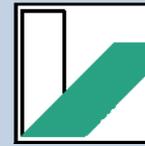
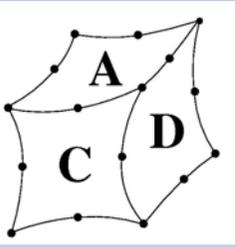


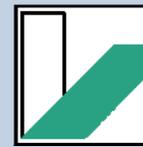
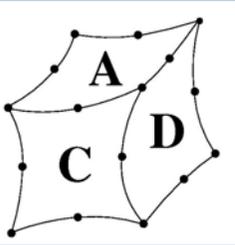
8. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag am 27. September 2006

Integrierte FEM Analysen in CAD-Systemen – Übersicht und Vergleich



Gliederung

1. Grundlagen
 - 1.1 Aufgabenstellung
 - 1.2 Motivation
 - 1.3 Was heißt Analyse
 - 1.4 Voraussetzungen
 - 1.5 Vernetzung
2. CAD-Systeme
 - 2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0
 - 2.2 NX 4.0.25
 - 2.3 Catia Version 5.16
3. Berechnungsbeispiel 1
 - 3.1 Vorgabe
 - 3.2 Ergebnisse
 - 3.3 Evaluierung / Vergleich
4. Berechnungsbeispiel 2
 - 4.1 Vorgabe
 - 4.2 Ergebnisse
 - 4.3 Evaluierung / Vergleich
5. Zusammenfassung



1. Grundlagen

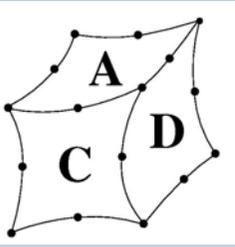
1.1 Aufgabenstellung

Vergleich der integrierten Finite-Elemente-Analyse Tools in verschiedenen 3D-CAD-Systemen (linear statisch)

- Pro/ENGINEER WILDFIRE 2.0 Version M180 (PTC)
- NX 4.0.0.25 (UGS Corp.)
- Catia Version 5.16 (Dassault Systèmes)

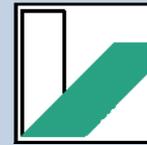
Aufgabenstellung

- Vergleich hinsichtlich:
- max. Verschiebungen / Spannungen
 - Netzgenerierung / Netzeigenschaften
 - Bedienbarkeit (Preprozessor)
 - Ergebnisdarstellung (Postprozessor)



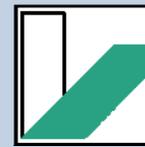
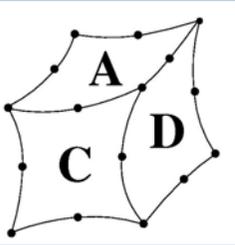
1. Grundlagen

1.2 Motivation



Vorteile einer integrierten Analysesoftware

1. Machbarkeitsstudie durch Konstrukteur
2. Kürzerer Produktentwicklungszeitraum
3. Interaktionen zwischen Konstruktion und Berechnung
4. Kostenersparnis
5. Überschaubare Möglichkeiten
6. Benutzerfreundlicher, da leichter bedienbarer als Großprogramme (vertraute Oberfläche)



1. Grundlagen

1.3 Was heißt Analyse?

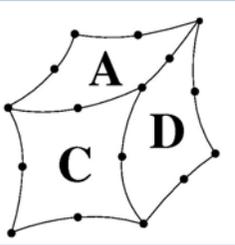
Statische Analyse durch Finite Elemente Methode

Definition:

Die **Finite-Elemente-Analyse (FEA)** ist ein numerisches Verfahren zur näherungsweise Lösung von partiellen Differentialgleichungen mit Randbedingungen. Das untersuchte Lösungsgebiet wird zunächst in Gitterzellen, die finiten Elemente eingeteilt.

Eingangsgrößen; z.B.: Kräfte, Momente, Drücke, Verschiebungen

Resultate; z.B.: Verschiebungen, Spannungen, Knotenkräfte



1. Grundlagen

1.4 Voraussetzungen

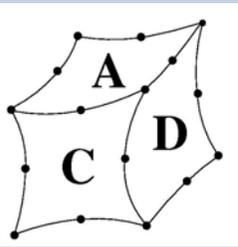


Identische Eingaben:

- Geometrie
- Randbedingungen (Eingangsgrößen: Kraft, Lager)
- keine Netzverfeinerungen
- Materialeigenschaften

Automatische Einstellungen:

- Netz (Vernetzungsmethodik, Elementtyp und Elementgröße)
- Solver

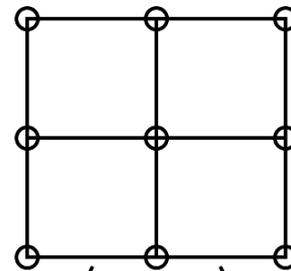


1. Grundlagen

1.5 Vernetzung

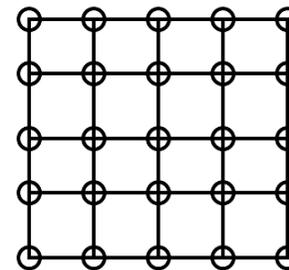
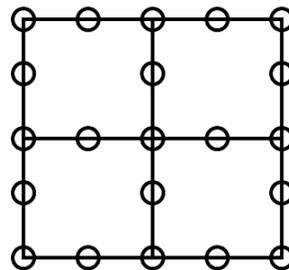


Vernetzungsmethodik



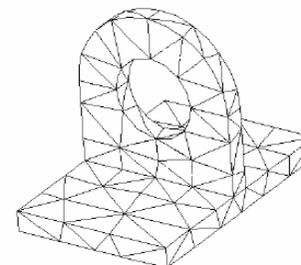
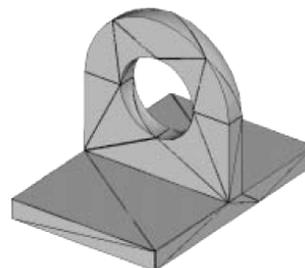
p-Methode

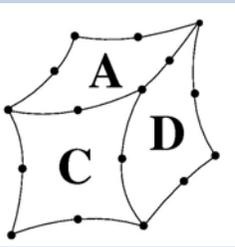
h-Methode



Verwendung
höherwertiger
Elementansätze

Erhöhung der
Elementanzahl



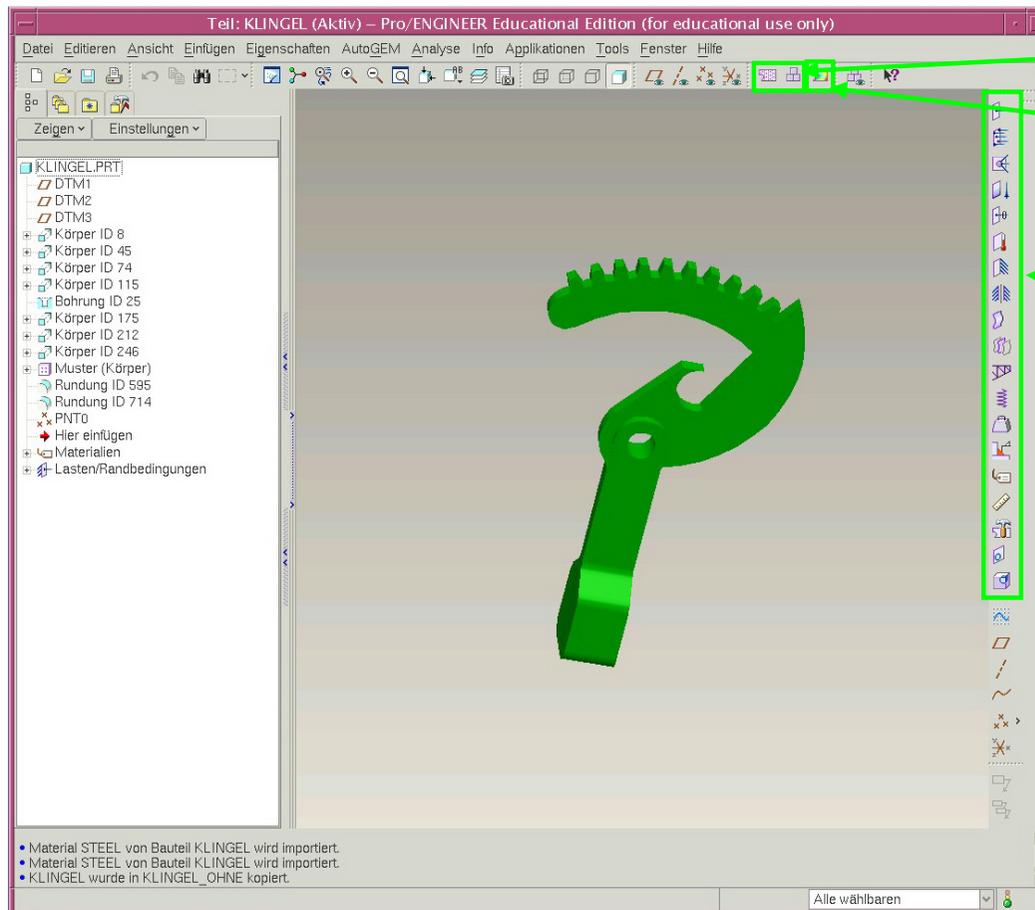


2. CAD-Systeme

2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0



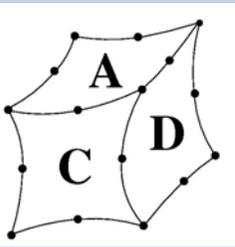
Pro/MECHANICA (Mechanica Modelltyp)



Processing

Postprocessing

Preprocessing

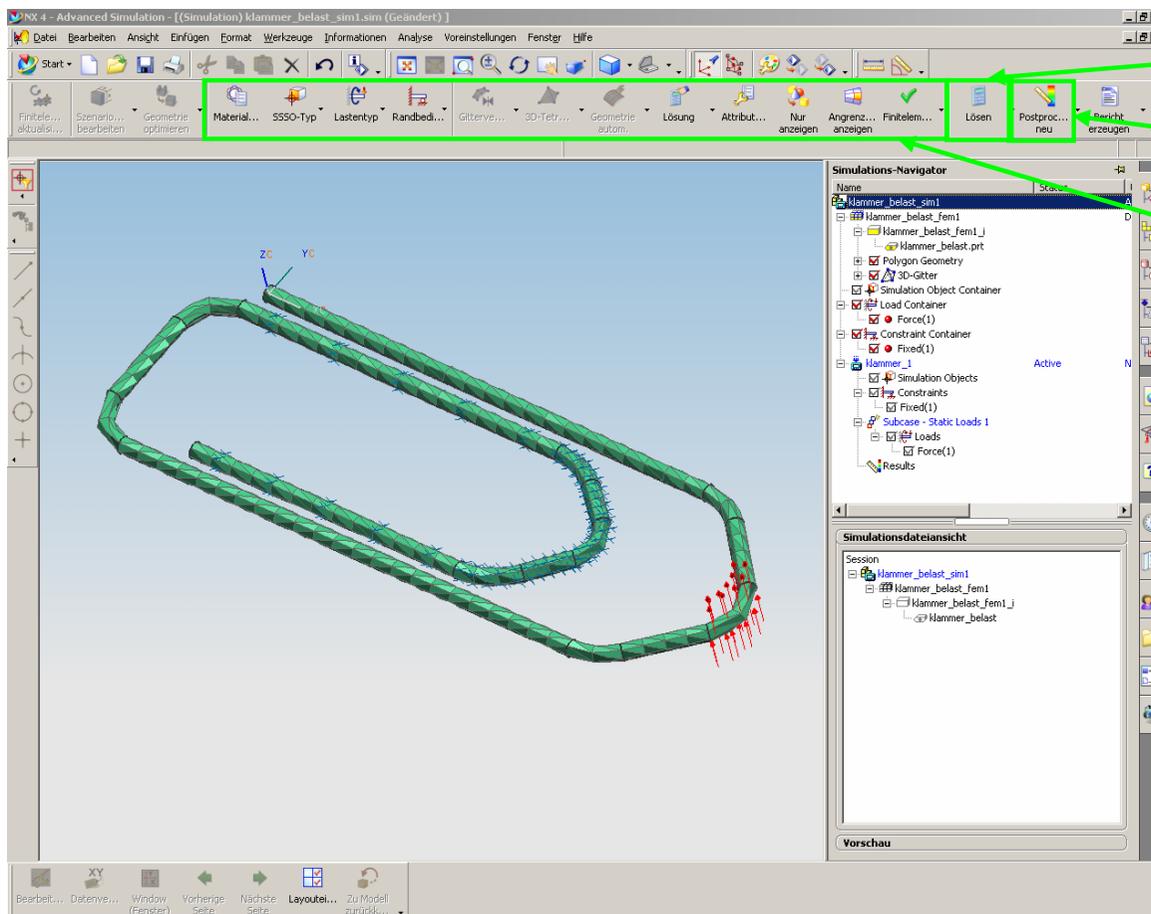


2. CAD-Systeme

2.2 NX 4.0.25



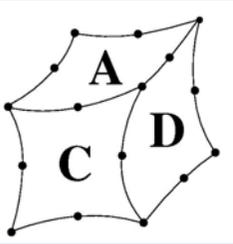
FEM / Erweiterte Simulation



Processing

Postprocessing

Preprocessing

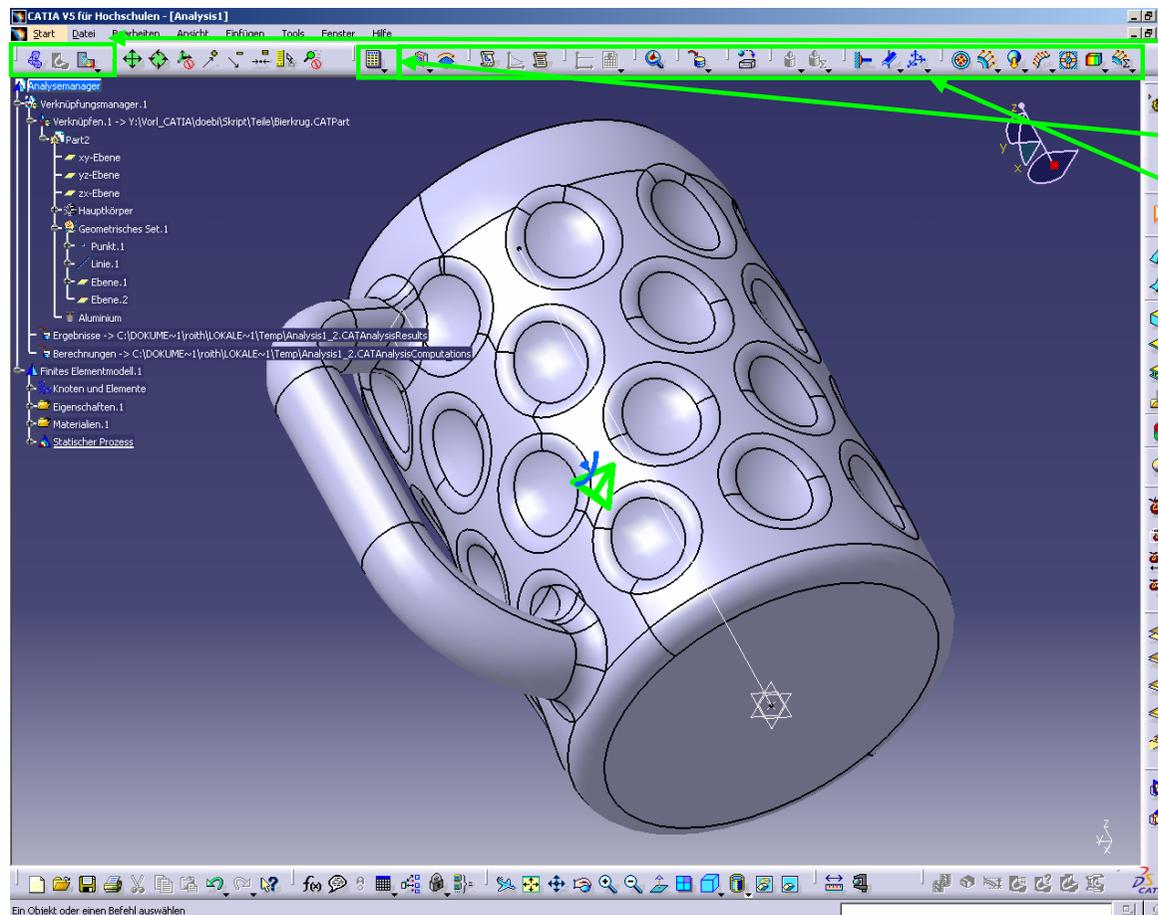


2. CAD-Systeme

2.3 Catia Version 5.16



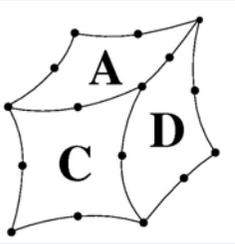
Generative Structural Analysis



Processing

Postprocessing

Preprocessing



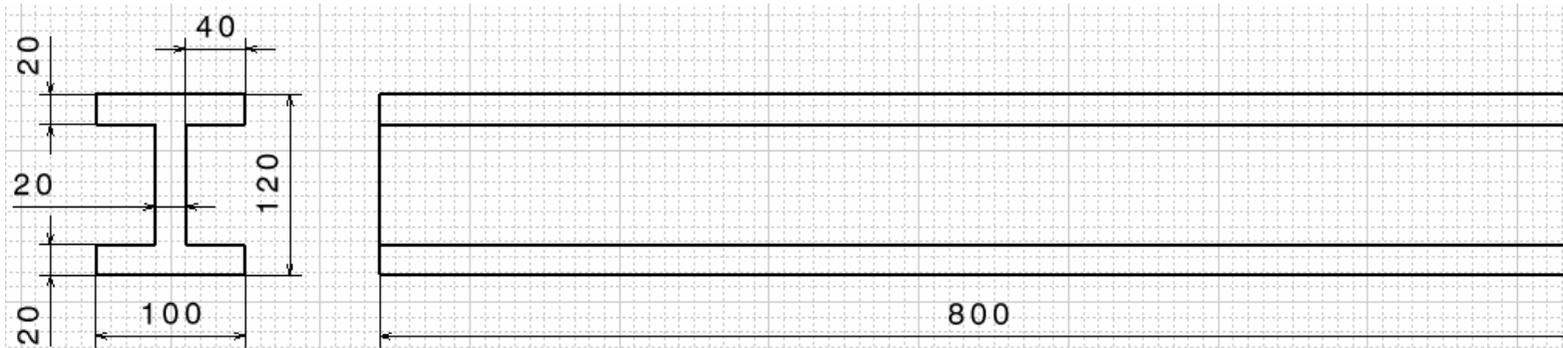
3. Berechnungsbeispiel 1

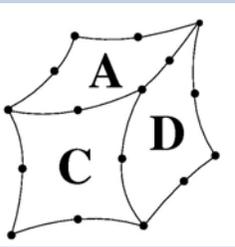
3.1 Vorgaben



Doppel T-Träger

- Einfache Geometrie
 - Vernetzungsvariationen möglich (Tetraeder / Hexaeder)
 - leicht nachvollziehbar
- per Handrechnung kontrollierbar



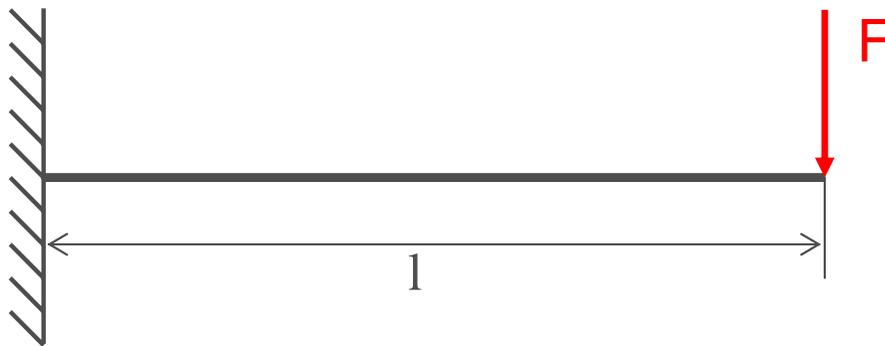


3. Berechnungsbeispiel 1



3.1 Vorgaben

Biegebalken

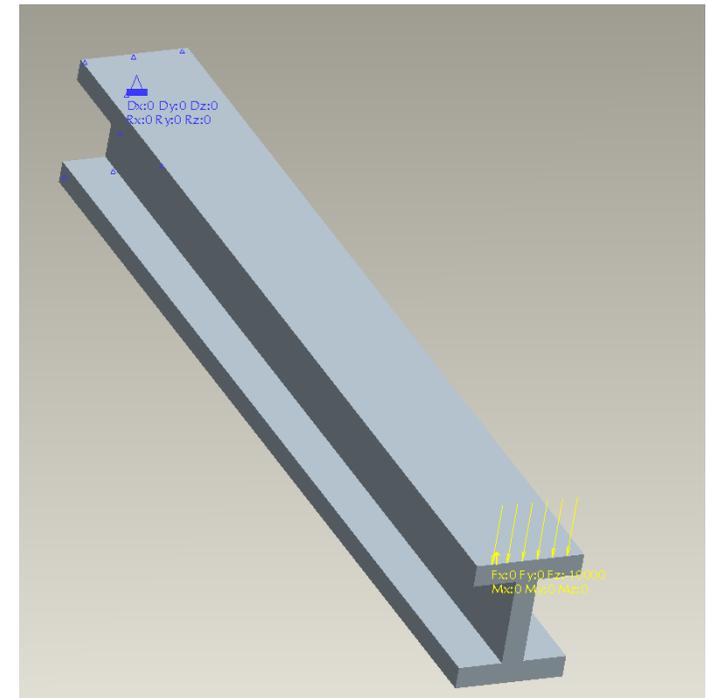


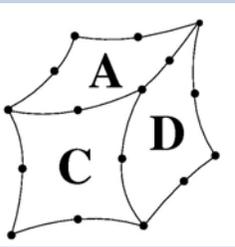
Kraft $F = 10000 \text{ N}$

Materialdaten

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

Querkontraktionszahl: 0,3



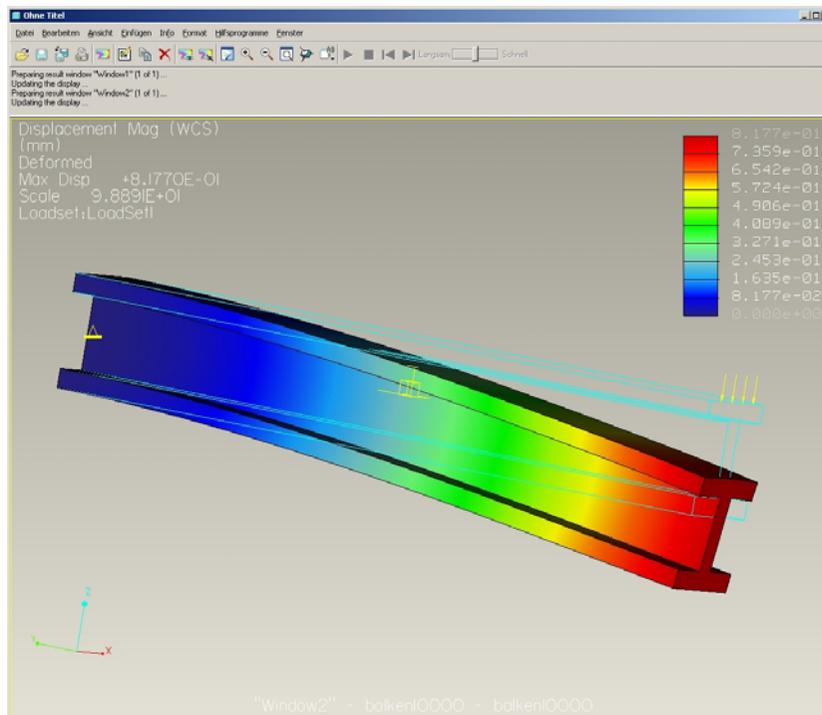


3. Berechnungsbeispiel 1

3.2 Ergebnisse Pro/ENGINEER

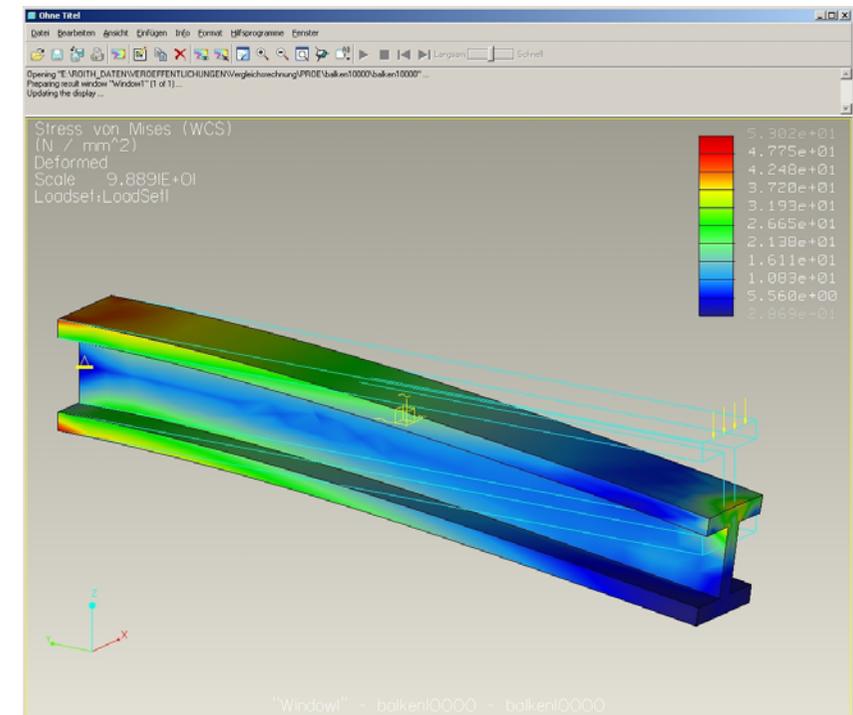


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



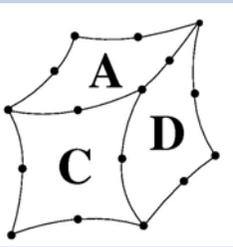
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,817 mm



Spannungen

Maximal 53,0 $\frac{N}{mm^2}$

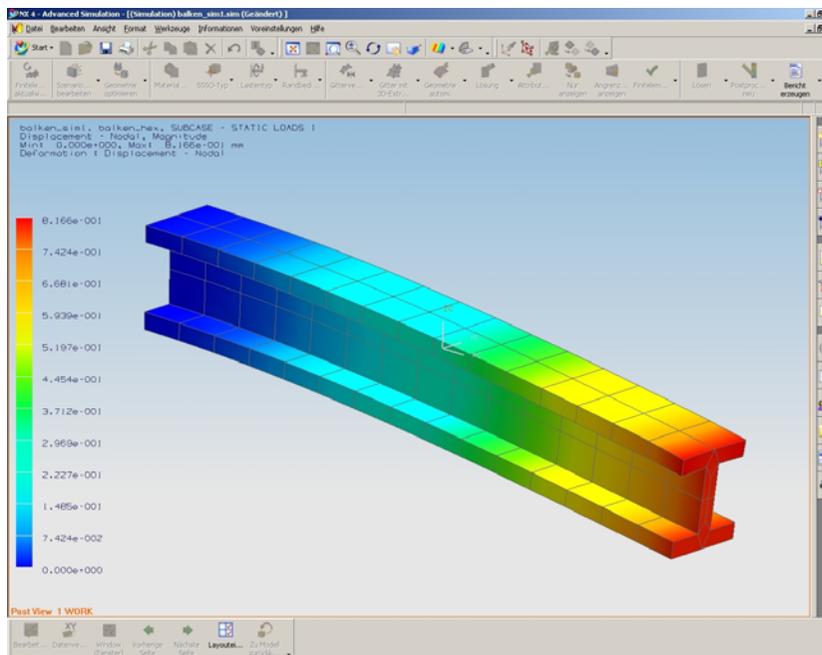


3. Berechnungsbeispiel 1

3.2 Ergebnisse NX 4.0.25

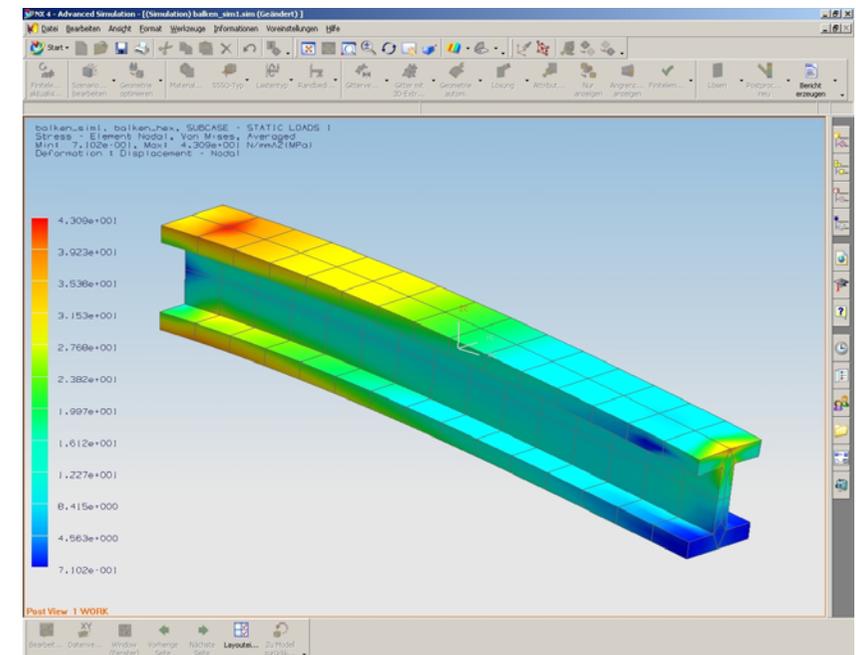


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



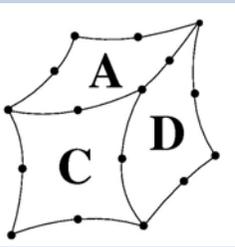
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,8166 mm



Spannungen

Maximal 43,09 $\frac{N}{mm^2}$

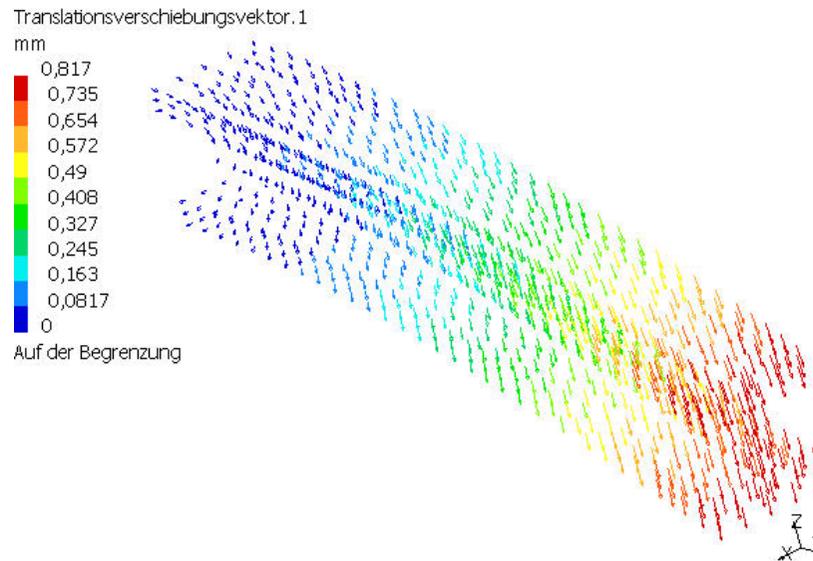


3. Berechnungsbeispiel 1

3.2 Ergebnisse Catia V5

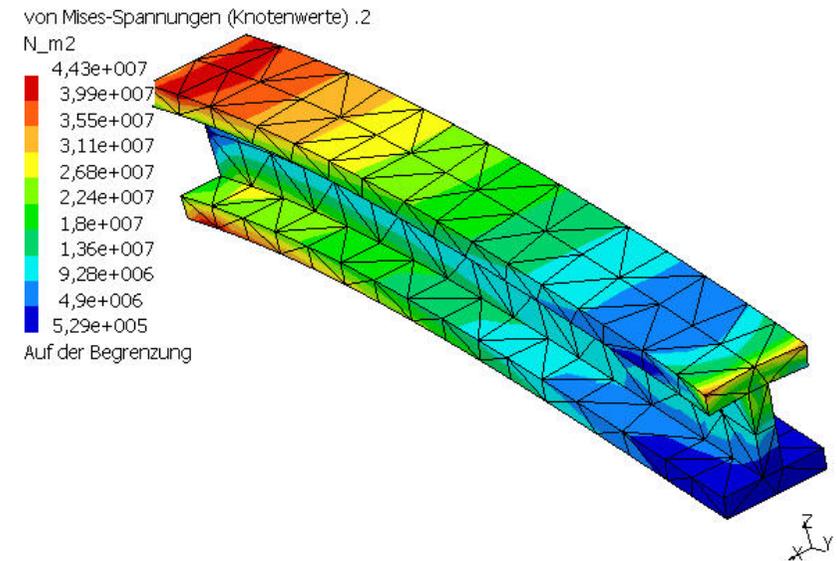


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



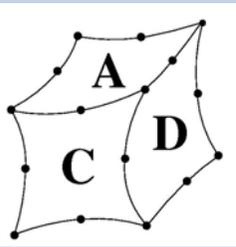
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,817 mm



Spannungen

Maximal $44,3 \frac{N}{mm^2}$

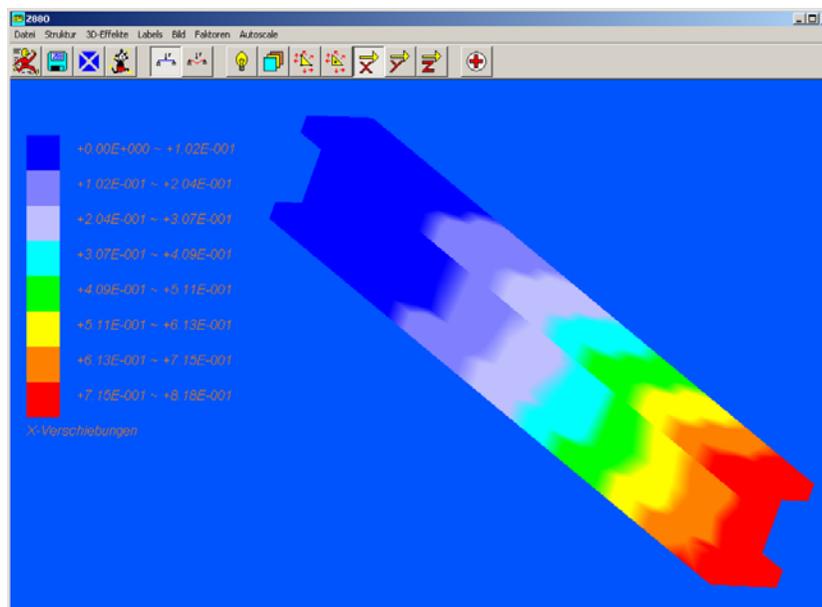


3. Berechnungsbeispiel 1

3.2 Ergebnisse Z88 Version 12

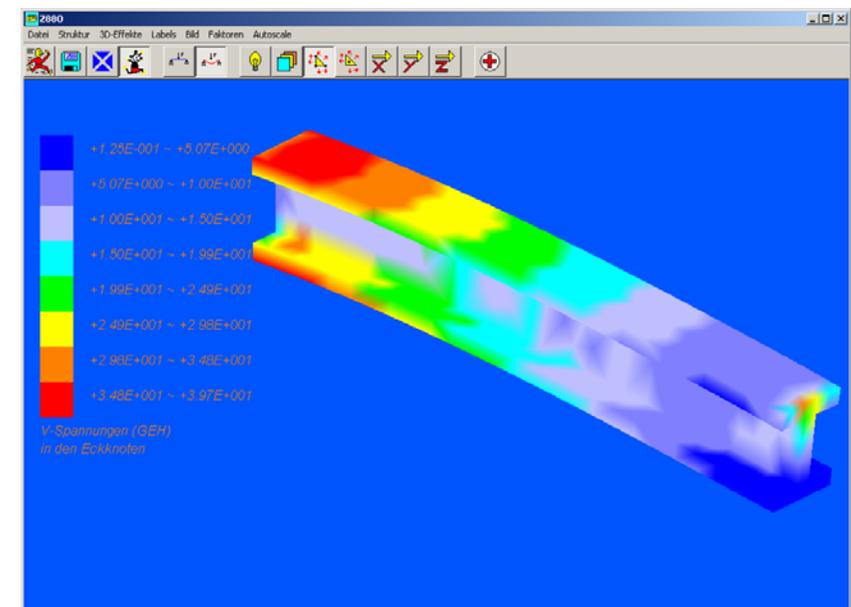


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



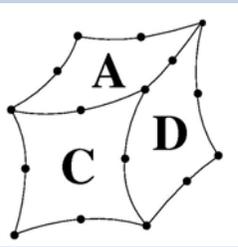
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,818 mm



Spannungen

Maximal $39,7 \frac{N}{mm^2}$

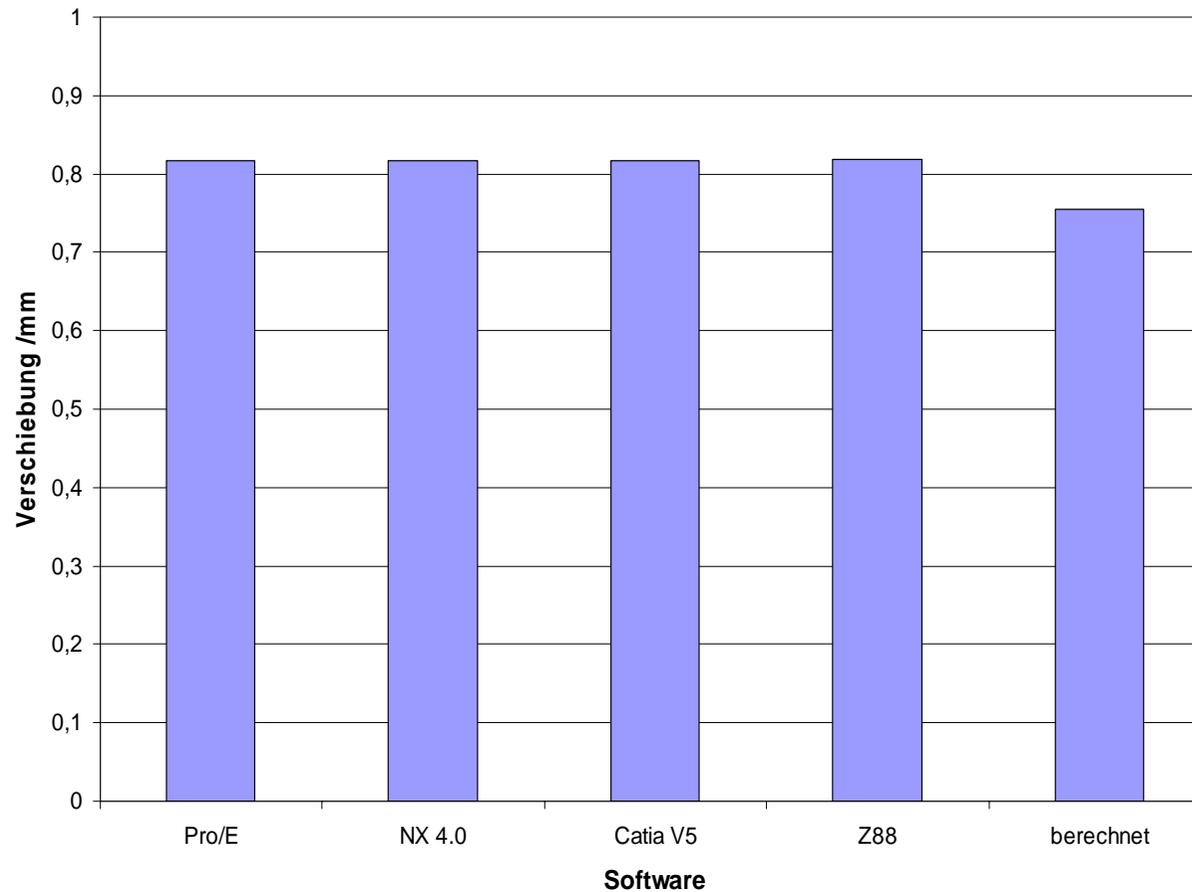


3. Berechnungsbeispiel 1

3.3 Evaluierung

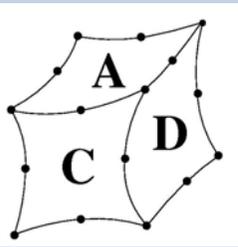


Verschiebungen



Pro/E	0,817 mm
NX 4.0	0,816 mm
Catia V5	0,817 mm
Z88	0,818 mm
berechnet	0,754 mm

Maximale Differenz: 0,064 mm

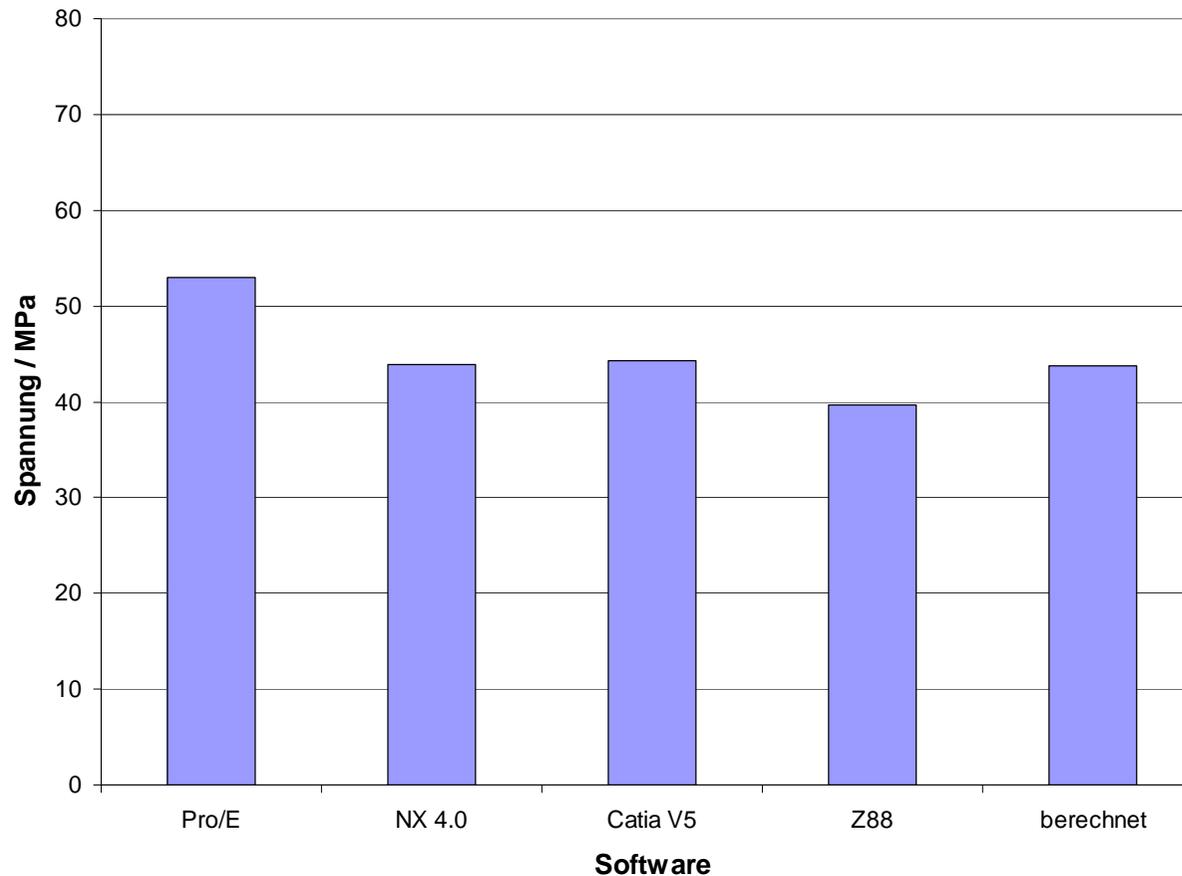


3. Berechnungsbeispiel 1

3.3 Evaluierung

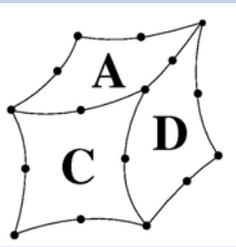


Spannungen



Pro/E	53 MPa
NX 4.0	43,9 MPa
Catia V5	44,3 MPa
Z88	39,7 MPa
berechnet	43,7 MPa

Maximale Differenz: 13,3 MPa



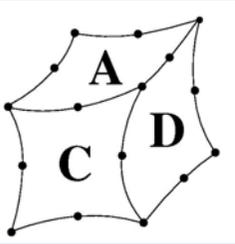
3. Berechnungsbeispiel 1

3.3 Evaluierung



Vernetzung

Balken			
Software	Vernetzungsmethodik	Elementtyp	Elementanzahl
Pro/ENGINEER	p-Methode	max p-Grad 5	211
NX 4.0.25	h-Methode	Hex20	150
Catia V5	h-Methode	Tet10	664
Z88 (Pro/MESH)	h-Methode	Tet10	2422

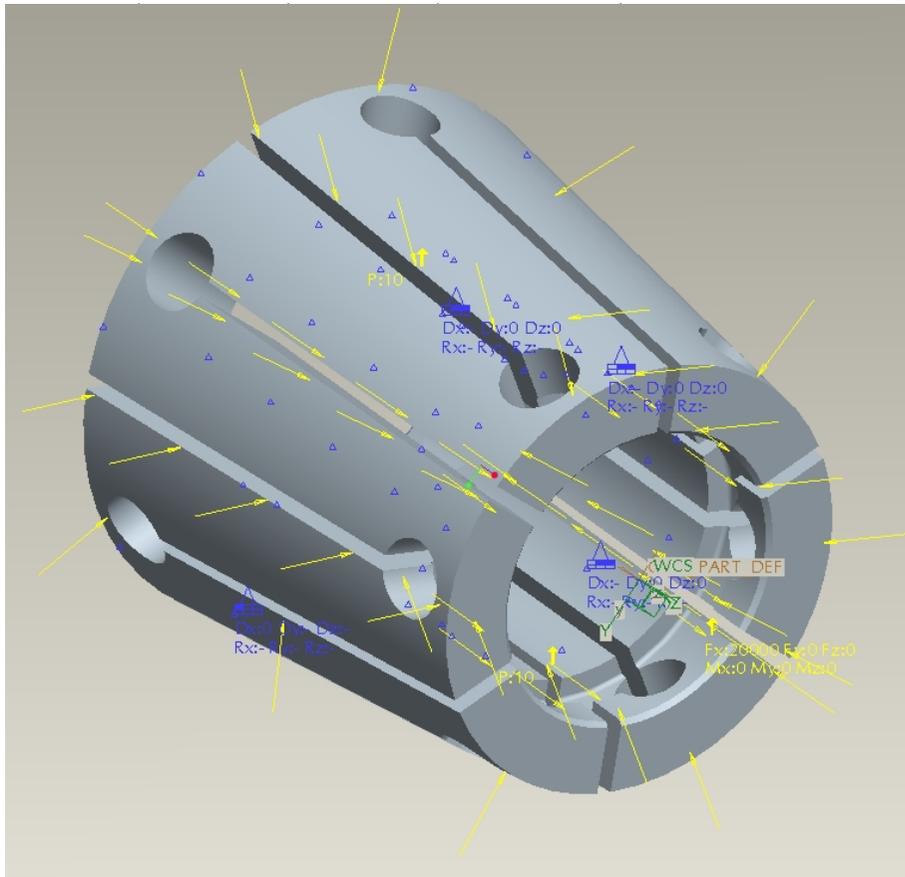


4. Berechnungsbeispiel 2



4.1 Vorgaben

Buchse

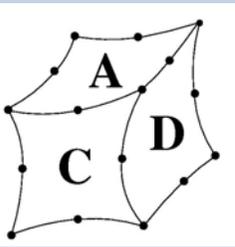


Randbedingungen

- Lager (1) Sperrung AXIAL
- Lager (2) Sperrung RADIAL
- Kraft 20000 N
- Druck 10 N/mm²

Materialdaten

- Elastizitätsmodul: $206.000 \frac{N}{mm^2}$
- Querkontraktionszahl: 0,3

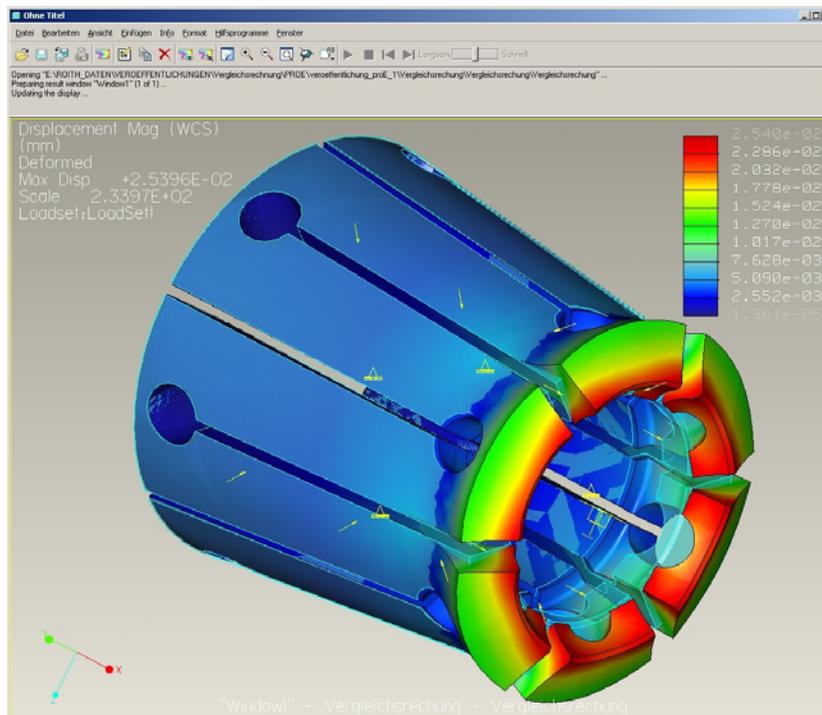


4. Berechnungsbeispiel 2

4.2 Ergebnisse Pro/ENGINEER

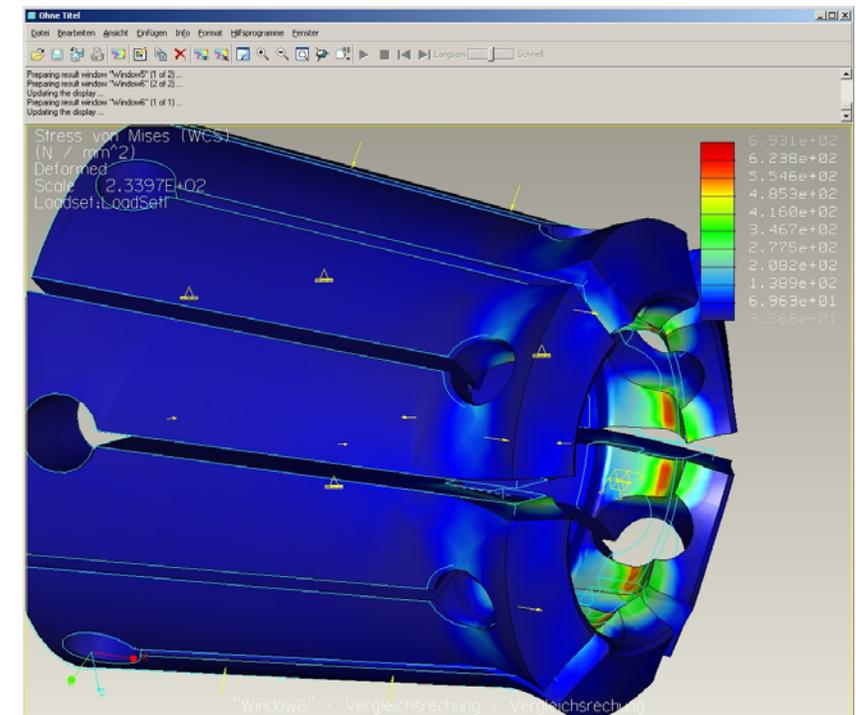


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



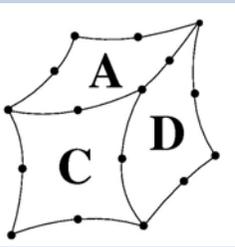
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,0253 mm



Spannungen

Maximal 693 $\frac{N}{mm^2}$

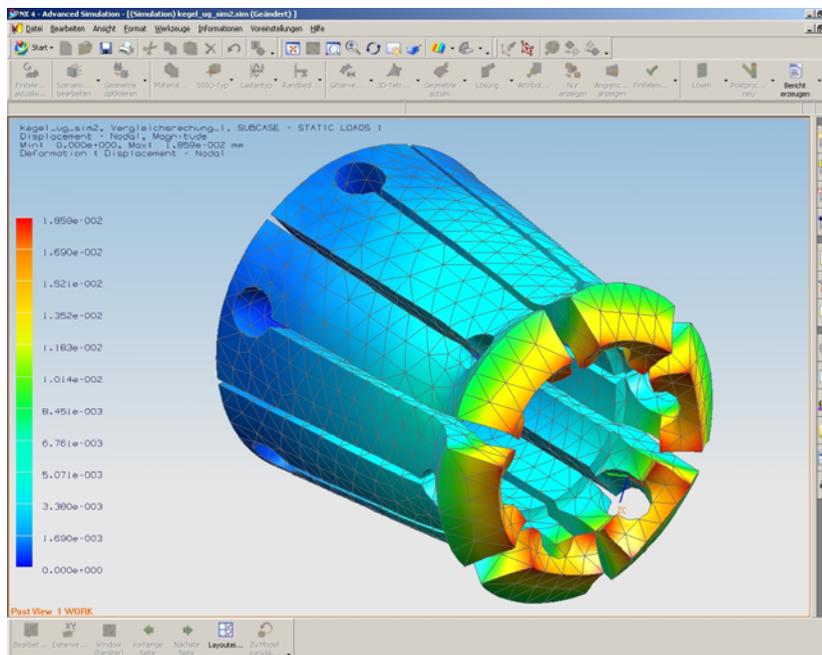


4. Berechnungsbeispiel 2

4.2 Ergebnisse NX 4.0.25

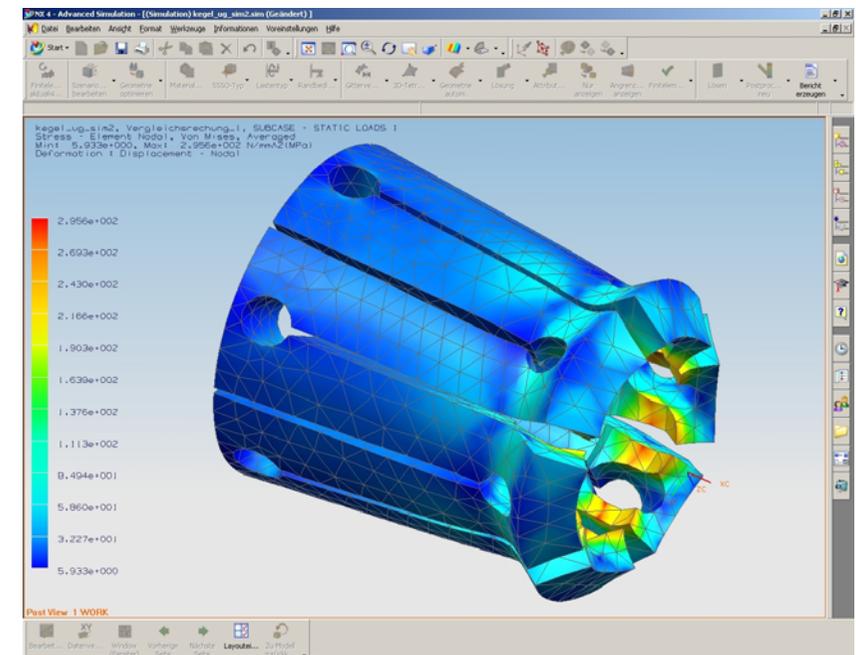


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



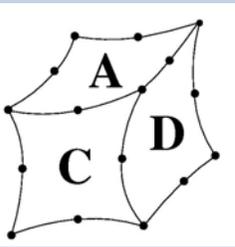
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,0186 mm



Spannungen

Maximal $295,6 \frac{N}{mm^2}$

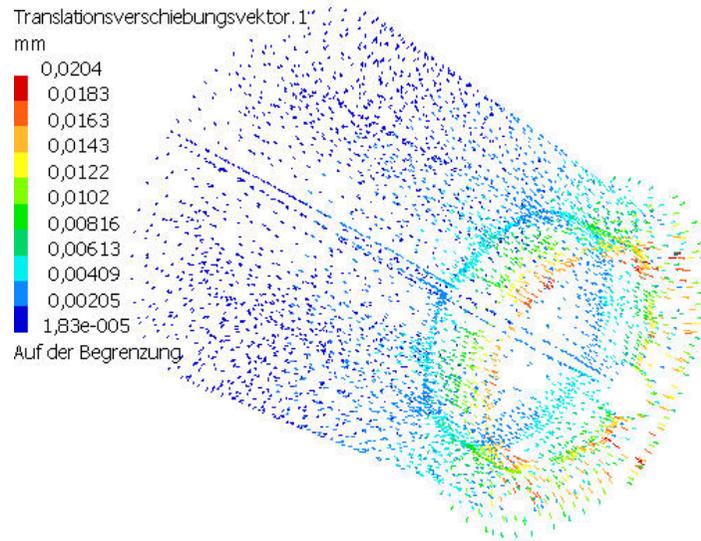


4. Berechnungsbeispiel 2

4.2 Ergebnisse Catia V5

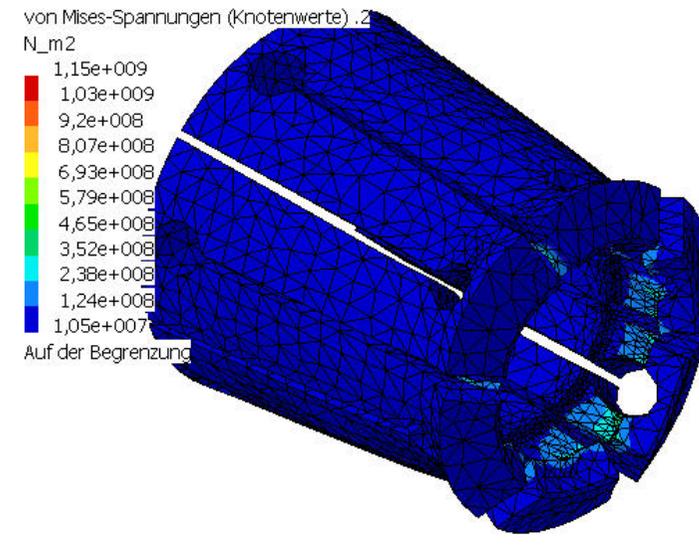


Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



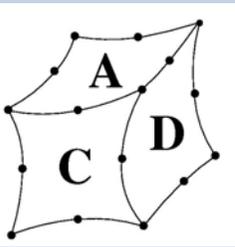
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,0204 mm



Spannungen

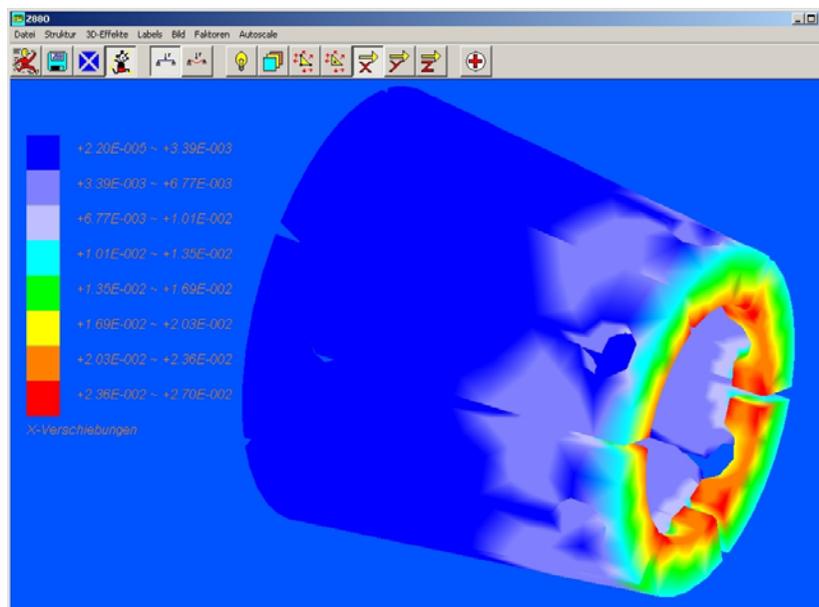
Maximal $115,0 \frac{N}{mm^2}$



4. Berechnungsbeispiel 2

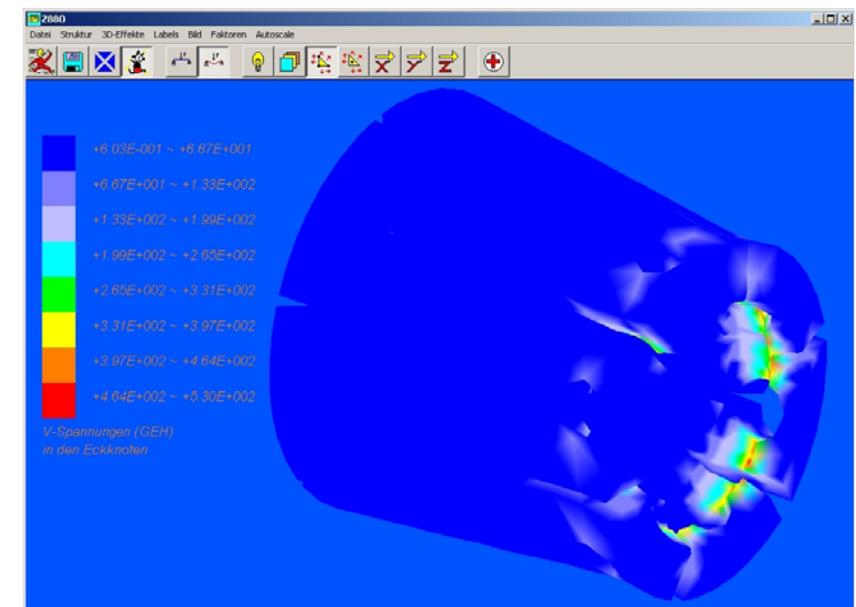
4.2 Ergebnisse Z88 Version 12

Verschiebungen / Spannungen (von Mises)



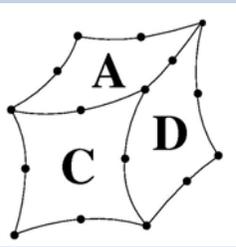
Verschiebungen (Betrag)

Maximal 0,027 mm



Spannungen

Maximal $530,0 \frac{N}{mm^2}$

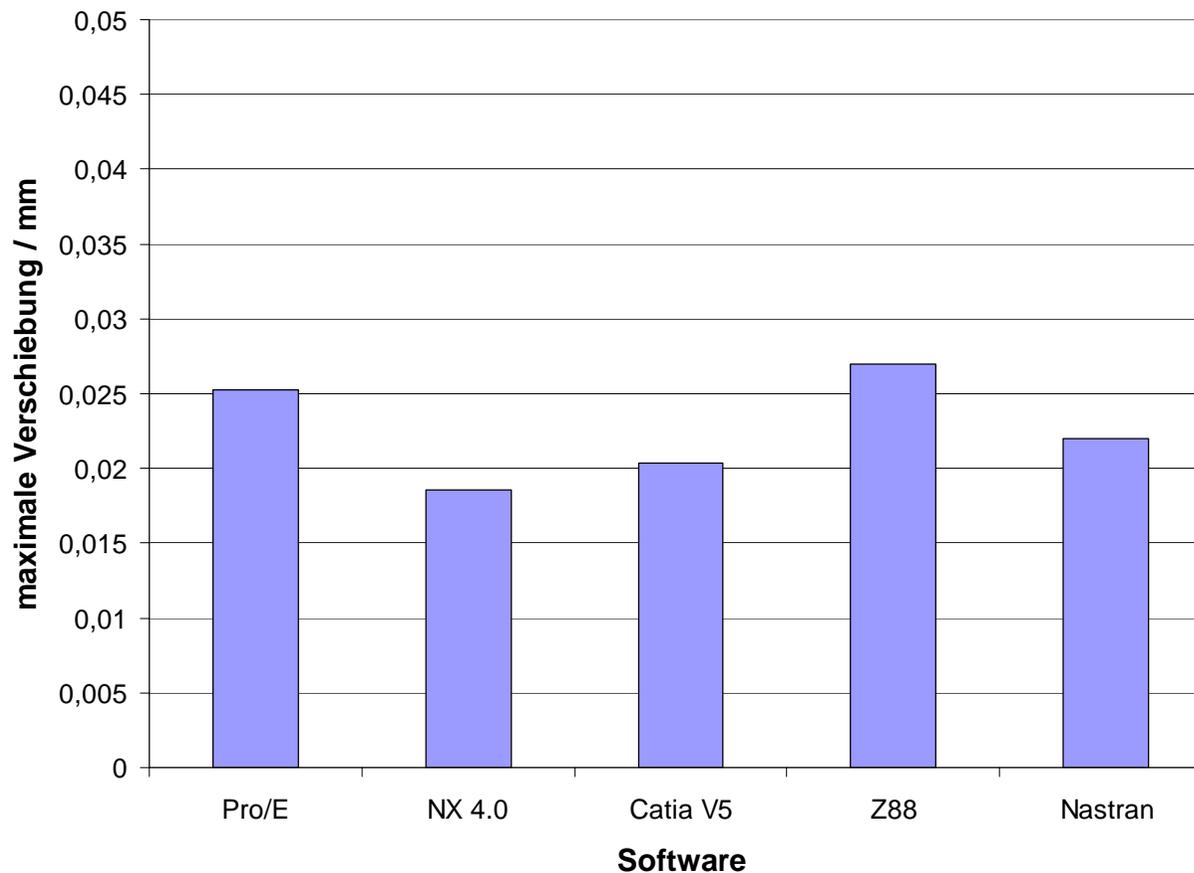


4. Berechnungsbeispiel 2

4.3 Evaluierung / Vergleich

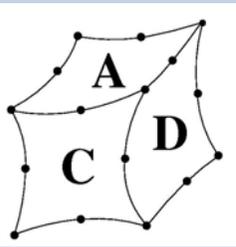


Verschiebungen



Pro/E	0,025 mm	138,8 %
NX 4.0	0,018 mm	100%
Catia V5	0,02 mm	111,1%
Z88	0,027 mm	150%
Nastran	0,022 mm	122%

Maximale Differenz: 0,009 mm
50%

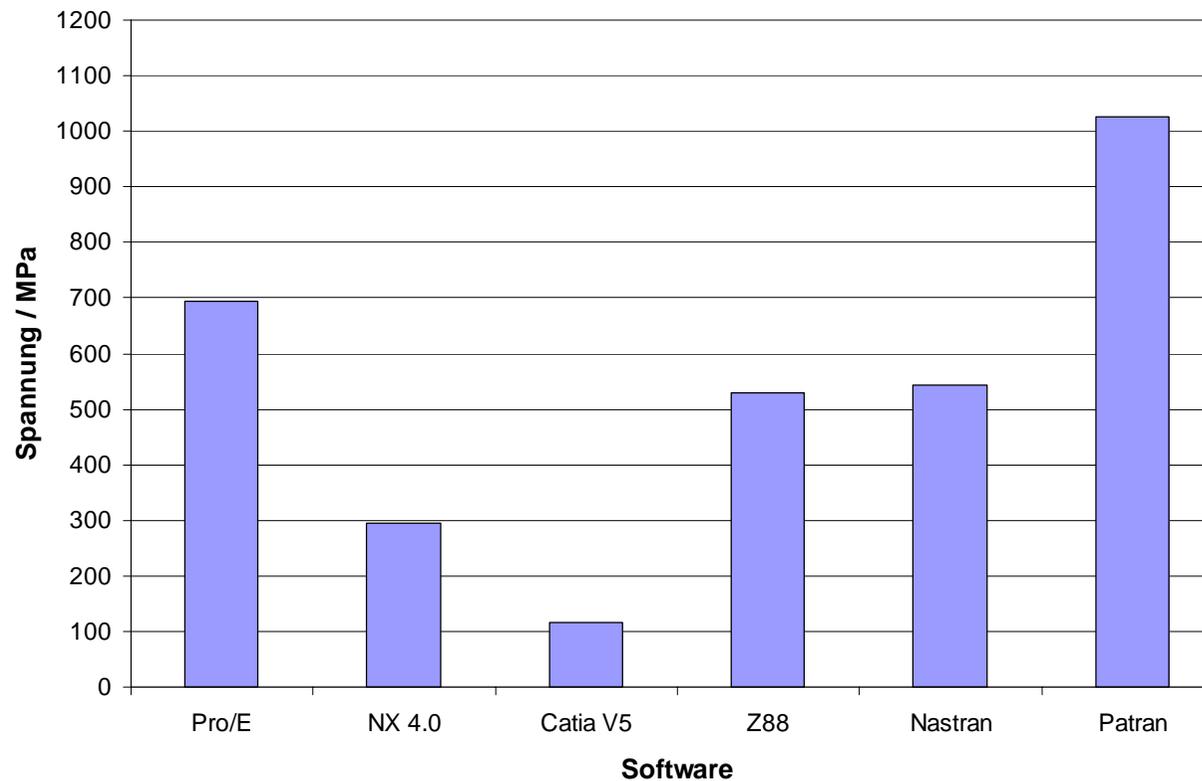


4. Berechnungsbeispiel 1

4.3 Evaluierung / Vergleich

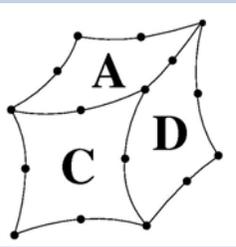


Spannungen



Pro/E	693 MPa	234,4%
NX 4.0	295,6 MPa	100%
Catia V5	115,0 MPa	38,9%
Z88	530 MPa	179,2%
Nastran	544 MPa	103,8%
Patran	1026 MPa	347%

Maximale Differenz: 911 MPa
308,1%

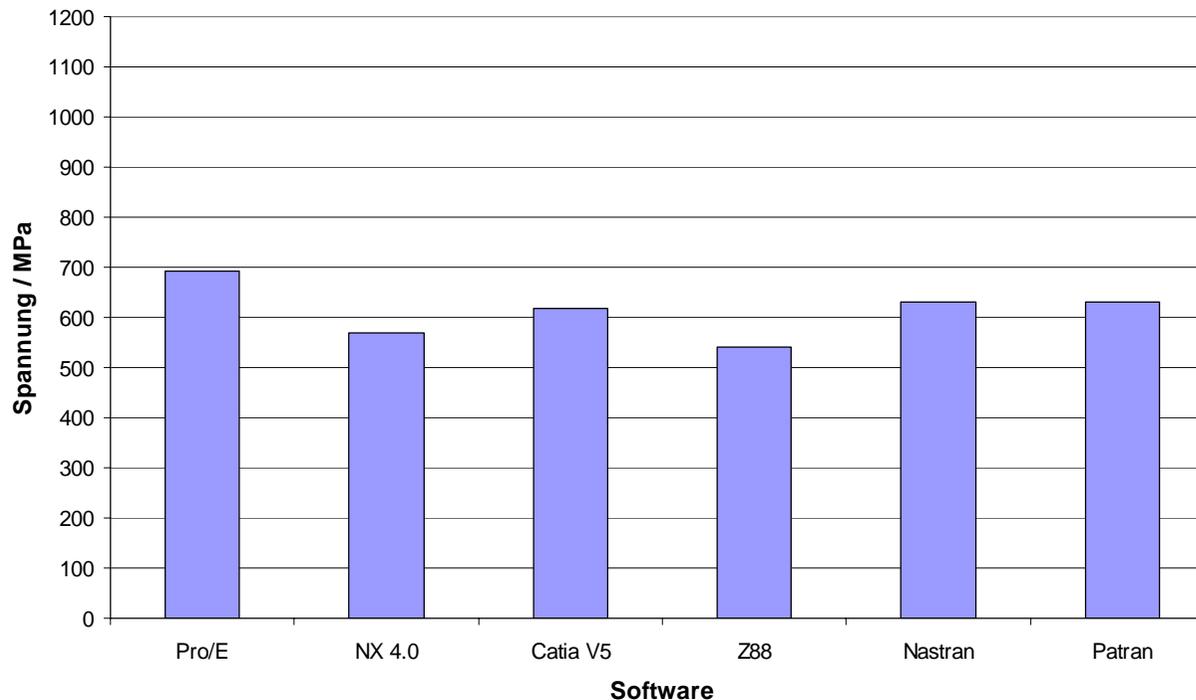


4. Berechnungsbeispiel 1

4.3 Evaluierung / Vergleich

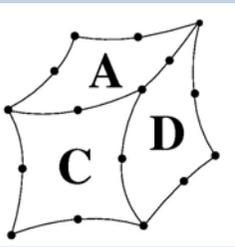


Spannungen (Druck statt Kraft)



Pro/E	693 MPa	121,7%
NX 4.0	569 MPa	100%
Catia V5	618 MPa	108,6%
Z88	542 MPa	95,25%
Nastran	631 MPa	110,8%
Patran	630 MPa	110,7%

Maximale Differenz: 151 MPa
26,5%



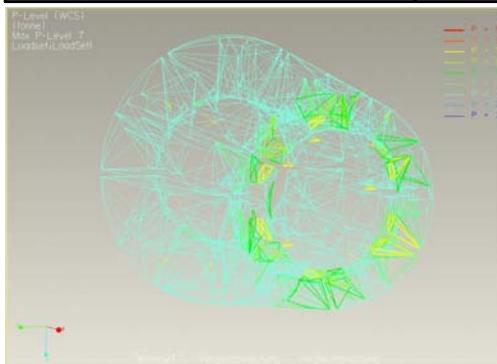
4. Berechnungsbeispiel 2

4.3 Evaluierung

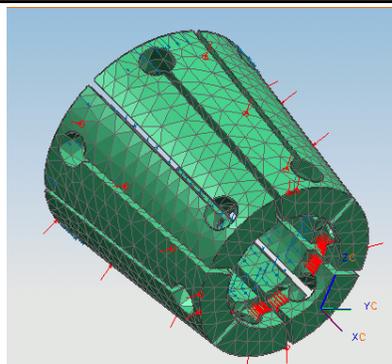


Vernetzung

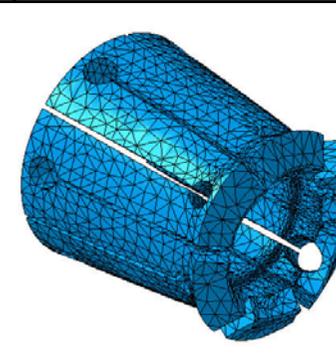
Software	Vernetzungsmethodik	Elementtyp	Elementanzahl
Pro/ENGINEER	p-Methode	max p-Grad 7	1448
NX 4.0.25	h-Methode	TET10	5403
Catia V5	h-Methode	TET10	28978
Z88	h-Methode	TET10	21217
Nastran	h-Methode	TET10	19863
Patran	h-Methode	TET10	22419



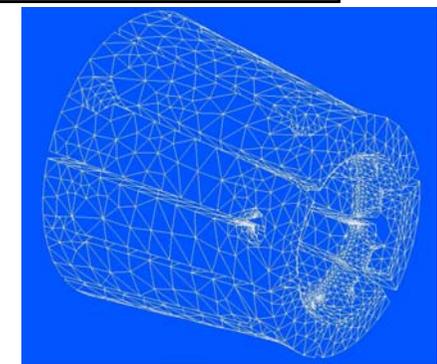
Pro/ENGINEER



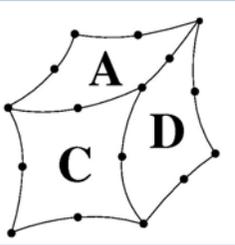
NX 4.0



Catia V5



Z88



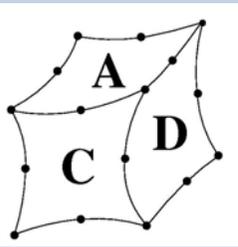
4. Berechnungsbeispiel 2

4.3 Evaluierung



Preprozessor / Postprozessor

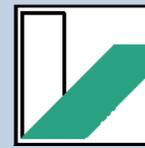
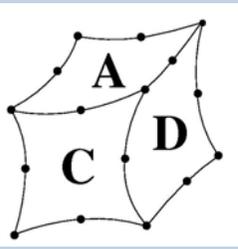
	Kategorie	Pro/ENGINEER	Nx 4.0	Catia V5
Preprozessor	Material	erweiterbare Datenbank mit den wichtigsten Werkstoffen		
		unterschiedliche Materialwerte		
			Temperaturabhängige Liste	
	Lager	frei / fest; kartesisch / polar		
	Lasten	Kräfte, Momente, Drücke, Verschiebungen, Massenkräfte (Fliehkraft)		
	Vernetzung	p-Methode	h-Methode	h-Methode
	Elementtypen	Polygomtyp	Tetraeder 4 / 10 Hexaeder 8 / 20	Tetraeder 4 / 10
	Elementgröße	-	veränderbar	
Export	Nastran (Free-Field Format) Ansys	Nastran (Small/Large Format)	Nur Netz im *.dat-Format	
Postprozessor	Ergebnisanzeige	verformtes (unverformtes) Model, Spannungen, Verschiebungen (x, y, z, mag)		
		Dehnungen	Dehnungen Knotenkräft	Genauigkeit
	Ausgabe	Bericht (html-Format)		



5. Zusammenfassung



- geringe Unterschiede bei den ermittelten Verschiebungen
- große Unterschiede zwischen den berechneten Spannungen resultierend auf der Interpretation der Randbedingungen
- Unterschiede:
 - Vernetzungsmethode und Elementtyp
 - Solver
 - Bedienbarkeit
 - Schnittstellen
 - Zeitaufwand (vom Beginn der Analyse bis zum Ergebnis)



Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit