



Leistungsbeurteilung von FEM Software durch NAFEMS-Benchmarks

17. BAYREUTHER 3D-KONSTRUKTEURSTAG

Bayreuth, 16. September 2015

Stefan Hautsch, M.Sc.

Maximilian Braun, M.Sc.



Einleitung und Motivation



LINEAR STATISCHE
ANALYSE



NICHTLINEARE ANALYSE



THERMISCHE ANALYSE



EIGENSCHWINGUNGEN



Einleitung und Motivation

LINEAR STATISCHE
ANALYSE

NICHTLINEARE ANALYSE

**Beurteilung der FE-Ergebnisqualität
durch NAFEMS Benchmarks**



THERMISCHE ANALYSE

EIGENSCHWINGUNGEN



Benchmarktests – Linear statische Analyse „LE1“ [3]



Zielwert:

• $\sigma_{yy}=92,7 \text{ N/mm}^2$ in Punkt D

Geometrie:

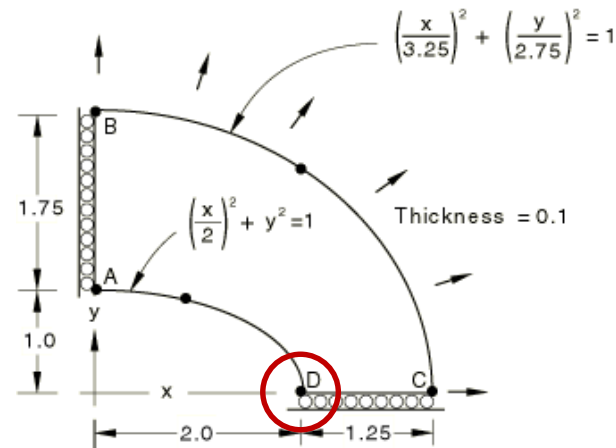
• elliptische Membran (ABCD)
• Material: E295 (E-Modul=210000 N/mm², $\nu=0,3$)

Randbedingung:

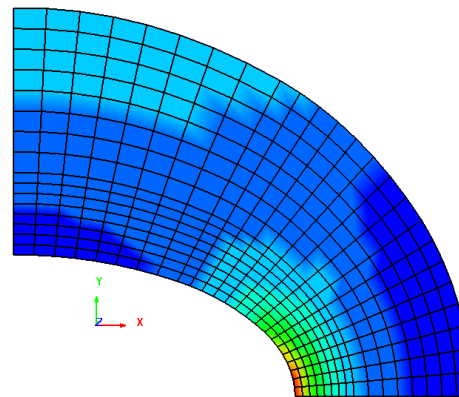
• Auf BC Druck nach außen (10 N/mm²)
• Kante AB $u_x=0$
• Kante CD $u_y=0$

Netz:

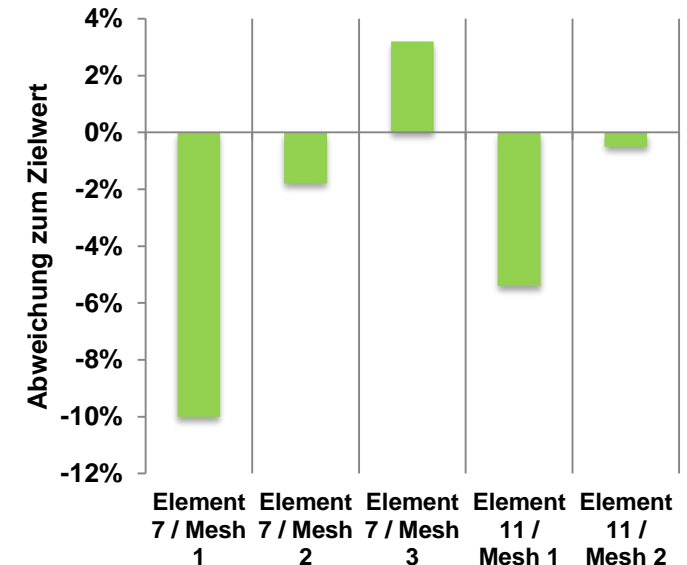
• Z88-Elemente: Scheibe Nr. 7, Scheibe Nr. 11
• Mesh1=Coarse (3x2 Elemente), Mesh2=Fine (4x4 Elemente), Mesh3=16x24 Elemente



Benchmark-Modell „LE1“

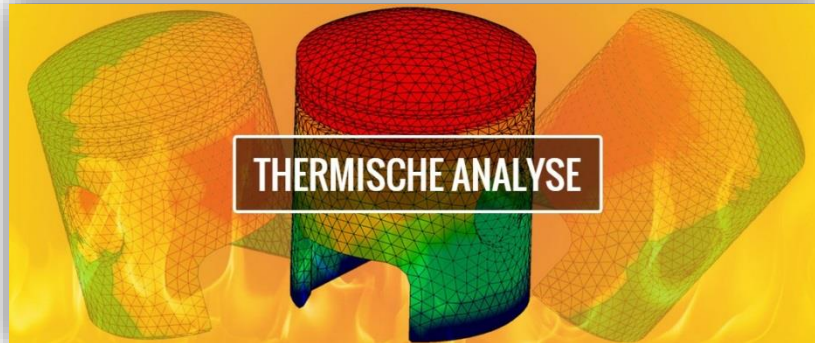


Z88-Modell „LE1“





Benchmarktests – Thermische Analyse „Test 9 (i)“ [5]



Zielwert:

- $T=260,5\text{ °C}$ in Punkt P

Geometrie:

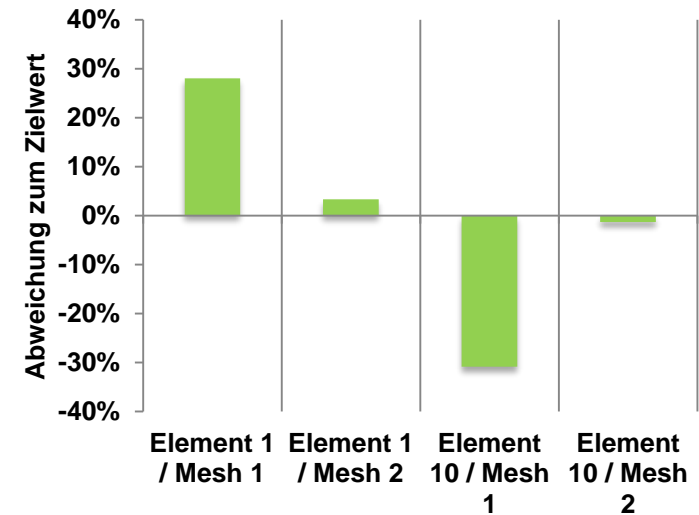
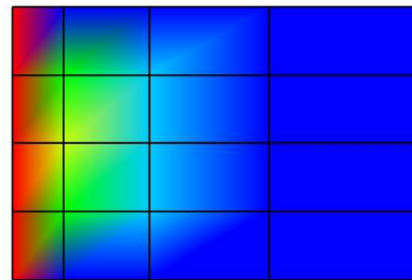
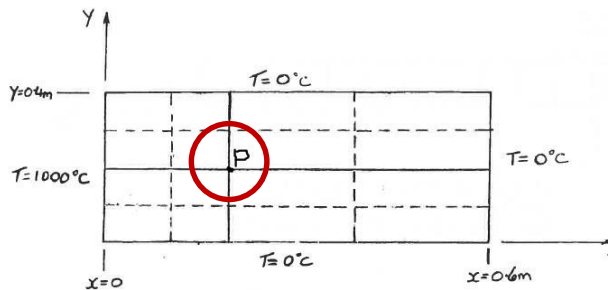
- Quader ($l=0,6\text{ m} \times h=0,4\text{ m}$)
- Dichte $\rho=7850\text{ kg/m}^3$
- Wärmeleitfähigkeit $K=52\text{ W/(m°C)}$

Randbedingung:

- Bei Kante $x=0$, $T=1000\text{ °C}$, sonst $T=0\text{ °C}$

Netz:

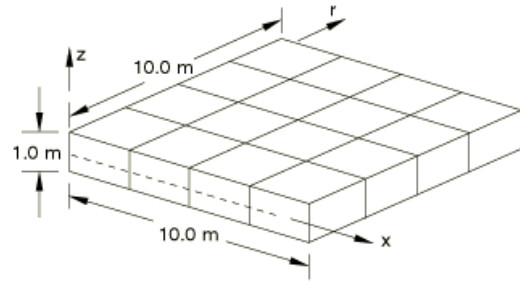
- Z88-Elemente: Hexaeder Nr. 1, Hexaeder Nr. 10
- Mesh1=Coarse (2x2 Elemente), Mesh2=Fine (4x4 Elemente)



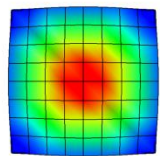
Benchmark-Modell „Test 9 (i)“ Z88-Modell „Test 9 (i)“



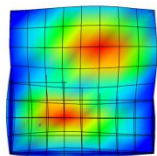
Benchmarktests – Eigenschwingungen „FV52“ [3]



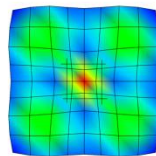
Benchmark-Modell „FV52“



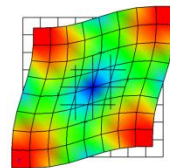
Mode 4
Normal zur Platte



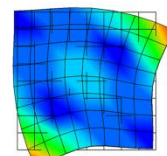
Mode 5 & 6
Normal zur Platte



Mode 7
Normal zur Platte



Mode 8
In der Plattenebene



Mode 9 & 10
In der Plattenebene

Z88-Modell „FV52“

Zielwert:

- Mode 4: 45.897 Hz
- Mode 7: 167,890 Hz
- Mode 8: 193,590 Hz

Geometrie:

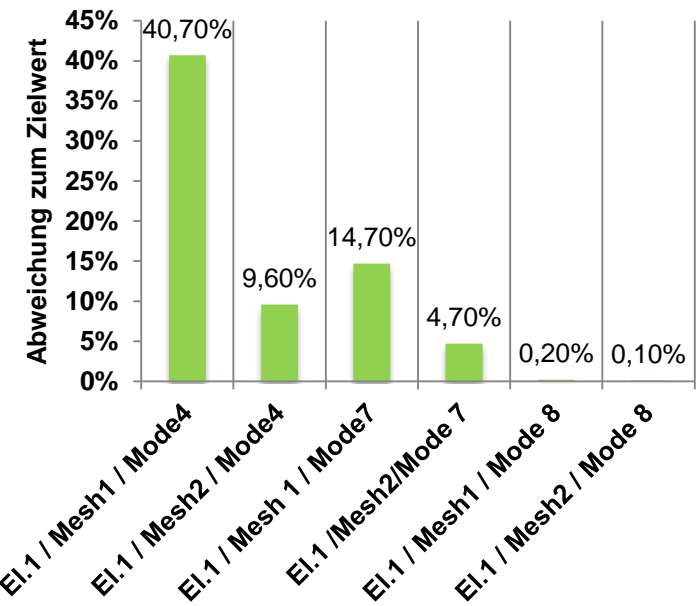
- Platte ($l=10,0 \text{ m} \times l=10,0 \text{ m} \times d=1,0 \text{ m}$)
- Dichte $\rho=8000 \text{ kg/m}^3$
- Material: E-Modul=200000 N/mm², $\nu=0,3$)

Randbedingung:

- $u_z=0$ an allen Kanten bei $z=-0,5 \text{ m}$

Netz:

- Z88-Elemente: Hexaeder Nr. 1, Hexaeder Nr. 10
- Mesh1=Coarse (4x4x1 Elemente), Mesh2=Fine (8x8x3 Elemente)





Benchmarktests – Nichtlineare Analyse „Test NL 3.4“ [6]



Zielwerte:

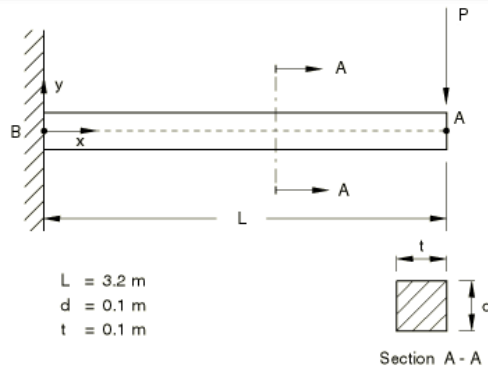
- Tabellierte Werte der Verschiebung in y-Richtung in Abhängigkeit des Lastanteils

Geometrie:

- Balken (Länge 3,2 m, $d=t=0,1$ m)
- E-Modul (E-Modul 210000 N/mm², $\nu=0,3$)

Randbedingung:

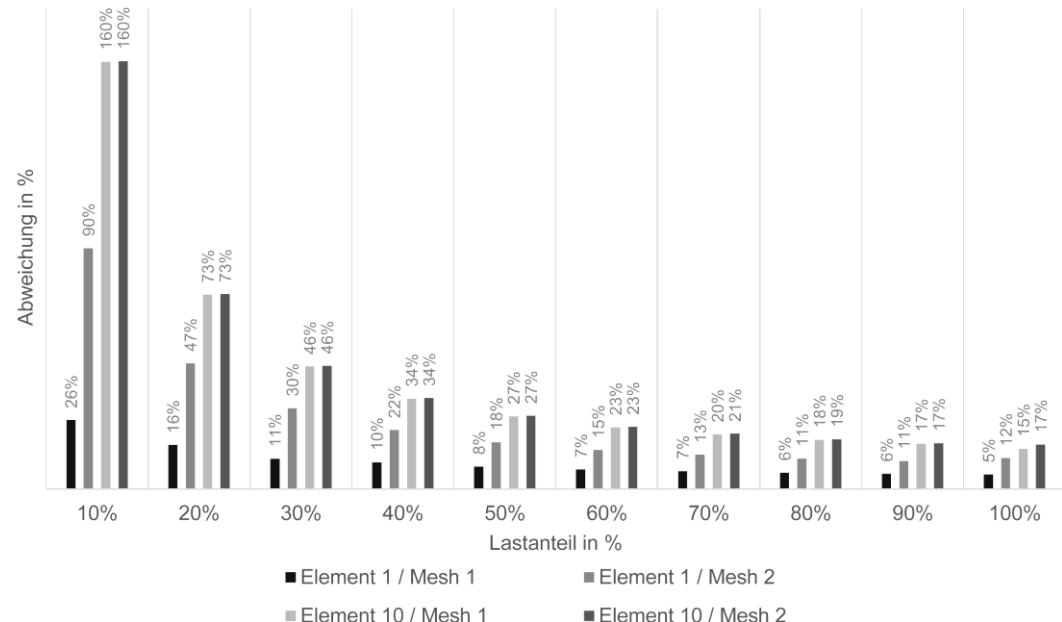
- Festeinspannung bei $x=0$
- Kraft $P=1708980$ N bei $x=3,2$ m

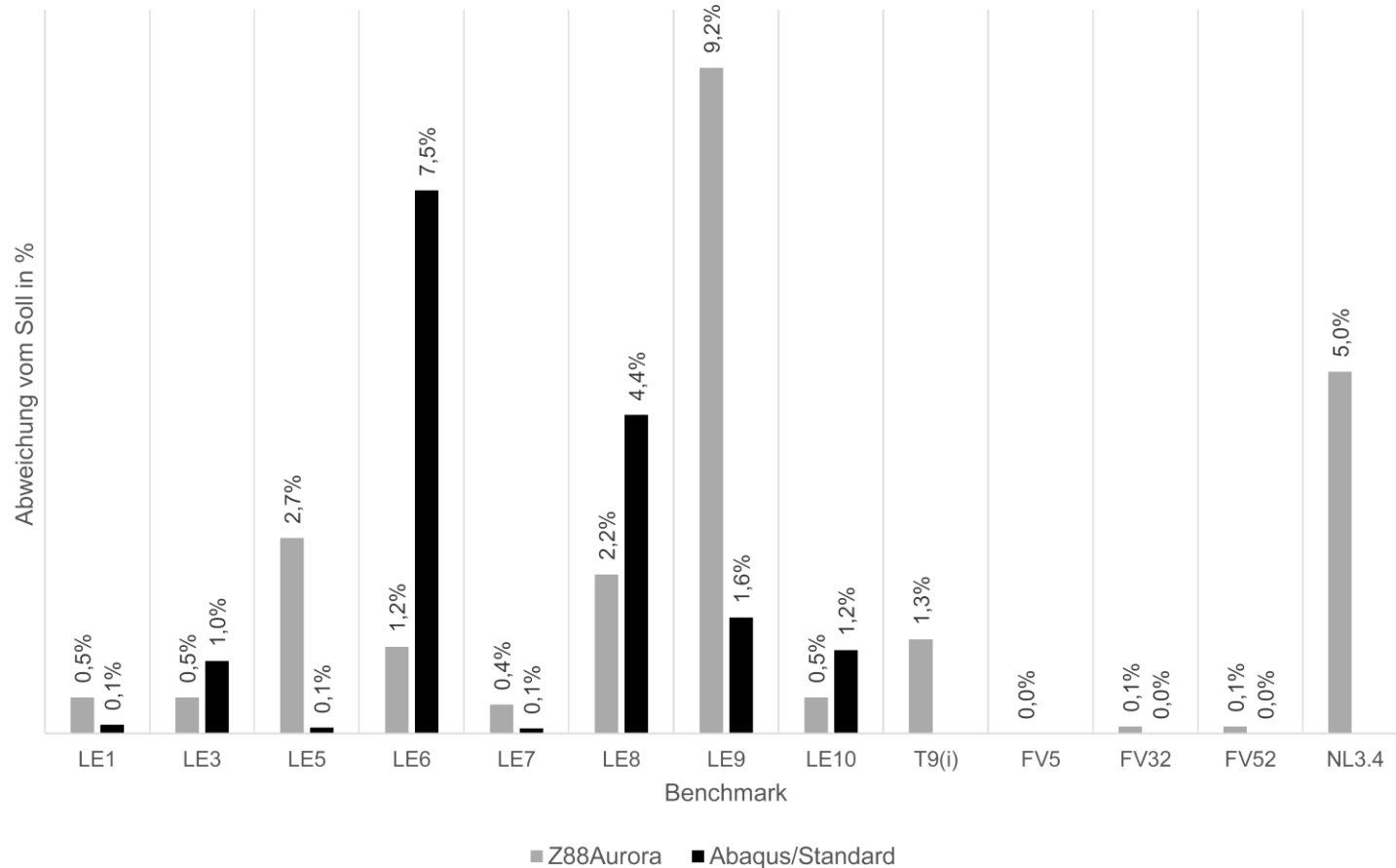


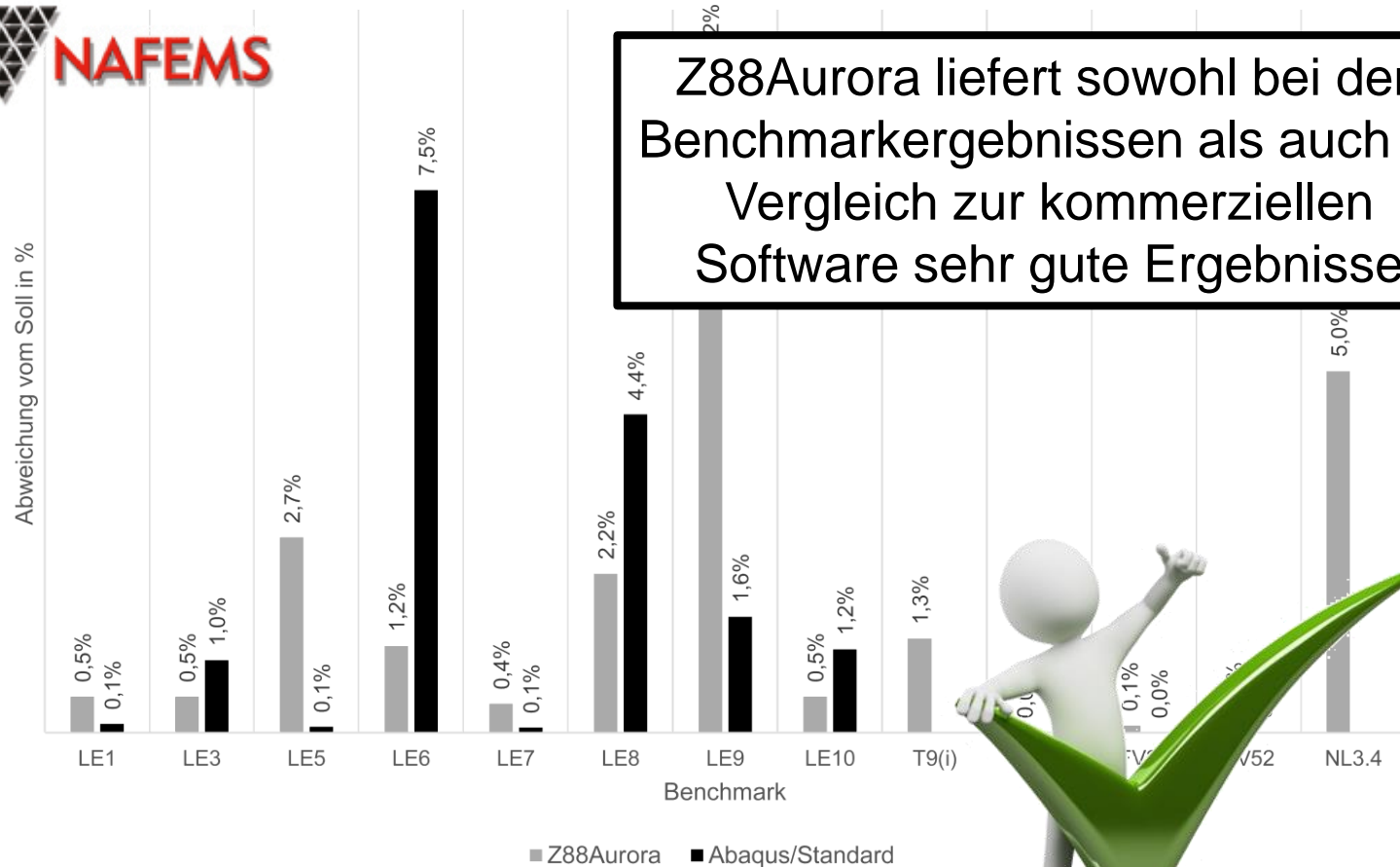
Benchmark-Modell „Test NL 3.4“



Z88-Modell „Test NL 3.4“









Benchmarktests – Literaturangaben

- [1] Rieg, F.; et al.: „Finite-Elemente-Analyse für Ingenieure“, 5., überarbeitete Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2014
- [2] NAFEMS Ltd.: „NAFEMS History“, Internetseite:
www.nafems.org/about/about_nafems/history/, Zugriff am 20. Juli 2015
- [3] NAFEMS Ltd.: „The Standard NAFEMS Benchmarks“, Rev. 3. Glasgow, 1990
- [4] NAFEMS Ltd.: „NAFEMS Background to Benchmarks“. Glasgow, 1993
- [5] NAFEMS Ltd.: „Benchmark Tests For Thermal Analysis“. Glasgow, 1986
- [6] NAFEMS Ltd.: „Finite Element Benchmarks For 2D Beams And
Axisymmetric Shells Involving Geometric Non-Linearity“. Glasgow, 1989
- [7] Rieg, Frank; et al.: „Z88 Aurora V3 Theoriehandbuch“. Bayreuth, 2014
- [8] Dassault Systèmes S.A.: „Abaqus Guide v 6.13 - Benchmarks Guide“, 2014