

UN  
BA

RSITÄT  
UTH

metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

# Chancen und Risiken des unreflektierten Gebrauchs von FEM Programmen

**PTC Simulationsanwendertreffen 2007**

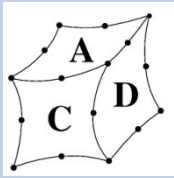
Dipl.-Wirtsch.-Ing. R. Hackenschmidt

Dipl.-Ing. Alexander Troll

Dipl.-Ing. Bernd Roith

**Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD  
Universität Bayreuth**

**reinhard.hackenschmidt@uni-bayreuth.de**



# Die Universität Bayreuth



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH



Gegründet 1975  
9500 Studenten  
6 Fakultäten



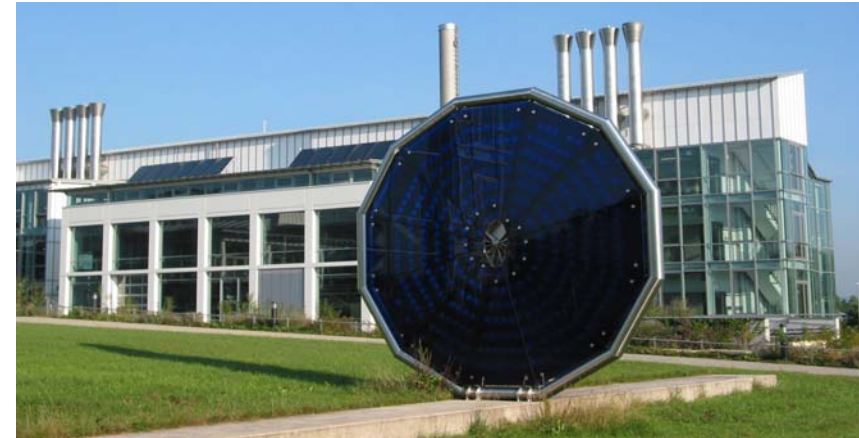


## Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften

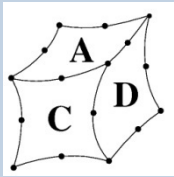
### Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD

Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg

16 Mitarbeiter



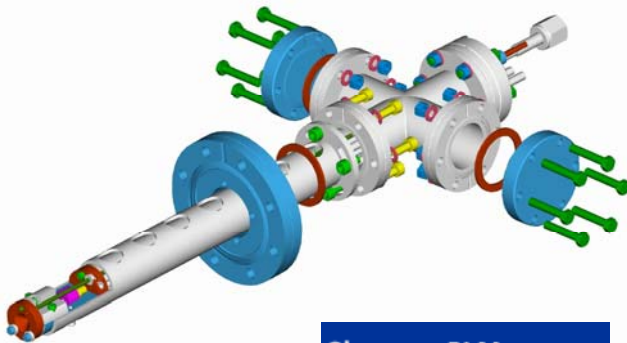
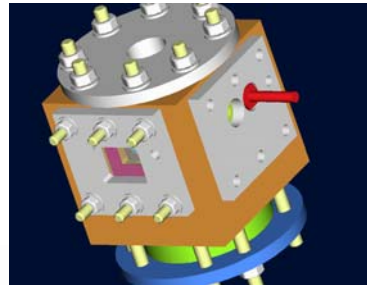
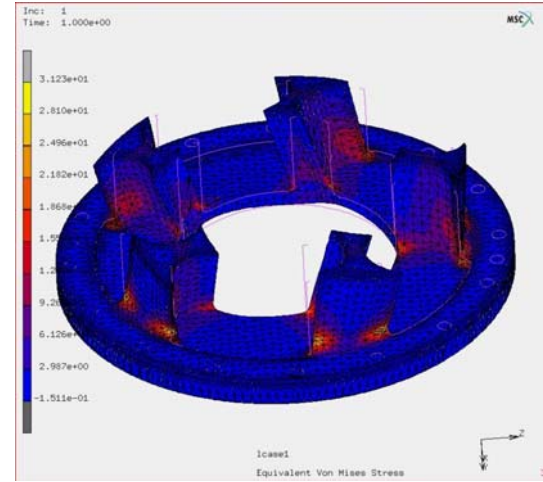




# Spezialgebiet: CAD + Simulation



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH



Siemens PLM  
Software





# Prüfstände

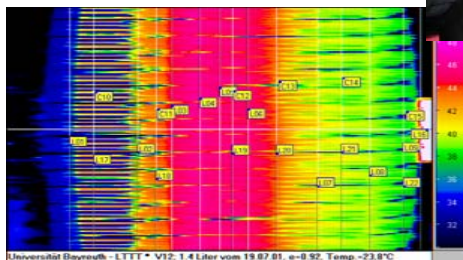
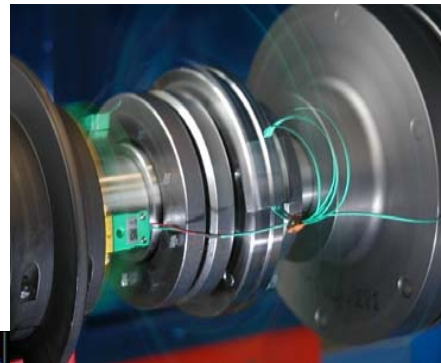


UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

## Sonderprüfstände



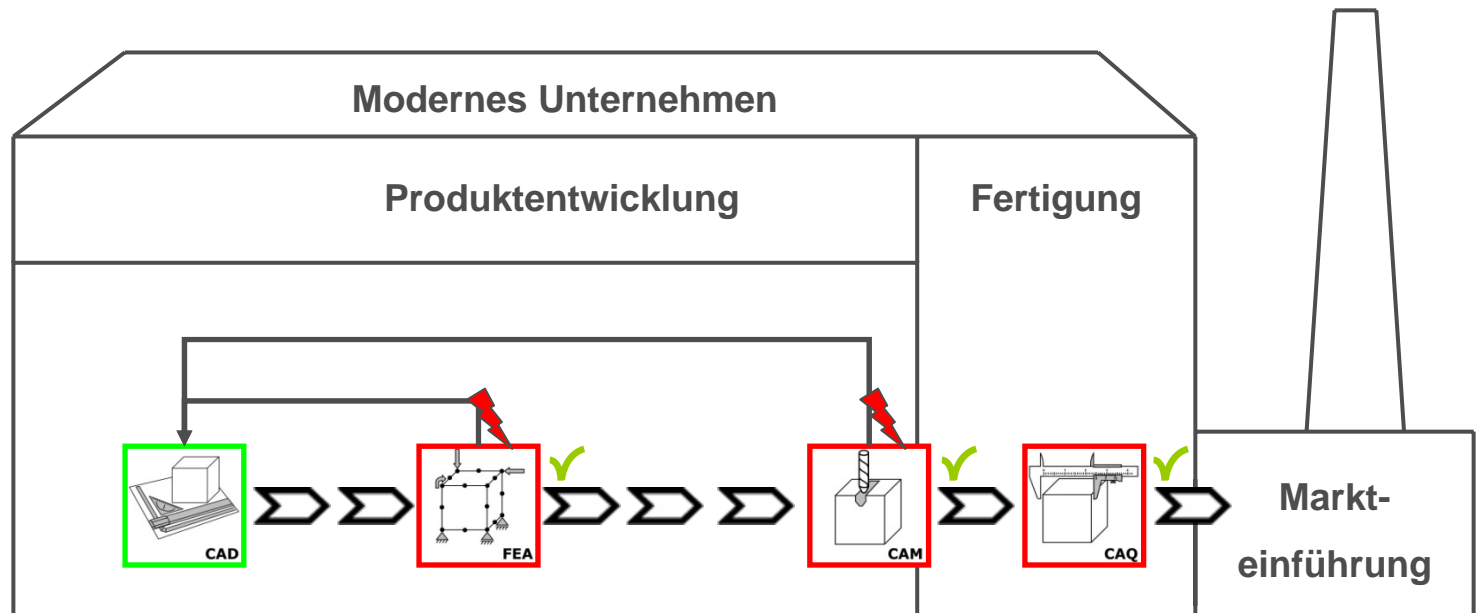
## Motorprüfstand



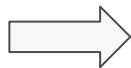
## Verspannungsprüfstand 1000 kW



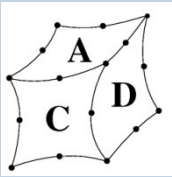
# Motivation der Studie



- Notwendigkeit zur Verkürzung der Entwicklungszeit
- Verstärkter Einsatz computergestützter Methoden (CAx)
- Verbesserung der Bedienbarkeit von CAx-Werkzeugen



**Durchführung einfacher Simulationen durch den Konstrukteur beschleunigt Entwicklung**



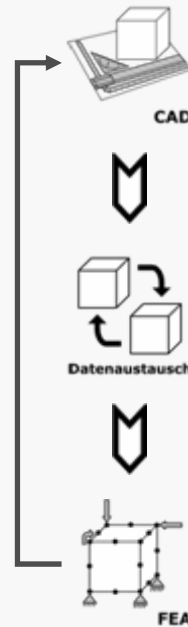
# Betrachtung integrierter und separater FE- Programme



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

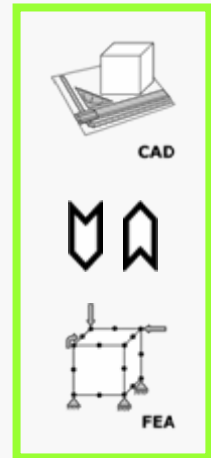
## Eigenständige Simulationssoftware

- Entstehung zusätzlicher Modelle
- Datenaustausch verhindert direkte Änderungen
- Einarbeitung in umfangreiche Funktionen nötig



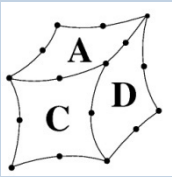
## Integrierte Module

- Einfaches Datenmanagement
- Leichte Übernahme von Änderungen
- Keine zusätzliche Einarbeitung in GUI
- Beschränkter Funktionsumfang



..... Modul  
— sep. Programm

**Integrierte Module eignen sich besonders zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses**



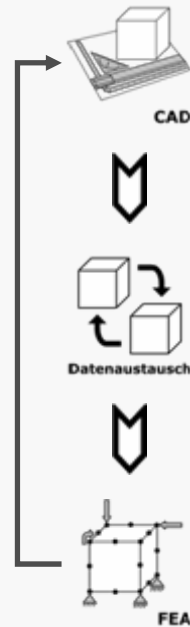
# Benutzte FE- Programme



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

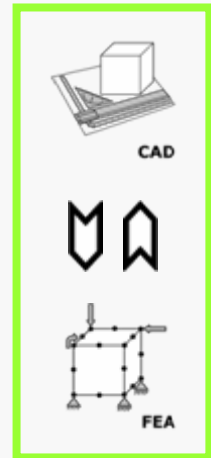
## Eigenständige Simulationssoftware

- Z88
- Abaqus
- MSC.Marc



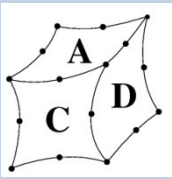
## Integrierte Module

- Pro/MECHANICA
- CATIA V5 R17
- NX4



- Modul
- sep. Programm

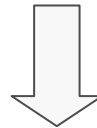




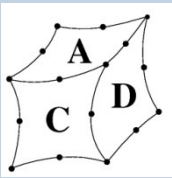
## Ziel der Studie



Nachweis, ob aktuelle FE-Pakete für die Verwendung durch reine Anwender ohne FE-Grundwissen tauglich sind.

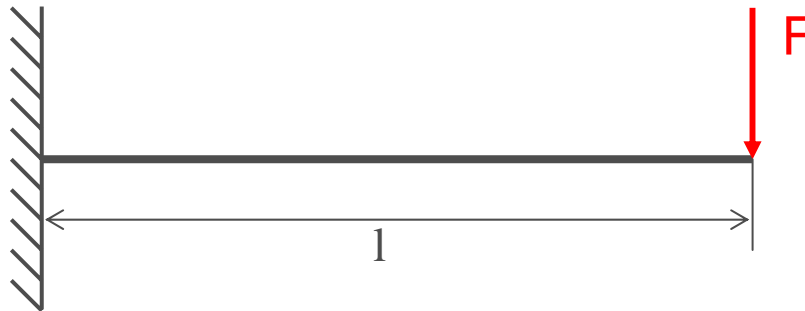


- Vergleich von drei integrierten und drei eigenständigen FE-Programmen
- Übernahme der automatischen Einstellungen die vom System vorgeschlagen werden
- Verwendung simpler & praxisnaher Beispiele
- Vergleich der Resultate für normierte maximalen Verschiebungen (Betrag) und Vergleichsspannungen (GEH) zur Klärung des Interpretationsbedarfs bei den Ergebnissen (Normierung auf den größten aufgetretenen Wert)



## Beispiel 1

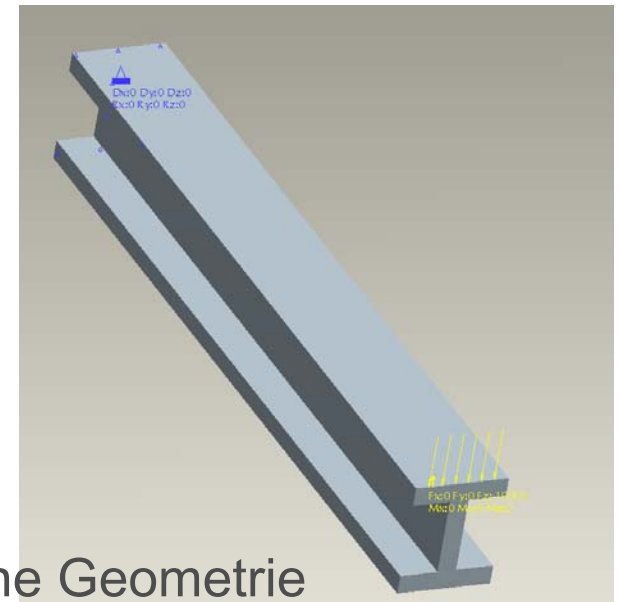
Geometrie	Lasten	Material	Randbedingungen
Biegebalken	Linienlast	Stahl	- Einspannung



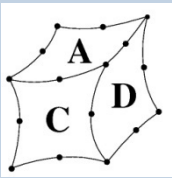
Elastizitätsmodul:  $206000 \frac{N}{mm^2}$

Querkontraktionszahl: 0,3

Kraft  $F = 10.000 \text{ N}$



- einfache Geometrie
- leicht nachvollziehbar



# Beispiel 2



## Geometrie

## Lasten

## Material

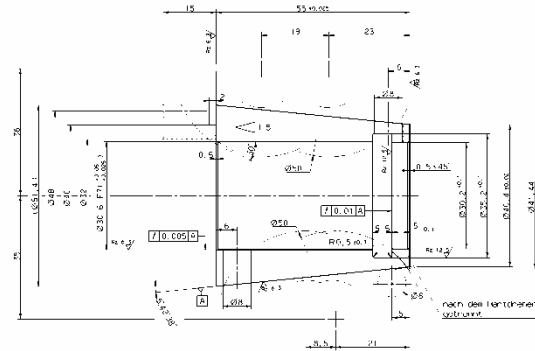
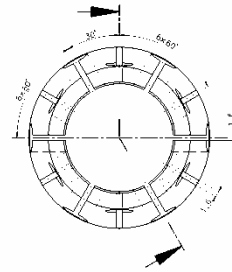
## Randbedingungen

Spannbuchse

- Druck
- Flächenkraft

Stahl

- Radiale Lagerung
- Axiale Lagerung

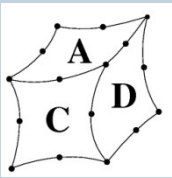


verdreht und entspannt  
auf 16 ± 0,05

Spinnbuchse: 0,4 mm im Durchmesser  
Spinnbuchse: 0,4 mm zur Fläche

Rz 25 / (Ra 2,5 / Ra 6,3)

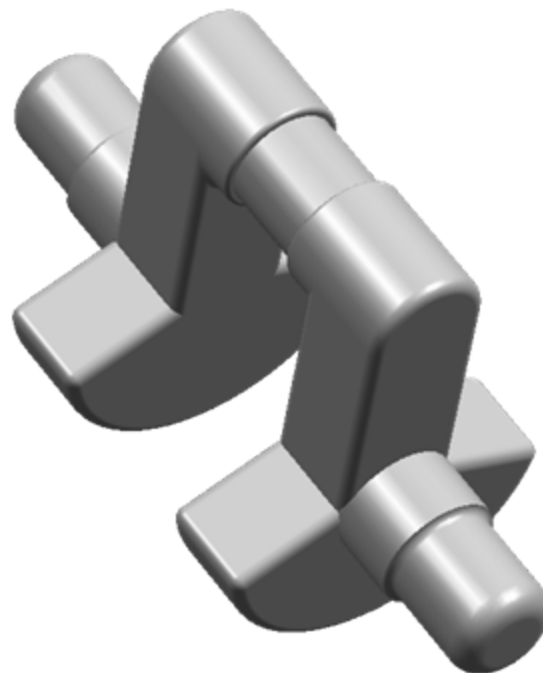
RINGSPANN GMBH Postfach 105 D-61291 Bad Nauheim	
09/01/04 2 1 Kegelbuchse für SpannfüÙer	2198_031_002_000000_2



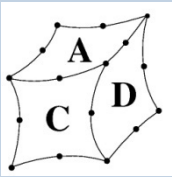
## Beispiel 3



Geometrie	Lasten	Material	Randbedingungen
Kurbelwelle	Flächenkraft	Stahl	- Radiale Lagerung - Axiale Lagerung







## Beispiel 4



**Geometrie**

**Lasten**

**Material**

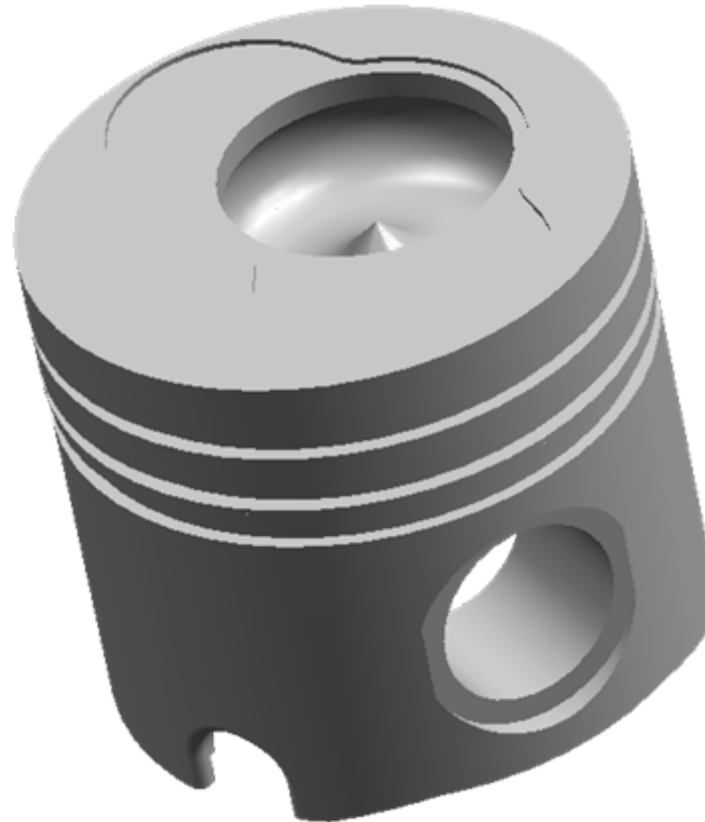
**Randbedingungen**

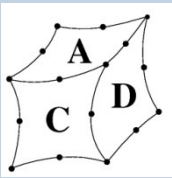
Dieselpolben

Druck

Stahl

- Einspannung





## Beispiel 5



**Geometrie**

**Lasten**

**Material**

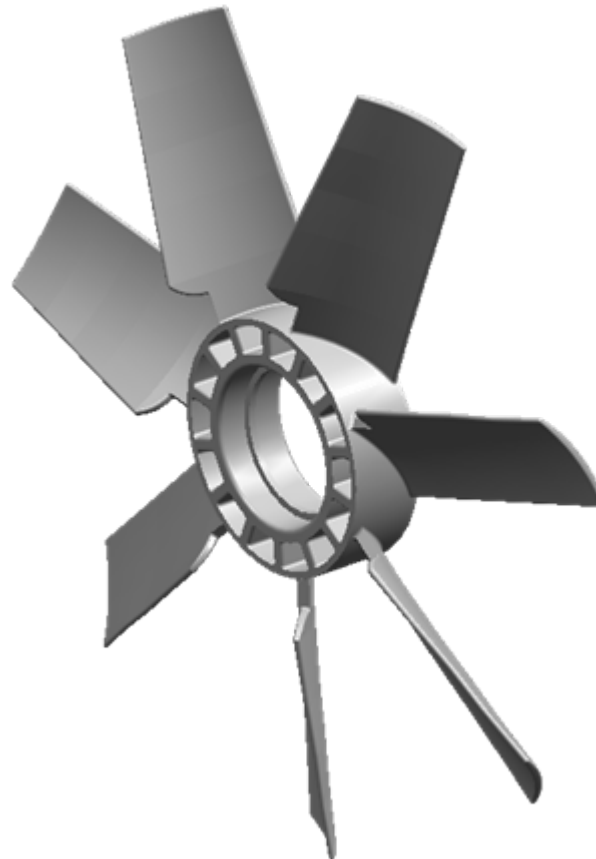
**Randbedingungen**

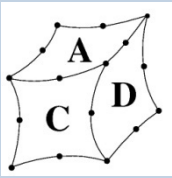
Lüfterrad

Druck

Polymer

- Radiale Lagerung  
- Axiale Lagerung

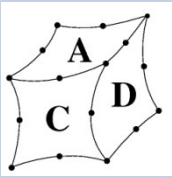




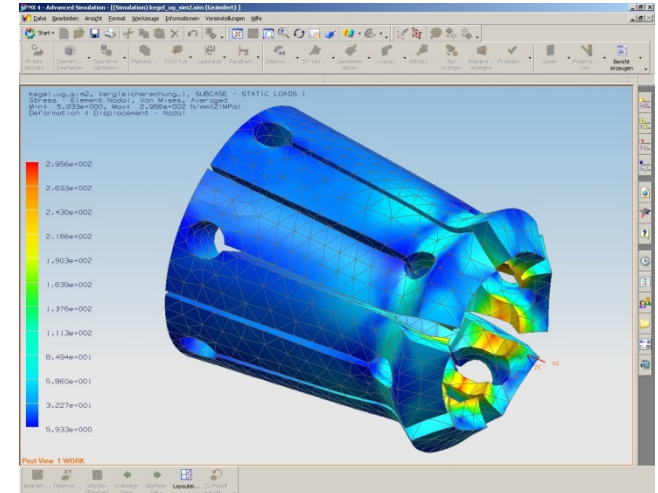
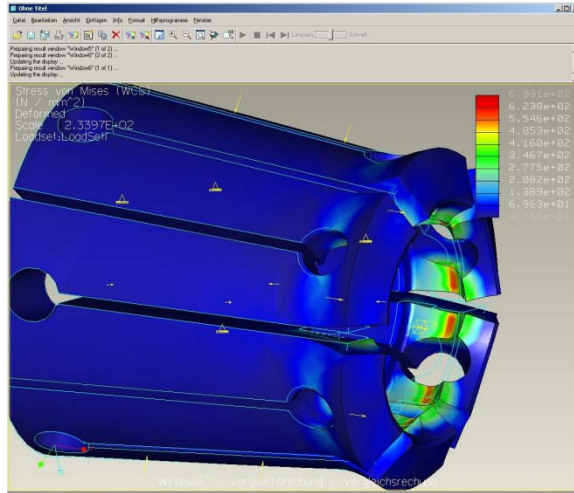
# Randbedingungen der Studie



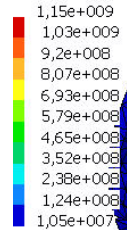
	Identische Vorgaben	Automatische Einstellungen
<i>Geometrie</i>	Integrierte Module ⇒ zugehöriges Konstruktionsmodul  Standalone ⇒ Import als Parasolid (.x_t)	
<i>Preprozessor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Randbedingungen</li> <li>- Materialkennwerte</li> <li>- Lasten</li> </ul> soweit möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementtyp (Tetraeder)</li> <li>- Elementansatz (linear / quadratisch)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometrische Vereinfachungen</li> <li>- Elementgröße</li> <li>- Methode der Vernetzung</li> </ul>
<i>Solver</i>		-Solvvertyp
<i>Postprozessor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Größte Verschiebung (Betrag)</li> <li>- Höchste Vergleichsspannung (von Mises)</li> </ul>	



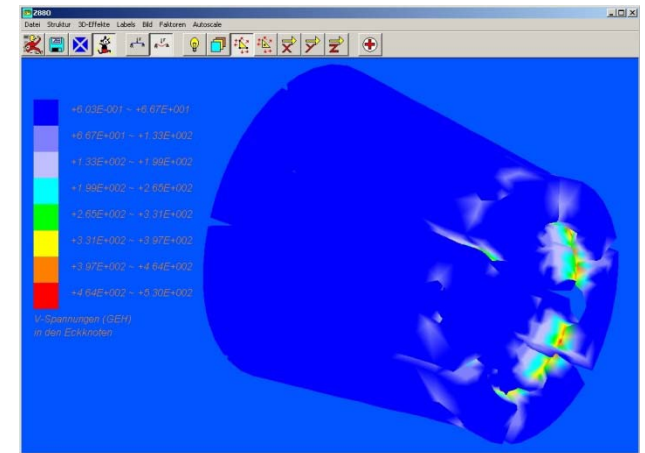
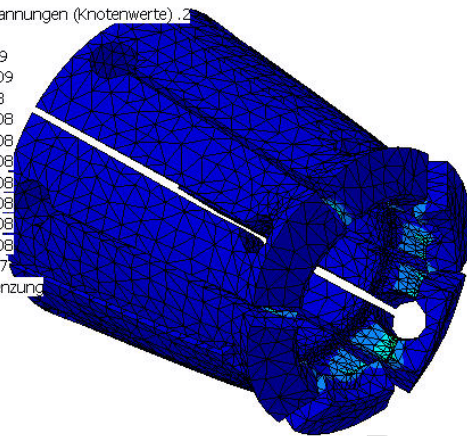
# Ergebnisvergleich Spannungen



von Mises-Spannungen (Knotenwerte) .z  
 N\_m2

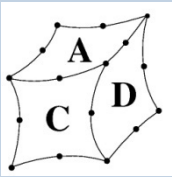


Auf der Begrenzung

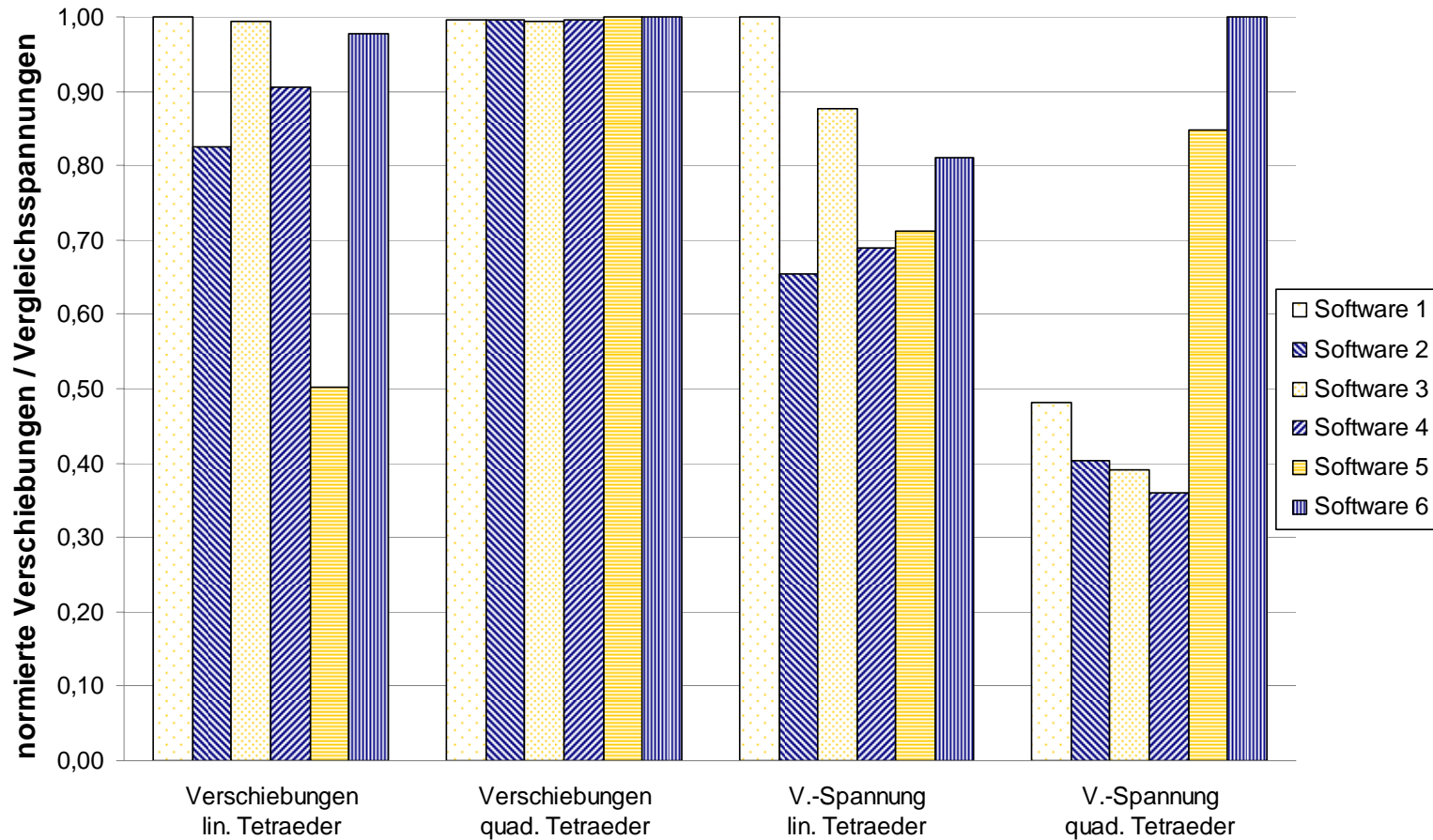


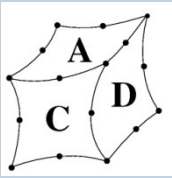
Der Ort <sup>ist</sup> normalerweise nicht das Problem



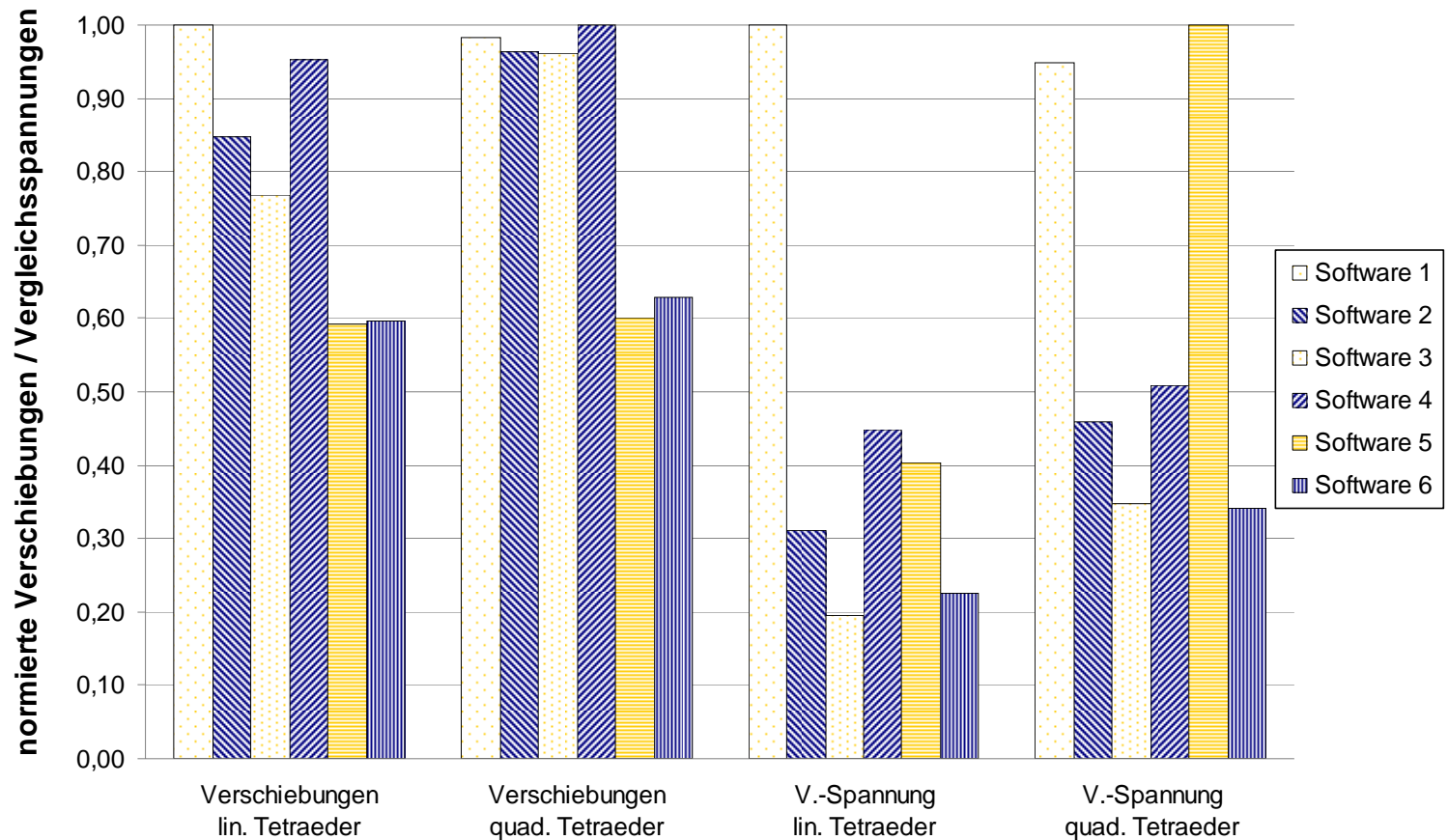


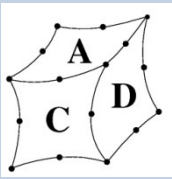
# Resultate für das Beispiel des Balkens





# Resultate für das Beispiel der Kurbelwelle

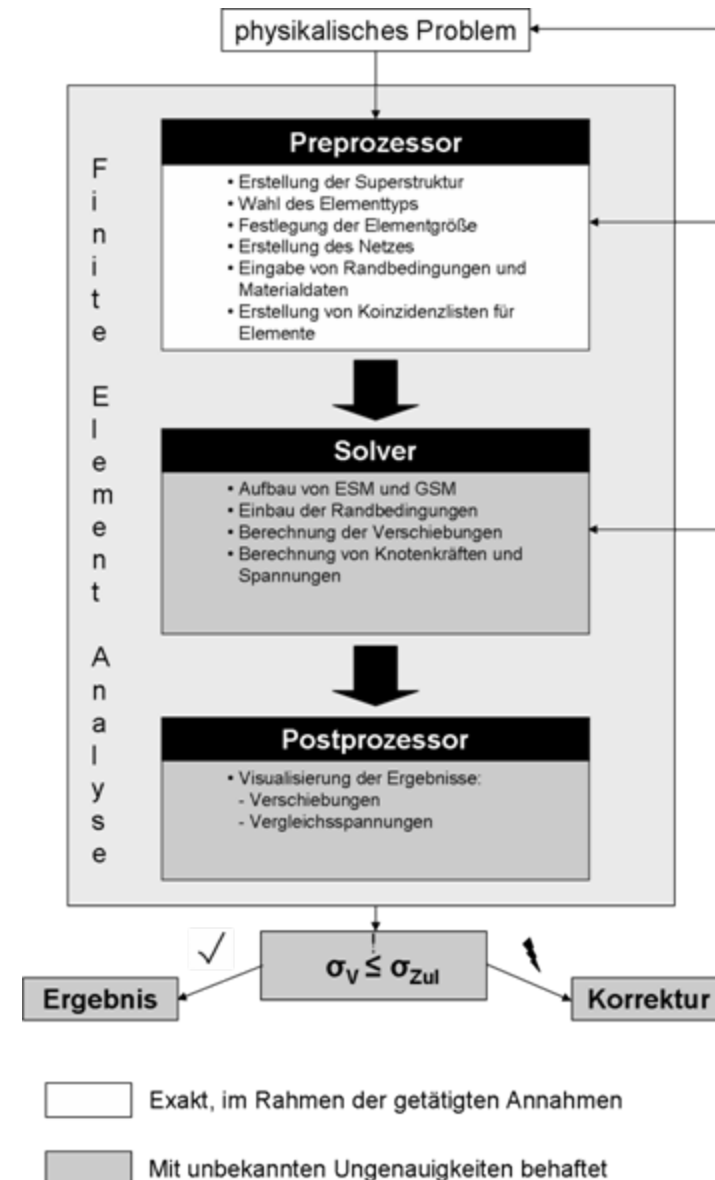


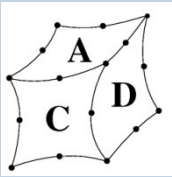


# Herausforderungen in der FEA

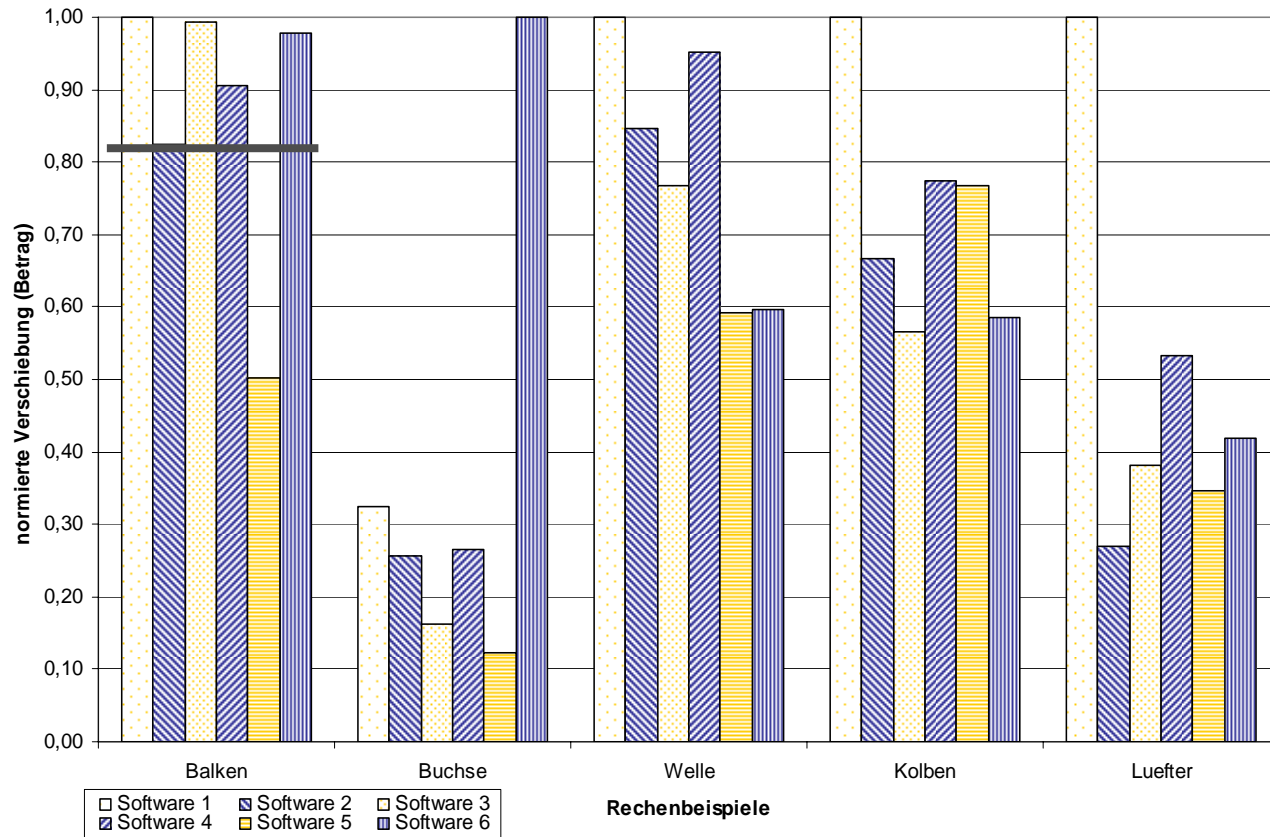


- Analytische Berechnungen liefern im Rahmen der Vereinfachungen genaue und reproduzierbare Ergebnisse.
- Bei der FEA entstehen aufgrund der Parameter bei der Modellbildung Ungenauigkeiten, deren Einflüsse nicht quantifizierbar sind.
- Die Güte der Lösung wird von vielen Parametern beeinflusst.
  - Der Einfluss ist oft nicht genau bekannt.
  - Die Parameter sind in FE-Programmen oft weder einsehbar, noch können sie verändert werden.
- **Der Deutung der Ergebnisse kommt die größte Bedeutung zu.**

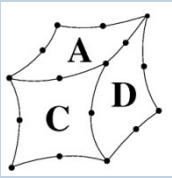




# Resultate für lineare Tetraeder - Verschiebungen



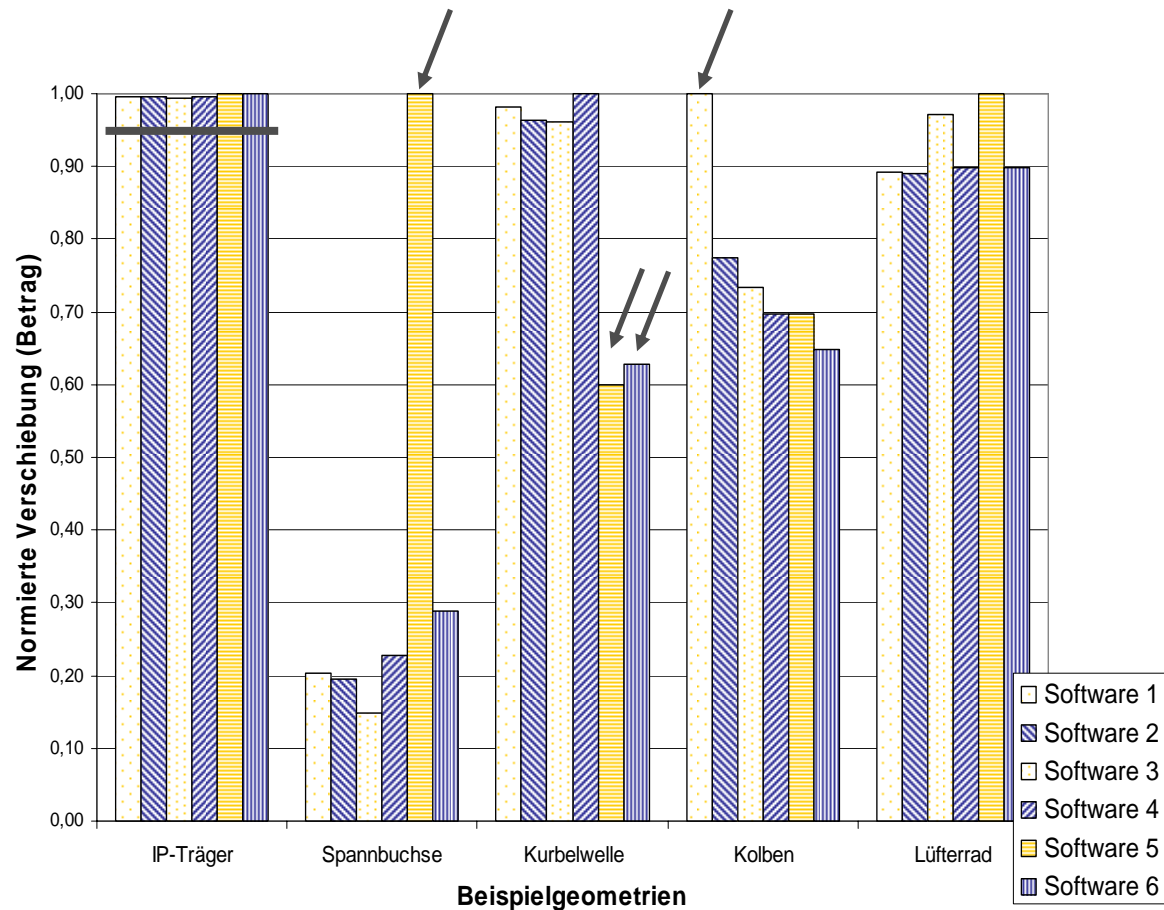


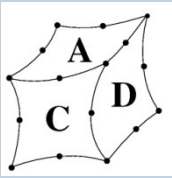


# Resultate für quadratische Tetraeder - Verschiebungen

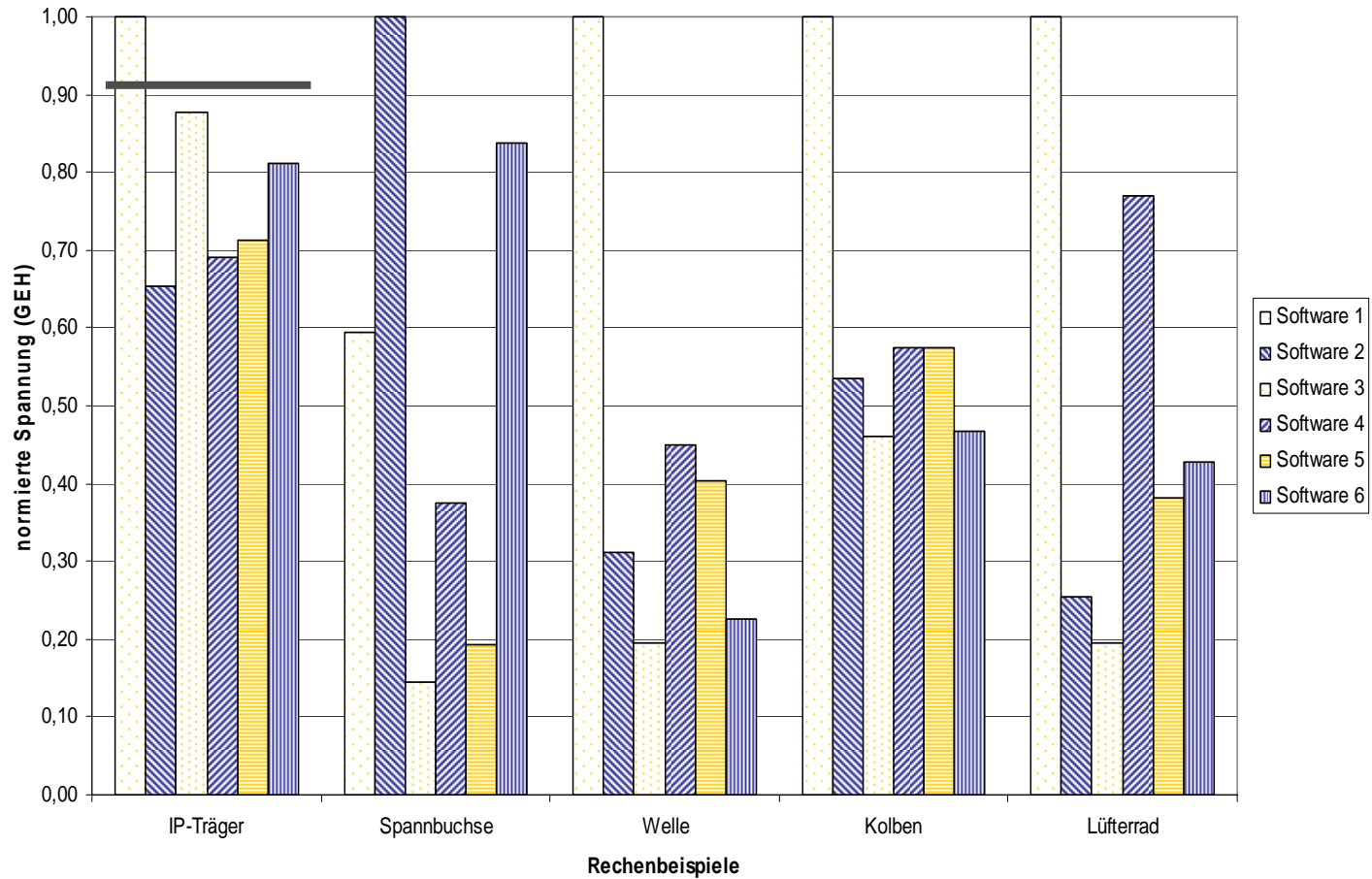


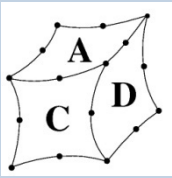
- **IP-Träger:** analytisches Ergebnis 0,95.
- **Spannbuchse:** bei Software 5 Lasten und Randbedingungen in polarem Koordinatensystem.
- **Kurbelwelle:** bei Software 5 und 6 Modellierung der Flächenkraft über Druck.
- **Kolben:** Vernetzungsschwierigkeiten mit Software 1
- **Lüfter:** gute Ergebnisse bei komplexer Geometrie





# Resultate für lineare Tetraeder - Spannungen

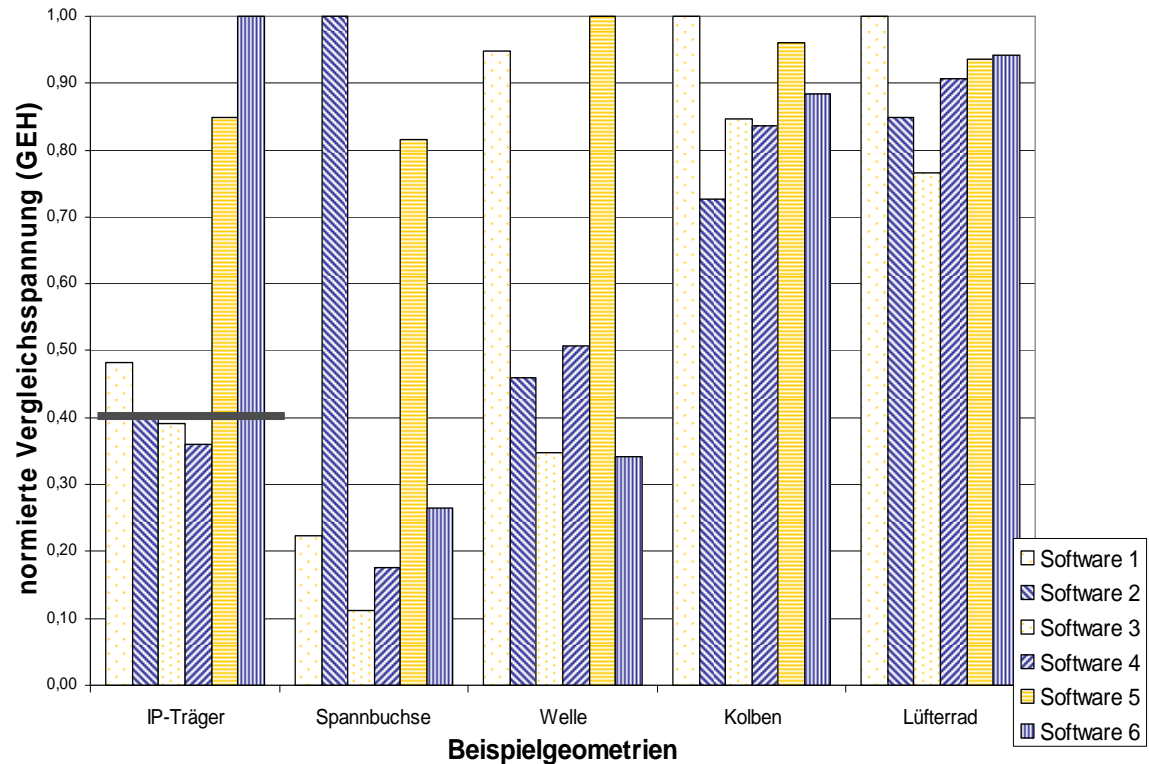


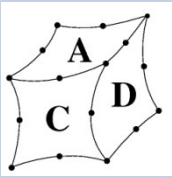


# Resultate für quadratische Tetraeder - Spannungen



- **IP-Träger:**  
analytisches  
Ergebnis 0,40.
- **IP-Träger:**  
vergleichbare  
Verschiebungen  
liefern stark  
unterschiedliche  
Spannungen.



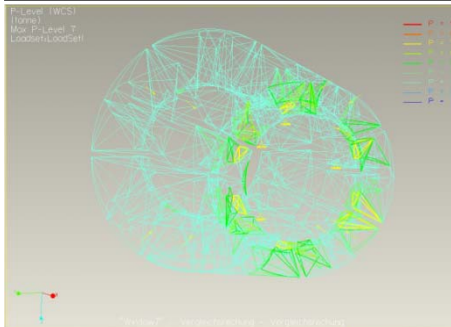


# Beispiel Einfluss der Vernetzung

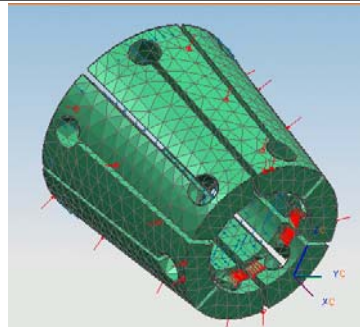


## Vernetzung

Software	Vernetzungsmethodik	Elementtyp	Elementanzahl
Pro/ENGINEER	p-Methode	max p-Grad 7	1448
NX 4.0.25	h-Methode	TET10	5403
Catia V5	h-Methode	TET10	28978
Z88	h-Methode	TET10	21217
Nastran	h-Methode	TET10	19863
Patran	h-Methode	TET10	22419



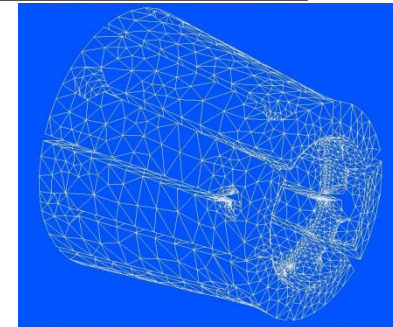
Pro/ENGINEER



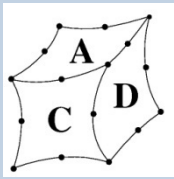
NX 4.0



Catia V5



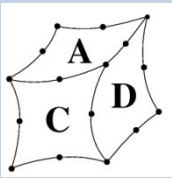
Z88



## Ergebnisse

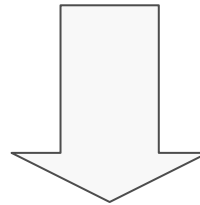


- Die Resultate vergleichender FE Rechnungen können gravierend voneinander abweichen.
- Bei übereinstimmenden Werten für die Verschiebung sind z.B. Abweichungen der Vergleichsspannung von über 50% möglich.
- Die Abweichungen korrelieren nicht mit der Geometriekomplexität.
- Die Ergebnisunterschiede sind i.d.R. erklärbar und durch geeignete Maßnahmen abminderbar.
- Eine Ergebnisbewertung ohne genaue Kenntnis der Lasten, Randbedingungen und Vernetzung kann unreflektiert kritisch sein.
- „Teure“ Programme liefern nicht zwangsläufig gute Ergebnisse; „garbage in - garbage out“ gilt in der FEA in besonderem Maße.



## Schlussfolgerungen

- Vermittlung von Hintergrundwissen ist zwingend notwendig zur situationsspezifischen Anpassung der Simulation.
- Eine kritische Beurteilung der Ergebnisse ist notwendig.
- Vergleichsrechnungen mit mehreren Programmen sind angebracht.
- Auf eine Absicherung durch Versuche mit Prototypen sollte nicht verzichtet werden.



### **Im Industriellen Umfeld:**

- Schulung der Konstrukteure im FE-Bereich
- Bereitstellung von Handlungsabläufen und Empfehlungen

### **Im Rahmen der universitären Ausbildung:**

- Vermittlung sowohl der Theorie der FEA als auch der Anwendung, nicht nur der Bedienung der entsprechenden Software