

BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences

Explizite Finite Elemente Methode

LV01: Masterkurs für MK-M, ME-M und PE-M

Begriffe und Modellbildung zur numerischen Simulation

Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Kleinschrodt
FB VIII: Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik

Gute Ratschläge

- „Wer die Wahrheit sucht sollte sich auf Neuerungen einlassen und nie aufhören zu fragen.“
- „Man sollte alles so einfach wie möglich machen, aber nicht einfacher!“
- „Zur Lösung eines Problems sind 5% Inspiration und 95% Transpiration erforderlich!!“

nach Albert Einstein

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV01: Explizite FEM

Computersimulation

```

    graph LR
      A[Problem  
Technisch-Wissenschaftliche  
Aufgabenstellung] --> B[Modell  
Abstraktion der  
Realität]
      B --> C[Simulation  
Experiment]
  
```

- das Experiment am Rechner (virtuelles Labor)
- die 3. Säule der Wissenschaft neben Theorie und Versuch

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV01: Explizite FEM

Numerische Simulation ist ...

- wirtschaftlich** (im Vergleich zum Versuch)
- ungefährlich** (für Mensch und Umwelt)
- schnell** (und hoffentlich auch zutreffend)
- einfach beeinflussbar** (parametrisierbar)
- wenig stör anfällig** (sofern Lösung konvergent)
- aussagefähig** (im Rahmen der Modellannahmen)

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV01: Explizite FEM

Ziel der Simulation

- Verständnis des Vorgangs** (Nachbildung der Natur)
- Optimierung des Vorgangs**
- Vorhersage des Vorgangs**

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV01: Explizite FEM

Modellbildung als Abstraktion

Modellierung ist eine zielgerichtete Vereinfachung der Realität durch Abstraktion

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV01: Explizite FEM

Beispiel: Vertikalbewegung eines PKW's

The diagram illustrates a multi-degree-of-freedom mass-spring-damper model for a car's vertical suspension. It shows the chassis (Aufbau) with mass m_1 and displacement x_1 , the axle (Radlaufhängung) with mass m_2 and displacement x_2 , and the wheels (Reifen) with masses m_3 and m_4 and displacements x_3 and x_4 . The model includes springs and dampers representing the suspension components. The terrain is shown as a surface with a bump. Labels include 'Radstand (hinten) (vorne)', 'Aufbau', 'Radlaufhängung', 'Reifen', and 'Terrain'.

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 7

The DON'T of Mathematical Modelling

- DON'T believe that the model is the reality
- DON'T extrapolate beyond the region of fit
- DON'T distort reality to fit the model
- DON'T retain a discredited model
- DON'T fall in love with your model

S. W. Golomb (1970)

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 8

Problemlösungsschritte

The flowchart shows the iterative process of solving a problem. It starts with 'Problem', leading to 'Modellbildung' (Model Building), then 'Modell' (Model). From 'Modell', it goes to 'Modellanalyse Numerik/Programmierung' (Model Analysis Numerics/Programming), then 'Simulator', 'Simulation', and 'Simulationsergebnisse' (Simulation Results). A decision diamond asks 'Vergleich Sim.-Ergebnis/Realität' (Compare Simulation Result/Reality). If 'gute Abbildung' (good mapping), it leads to 'Anwendung des Simulators' (Application of the Simulator) and 'Problemlösung' (Problem Solving). If 'schlechte Abbildung' (poor mapping), it leads to 'Analyse Parameter/Modell' (Parameter/Model Analysis), which then leads to 'Parameteranpassung' (Parameter Adjustment). From 'Parameteranpassung', it can lead back to 'Modellanalyse Numerik/Programmierung' or 'Analyse Parameter/Modell'. A decision diamond also asks 'gute Modellstruktur' (good model structure). If 'schlechte Modellstruktur' (poor model structure), it leads back to 'Modellbildung'.

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 9

Modellanalyse - Numerik - Programmierung

- **Modellanalyse** (Eigenschaften des Modells verstehen)
 - lineare bzw. nichtlineare Systemgleichungen aufschreiben,
 - richtiges Lösungsverfahren, z.B. Zeitintegrationsverfahren auszuwählen (implizit oder explizit)
- **Numerik** (Lösung der mathematischen Modellgleichungen)
 - analytische Lösungen nur in einfachen Sonderfällen möglich,
 - Stattdessen stets numerische Näherungslösungen (FEM, PFC, ...)
- **Programmierung**
 - Codierung des mathematischen Modells in Software
 - Nutzung von angepassten Sprachen und Werkzeugen

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 10

Simulationmethoden und Tools

- **FEM** Finite-Elemente-Methode (Ansys, LSDyna, Nastran, Abaqus, Z88Aurora)
- **MKS** Mehr-Körper-Systeme (ADAMS, Dymola, Partical Flow Code PFC)
- **CFD** Computational Fluid Dynamics (Ansys/CFX/Fluent, Star-CD, OpenFOAM)
- **CAS** Computer Algebra Systeme (Maple für Analytik, Matlab/Simulink für Numerik)
- **Co-Simulation** FEM/CFD mit zeitabhängiger Systemsimulation (Ansys – Simplorer, OpenFOAM – OpenModelica)

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 11

Wünsche und Warnungen für Simulanten

Wünsche eines Simulanten:

- er will ein Ergebnis
- er will ein exaktes Ergebnis
- er will schnell ein exaktes Ergebnis

Simulanten sollten nicht

- ungeprüften Ergebnissen vertrauen
- auf die Befragung der Natur verzichten
- das Rad neu erfinden (Tools verwenden)

Beuth Hochschule für Technik Berlin, FB VIII, Prof. Dr. Kleinschrodt, LV: Explizite FEM 12