformte Geometrie aus einer ANSYS-Berechnung kann in CAD-Systeme eingelesen werden, um z. B. Kollisionsbetrachtungen am verformten Bauteil durchzuführen.

Werden in APDL geometrische Zuordnungen benötigt, können in ANSYS Workbench Komponenten (siehe Abschnitt 8.5.1.2) definiert werden. Es stehen dann Knotenkomponenten mit diesen Namen zur Verfügung, die in der Makrosprache weiterverarbeitet werden können (CMSEL-Kommando).

Neben dem Export von Daten ist die Automatisierung von Abläufen eine typische Anwendung der APDL-Makrosprache. Bei der manuellen Betriebsfestigkeitsbewertung wird beispielsweise der Spannungsgradient im Ort der Maximalspannung senkrecht zur Oberfläche gefordert. Eine manuelle Pfaddefinition ist nicht nur ungenau, sondern auch mit einigem Aufwand verbunden, da für jeden Lastfall und jeden auszuwertenden Hotspot der Beginn und Ende des Pfades definiert werden müssen. Es wurde daher ein Makro erzeugt, das für eine beliebige Zahl von durch Komponenten markierte Flächen (FKM1, FKM2 usw.) jeweils den Ort der Maximalspannung sucht, die Senkrechte zur Oberfläche berechnet, die Spannungen darauf mappt und ausgibt (siehe Musterlösung 23).



Zur Einarbeitung in die Makrosprache und zum Nachschlagen sind die folgenden beiden Kapitel der Hilfe gute Anlaufstellen:

- `//Mechanical APDL//ANSYS Parametric Design Language Guide`
- `//Mechanical APDL//Command Reference`

■ 5.4 FEM-Simulation mit dem Web-Browser

Sind ähnlich ablaufende Analysen in großer Zahl von einer Vielzahl von Anwendern durchzuführen, bietet die Automatisierung von Analysen gute Möglichkeiten einer sicheren Anwendung (auch für komplexe Aufgabenstellungen). Auch wenn solche Analysen automatisiert auf dem Rechner des Anwenders ablaufen, ist die Installation der ANSYS-Software nebst individuellen Automatismen, die Konfiguration der Software, die Verfügbarkeit von Daten (CAD-, Material- und Messdaten), die Nutzung geeigneter Rechnerressourcen und die Organisation der Ergebnisdaten oft eine gewisse Herausforderung. Das Erstellen von automatisch zu installierenden Installationspaketen, deren Verifikation und Verteilung sowie die Ausstattung einer großen Zahl von Rechnern mit geeigneter Hard- und Software bremst den Einsatz – gerade bei sporadischer Nutzung – dann oft etwas, sodass das Potential einer konstruktionsnahen Anwendung nicht voll ausgeschöpft wird.

Für solche Fälle bietet ANSYS mit dem Engineering Knowledge Manager (EKM) eine Plattform, die IT und Berechnungsspezialisten bei der Organisation der Daten und Prozesse auf Basis von Web-Technologie unterstützt. Generische Workflows, für die entsprechende Berechnungsabläufe definiert, parametrische Simulationsmodelle aufgebaut und – bei Bedarf – unternehmensspezifische Automatismen für ANSYS erstellt wurden, lassen sich mit geringem Aufwand in eine Web-Applikation überführen. Mit einer solchen Web-Applikation kann der Anwender z.B. in der Konstruktion oder im Versuch einen von den Berechnungsexperten bereitgestellten Simulationsablauf im Web-Browser nutzen, um das Verhalten seines Produktes per Simulation zu optimieren. Dabei ist keine dezentrale Software-Installation erforderlich, da ANSYS EKM dafür sorgt, dass die Eingaben des Anwenders auf zentral verfügbaren Rechnersystemen abgearbeitet werden. Durch die geringen Systemanforderungen der Webapplikation, lässt sich die Analyse auch über mobile Geräte wie Tablets oder Smartphones steuern und ermöglicht so eine schnelle und flexible Reaktion der Entwicklung auf die Anforderungen an die Produktentwicklung. ANSYS EKM setzt die Eingaben des Anwenders auf dem zentralen Compute-Server anhand der von Berechnungsexperten festgelegten Arbeitsprozesse in Simulationen um, die nacheinander oder simultan – je nach verfügbaren Ressourcen – abgearbeitet werden. Die Ergebnisse der Analysen werden in Form von Ergebnisberichten per Email automatisch an den Anwender zurückgesendet. Neben der sicheren Handhabung sind die geringen Voraussetzung für eine Nutzung dieser Vorgehensweise wesentliche Vorteile gegenüber interaktiven, über Assistenten geführte Arbeitsprozesse.