

# Erweitern der Funktionalität kommerzieller Finite-Elemente-Programme

## Implementierung eines analytischen Seilelements in ANSYS

Autor: Christopher Colling

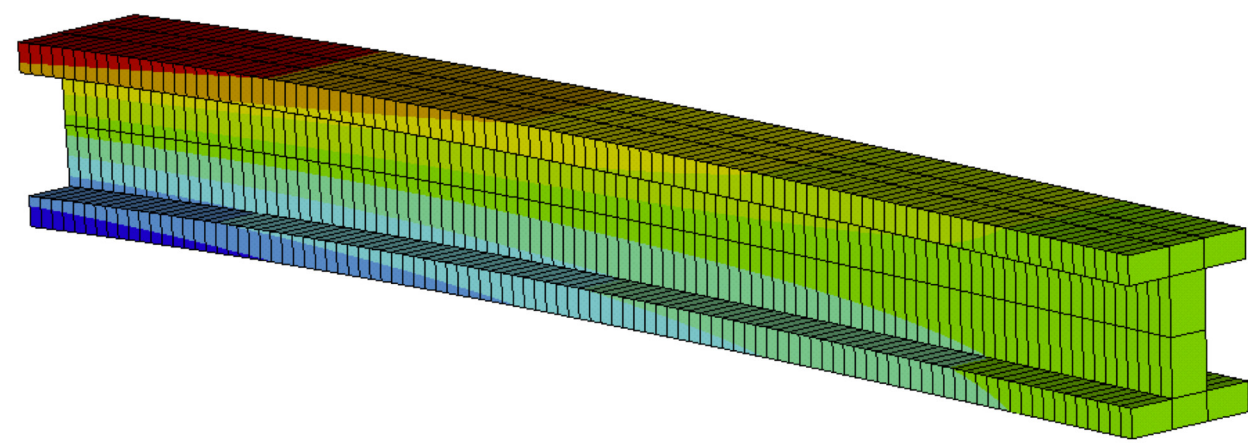


Abbildung 1: Verlauf der Zug- und Druckspannungen an einem belasteten Doppel-T-Träger

### Finite-Elemente-Methode; was ist das?

Die **Finite-Elemente-Methode** (FEM) stellt das umfassendste Berechnungswerkzeug im Ingenieurwesen dar. Hochkomplexe Problemstellungen können in endlich viele Elemente, „die Finiten Elemente“ (FE), aufgeteilt und elementweise berechnet werden (Abb.1). Dabei ist das physikalische Verhalten eines einzelnen Elements einfach zu berechnen, die Lösung des Gesamtsystems ergibt sich als Lösung eines meist sehr großen Gleichungssystems.

### Warum eigene Elemente?

Mit den in FE-Software implementierten Elementen lassen sich nahezu alle physikalischen Verhaltensweisen abbilden. Es gibt jedoch einige spezifische Problemstellungen, die sich nur unzureichend oder auch gar nicht mit herkömmlichen Elementen lösen lassen. Besonders in den Bereichen Forschung und Entwicklung bietet die Möglichkeit, benutzerdefinierte Elemente zu verwenden, einen enormen Vorteil.

### Ablauf und Voraussetzungen

Zur Implementierung eigener Elemente in ANSYS, einem weit verbreiteten FE-Programm, sind

1. das mathematische Modell des Elements,
2. Programmierkenntnisse in FORTRAN,
3. „**A**nsys **P**arametric **D**esign **L**anguage (APDL)“-Kenntnisse,
4. „**U**ser **P**rogrammable **F**eature (UPF)“-Kenntnisse

erforderlich.

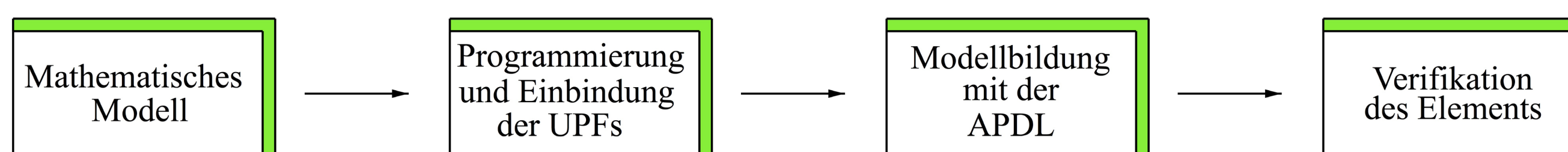


Abbildung 2: Ablauf der Implementierung

### Beispiel: Implementierung eines analytischen Seilelements

Seile lassen sich durch ihr starkes geometrisch nichtlineares Verhalten mit herkömmlichen Elementen (z.B. Stabelementen) (Abb.3) nur unzureichend und mit enormem Rechenaufwand berechnen. In den meisten Fällen ist gar keine Lösung möglich [FROE96].

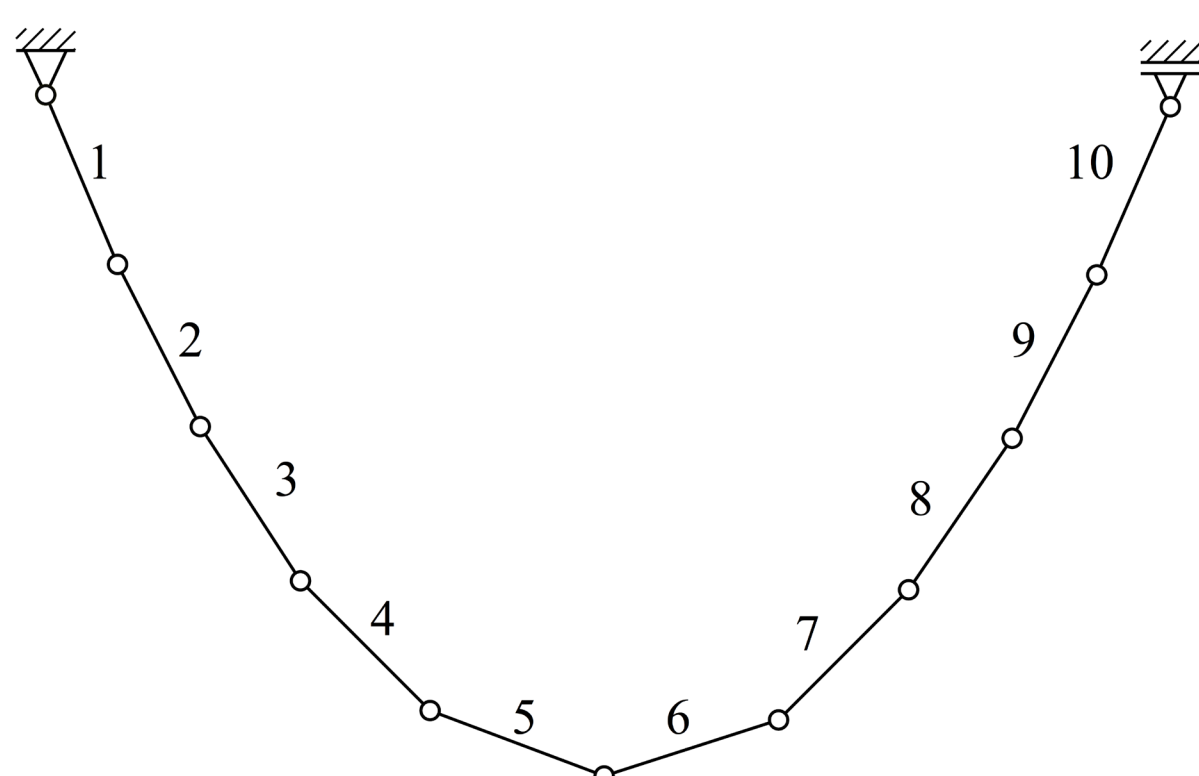


Abbildung 3: Mit Stabelementen modelliertes Seil

Möchte man z.B. die Gleichgewichtslage eines einzelnen Seils bestimmen, das links an einem Festlager und rechts an einem Loslager aufgehängt ist und an dem wie eingezeichnet eine Kraft angreift (Abb.4), liefert eine Modellierung über Stabelemente kein Ergebnis.

Das implementierte Seilelement findet dagegen die gesuchte Gleichgewichtslage in 7 Iterationsschritten [FROE96].

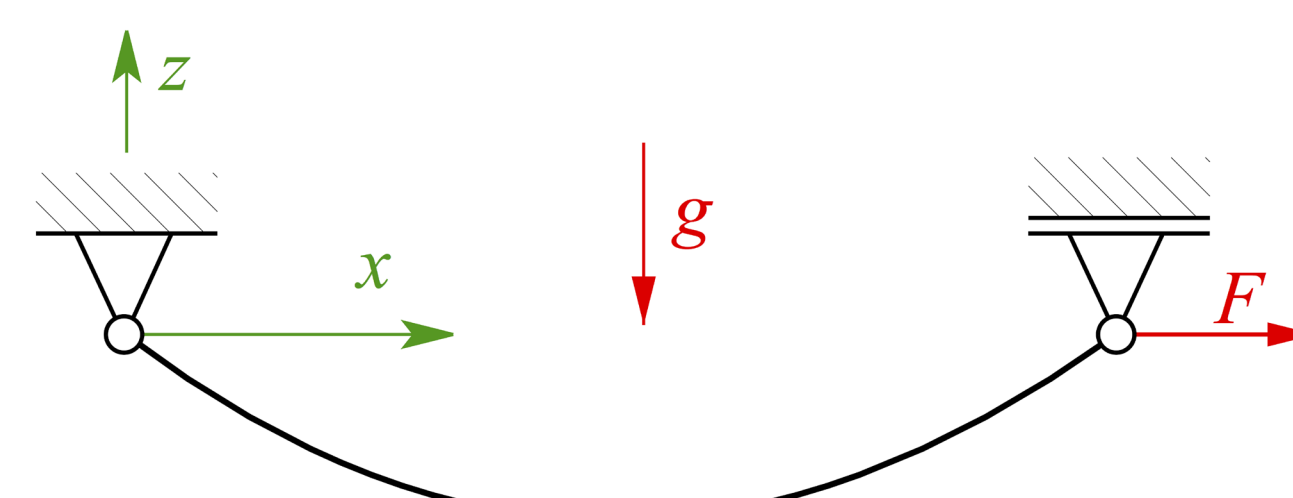


Abbildung 4: Gleichgewichtslage eines Seils ermitteln [FROE96]

[FROE96] Fröhling, Dirk  
Ein Beitrag zur geometrisch nichtlinearen Statik von ungespannten Seilnetzen; Göttingen: Cuvillier Verlag, 1996