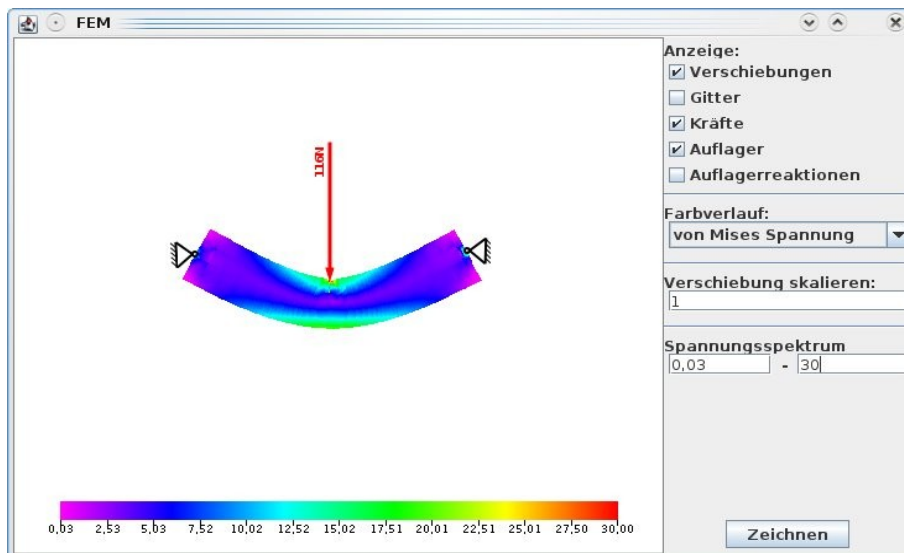


Handbuch Verformungs - und Spannungsberechnung im 2D-Kontinuum



Stefanos Tsoukalas
Lehrstuhl für Numerische Mechanik
Technische Universität München

1 Einführung

Dieses Programm bietet die Möglichkeit Verformungen und Spannungsverläufe, die durch verschiedene Belastungsfälle entstehen, zu analysieren. Die Berechnungen basieren auf die lineare/nichtlineare Elastizitätstheorie und werden mit der Finite-Elemente-Methode durchgeführt.

2 Programmaufbau

Das Programm besteht aus zwei Teilen: einer Eingabeoberfläche zum Zeichnen der Körper und Anbringen der Belastungen, sowie einer Oberfläche zur Analyse der Ergebnisse. Zwischen den Oberflächen wird durch die entsprechenden Buttons gewechselt.

3 Eingabe

3.1 Rechteck/Ellipse



Der Zeichenvorgang wird durch Drücken der linken Maustaste initiiert und durch Loslassen der Maustaste abgeschlossen.

3.2 Polygon



Durch jeden Linksklick wird eine neue Ecke des Polygons hinzugefügt. Der Zeichenvorgang wird durch einen Doppelklick abgeschlossen oder durch einen Rechtsklick abgebrochen.

3.3 Löschmodus



Der Löschmodus wird durch Klick auf das entsprechende Symbol aktiviert / deaktiviert. Befindet man sich im Löschmodus können die restlichen Zeichenwerkzeuge verwendet werden um Formen aus dem bereits gezeichneten Körper zu entfernen.

3.4 Auflager



Auflager werden durch Drücken der linken Maustaste platziert. Bevor die Maustaste losgelassen wird, kann durch Bewegen der Maus die Richtung des Auflagers eingestellt werden.

3.5 Einzellast



Das Anbringen von Kräften funktioniert wie das Anbringen von Auflagern. Zusätzlich kann hier während der Ausrichtung auch die Größe der Kraft

eingestellt werden.

4 FEM Einstellungen

Hier werden die Einstellungen für die FEM-Berechnung bestimmt. In den meisten Fällen können bereits durch die Voreinstellungen gute Resultate erzielt werden.

4.1 Elementgröße

Für die FEM-Berechnung ist es notwendig, ein Gitter auf der Körperoberfläche zu generieren. Durch die Elementgröße kann der Abstand zwischen den Knotenpunkten des Gitters eingestellt werden. Dies ist jedoch nur ein Mittelwert und wird nicht in jedem Element eingehalten. Kleinere Elemente erhöhen die Genauigkeit der Berechnung, führen aber auch zu längeren Rechenzeiten und größerer Speicherauslastung.

4.2 Materialeigenschaften

Durch das E-Modul und die Poissonzahl werden die Eigenschaften des Materials bestimmt.

4.3 Simulation

Für die Berechnung kann die lineare oder die nichtlineare Elastizitätstheorie verwendet werden. Im Rahmen einer nichtlinearen Simulation werden Nichtlinearitäten aufgrund der Geometrie und des Gleichgewichts im deformierten Zustand berücksichtigt. Es wird jedoch weiterhin linear-elastisches Materialverhalten angenommen.

Bei einer nichtlinearen Simulation entstehen nichtlineare Gleichungen, die numerisch mit dem Newton-Verfahren gelöst werden. Um eine bessere Konvergenz des Verfahrens zu erzielen, besteht die Möglichkeit, die äußeren Lasten iterativ zu erhöhen und den Gleichgewichtszustand in jedem Schritt zu berechnen. Die Anzahl der Iterationsschritte kann unter "Schritte" eingegeben werden.

4.4 Funktionen

Die Verformung des Körpers wird durch eine Linearkombination von Ansatzfunktionen beschrieben, die für jedes Element bestimmt wird. Es kann zwischen linearen und quadratischen Ansatzfunktionen gewählt werden.

Quadratische Ansatzfunktionen liefern genauere Ergebnisse, führen aber auch zu längerer Berechnungszeit und benötigen mehr Speicherressourcen als lineare Ansatzfunktionen. Weiterhin ist zu beachten, dass bei Dreieckselementen und linearen Ansatzfunktionen nur stückweise konstante Spannungsverläufe entstehen. Deswegen ist diese Kombination für die Untersuchung des Spannungszustands nicht

zu empfehlen.

4.5 Gittertyp

Der Körper kann in dreieckige und viereckige Elemente aufgeteilt werden, wobei viereckige Elemente bei gleicher Elementgröße und gleicher Ordnung der Ansatzfunktionen genauere Ergebnisse liefern als Dreieckselemente.

5 Analyse

Durch Klick auf “Berechnen“ werden die Verformungen und Spannungsverläufe für den eingegebenen Belastungsfall ermittelt. Nach Abschluss der Berechnung erscheint die Analyseoberfläche und der Körper wird im verformten Zustand dargestellt.

5.1 Anzeige

Verschiebungen: Schaltet die Darstellung der Körperverschiebungen ein/aus. Für die Untersuchung der Spannungsverläufe empfiehlt es sich die Verschiebungen auszuschalten, da dadurch schneller zwischen den Verläufen gewechselt werden kann.

Gitter: Für die Berechnung generiertes Gitter anzeigen/verstecken.

Kräfte: Angebrachte Lasten anzeigen/verstecken.

Auflager: Auflager anzeigen/verstecken.

Auflagerreaktionen: Auflagerreaktionen neben den Auflagern anzeigen / verstecken.

5.2 Spannungsverläufe

Über die Auswahlbox “Farbverlauf“ wird der darzustellende Spannungsverlauf bestimmt. Die Spannungswerte werden in Farbwerte umgerechnet und auf dem Körper dargestellt.

Der Wertebereich der Spannungen, auf den die Farben verteilt werden, kann durch die Werte unter Spannungsspektrum bestimmt werden. Spannungen die größer/kleiner als die maximale/minimale eingegebene Spannung sind, erhalten die Farbe rot/violett.

5.3 Verschiebung skalieren

Die dargestellten Verformungen können mit einer beliebigen Ganz- oder Gleitkommazahl multipliziert werden. Beim linearen Elastizitätsmodell entspricht das einem Lastzustand, in dem alle Kräfte mit dem entsprechenden Faktor multipliziert wurden. Bei einer nichtlinearen Simulation haben die dadurch dargestellten Verschiebungen dagegen keine Bedeutung.