

WITG Factsheet: Strukturmechanische FEM-Simulation

Allgemeines

Wenn es um die Nachbildung realer Betriebsbedingungen geht, ist die numerische Simulation eine Möglichkeit, mit der Erkenntnisse allenfalls 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 Ergebnisse

- 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

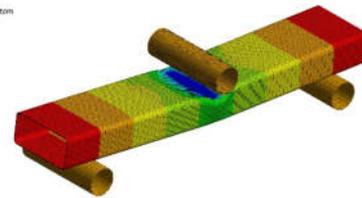
- Kosten für Soft- und Hardware
- Physikalische Realität gegebenenfalls nur mit erheblichem Aufwand oder gar nicht abbildbar
- Ergebnisinterpretation erfordert viel Erfahrung beim Nutzer auch auf dem Gebiet der theoretischen Grundlagen

Praxisbeispiel für strukturmechanische FEM-Simulation

B: 3-Point bending, plastic-deformation

Verschiebungskomponente
 Typ: Verschiebungskomponente (Y-Achse)
 Einheit: mm
 Globales Koordinatensystem
 Job: 2.9
 27.04.2022 12:08

3,4387 Max
 1,0807
 -0,06933
 -1,8193
 3,5694
 -5,3194
 -7,0694
 8,8194
 -10,569
 12,319 Min

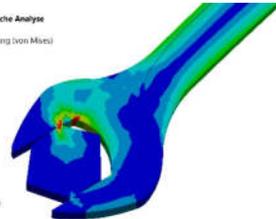


0,00 50,00 100,00 150,00 200,00 (mm)

B: Statisch mechanische Analyse

Vergleichspannung
 Typ: Vergleichspannung (von Mises)
 Einheit: MPa
 Job: 1.9
 13.04.2022 11:25

15327 Max
 2500
 2187,5
 1875
 1562,5
 1250
 937,5
 625
 312,5
 0,0002403 Min



0,00 12,50 25,00 50,00 (mm)

Ihr 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