

## WITg Fact-Sheet: Strukturmechanische FEM-Simulation

### Allgemeines

Wenn es um die Nachbildung realer Betriebsbedingungen geht, ist die numerische Simulation eine Möglichkeit, mit der Erkenntnisse gegebenenfalls ohne experimentelle Untersuchungen oder in reduziertem Umfang letzterer erlangt werden können.

Wenn ein System durch analytische Berechnungen nicht mehr abbildbar ist, kann eine computergestützte Modellierung und Abstraktion der Problemstellung weiterhelfen.

Strukturmechanische Simulationen kommen bei der Berechnung von Beanspruchungen, die wiederum für den Festigkeitsnachweis von Bedeutung sind, zum Tragen. Die Grundlage der numerischen Struktursimulation, auf welcher die meisten nichtkommerziellen und kommerziellen Programme basieren, bildet in aller Regel die Finite Elemente Methode (FEM).

Bei der FEM wird die Bauteilstruktur durch eine Vielzahl von Elementen vernetzt, welche wiederum aus Elementknoten zusammengesetzt sind. Die Verschiebungen an den Elementknoten sind die primären Ergebnisgrößen einer FEM-Berechnung. Zwischen den Elementknoten sind die Verschiebungsverläufe durch vorgegebene Ansatzfunktionen angenähert. Aus den Verschiebungen abgeleitete Größen sind Verzerrungen (d.h. Dehnungen und Gleitungen) und Spannungen.

Folglich ist die FEM eine elementbasierte Näherungsmethode und für den Anwender spielt das Konvergenzverhalten in Abhängigkeit der Elemente- und Knotenanzahl eine sehr wichtige Rolle.

### Eckpunkte zur FEM-Berechnung

- In der Regel linear-elastische bzw. bei Bedarf nichtlineare FEM-Berechnung (Plastizität, große Verformungen)
- Überprüfung des Konvergenzverhaltens der Verschiebungen und Spannungen
- Plausibilitätsüberprüfung durch Handrechnungen
- Validierung der Simulationsmodelle gegebenenfalls durch Versuchsabgleiche
- Ergebnisauswertung z.B. durch Betriebsfestigkeitsbewertung
- Konstruktive Lösungsvorschläge via nachgeschaltete Optimierungsberechnungen

### Durchführung/Vorgehen

- Datenerfassung - Modellierung - Berechnung - Überprüfung - Auswertung/Darstellung - Schlussfolgerung

### Einflussfaktoren auf die Ergebnisgüte

- Detaillierungsgrad des virtuellen Modells
- Netzgüte des FEM-Modells
- Zugrunde liegende Theorie/Lösungsansätze
- Güte von Datensätzen (wie z.B. Lastannahmen)
- Setzung und Eigenschaften von Randbedingungen
- Materialspezifikation/Materialcharakterisierung

### Vorteile

- + Virtuelle Untersuchungen noch vor praktischen Tests
- + Prüfung einer Vielzahl an Konzepten in kürzester Zeit
- + Besseres Verständnis von Produktdesigns und Ergebniseinflüssen
- + Zeit- und Kosteneinsparung im Produktentwicklungsprozess
- + Produkte sicherer, leichter, leistungsfähiger, effizienter gestalten
- + Verifizierung und Validierung von Material- und Bauteilprüfungen
- + Mit „einfachen“ Mitteln lösungsorientiert Trends aufzeigen

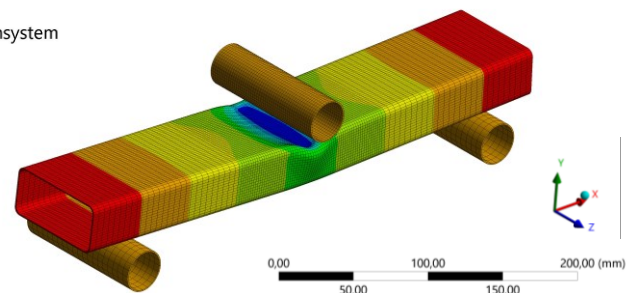
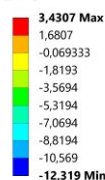
### Nachteile

- Kosten für Soft- und Hardware
- Physikalische Realität gegebenenfalls nur mit erheblichem Aufwand oder gar nicht abbildbar
- Ergebnisinterpretation erfordert viel Erfahrung beim Nutzer auch auf dem Gebiet der theoretischen Grundlagen

### Praxisbeispiele für strukturmechanische FEM-Simulation

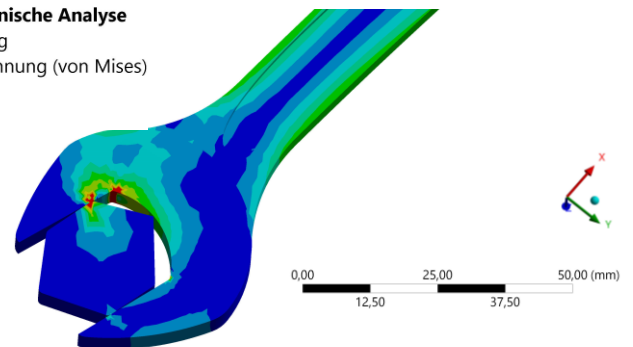
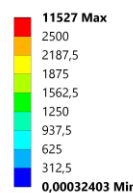
#### B: 3-Point bending\_plastic-deformation

Verschiebungskomponente  
Typ: Verschiebungskomponente(Y-Achse)  
Einheit: mm  
Globales Koordinatensystem  
Zeit: 2 s



#### B: Statisch-mechanische Analyse

Vergleichsspannung  
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)  
Einheit: MPa  
Zeit: 1 s



### Ihre Ansprechpartner für strukturmechanische FEM-Simulation

**Prof. Dr.-Ing. Lazar Bošković**  
l.boskovic@witg.ch, +41 71 666 42 03

**M. Eng. Jörg Straub**  
j.straub@witg.ch, +41 71 666 42 09

#### Weiterführende Literatur:

- Y. Deger: *Die Methode der Finiten Elemente – Grundlagen und Einsatz in der Praxis*. 8. Auflage. Renningen: expert Verlag, 2017
- K. Knothe, H. Wessels: *Finite Elemente – Eine Einführung für Ingenieure*. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2017
- B. Klein: *FEM – Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau*. 10. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2015