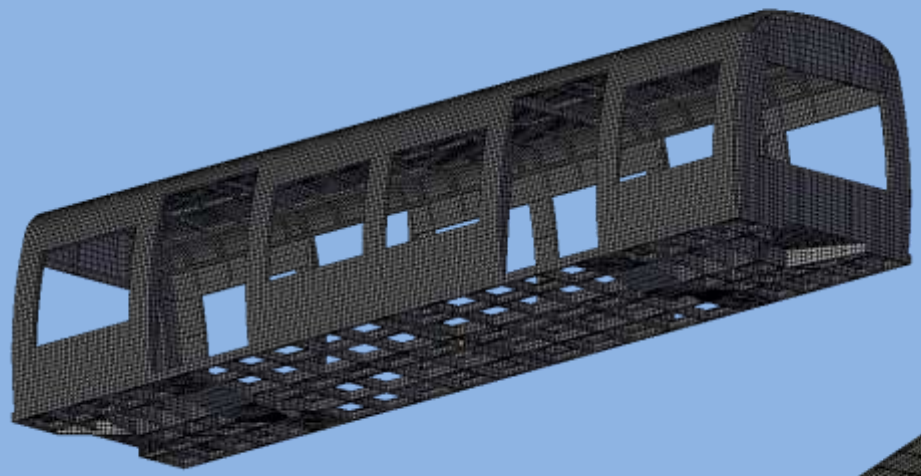
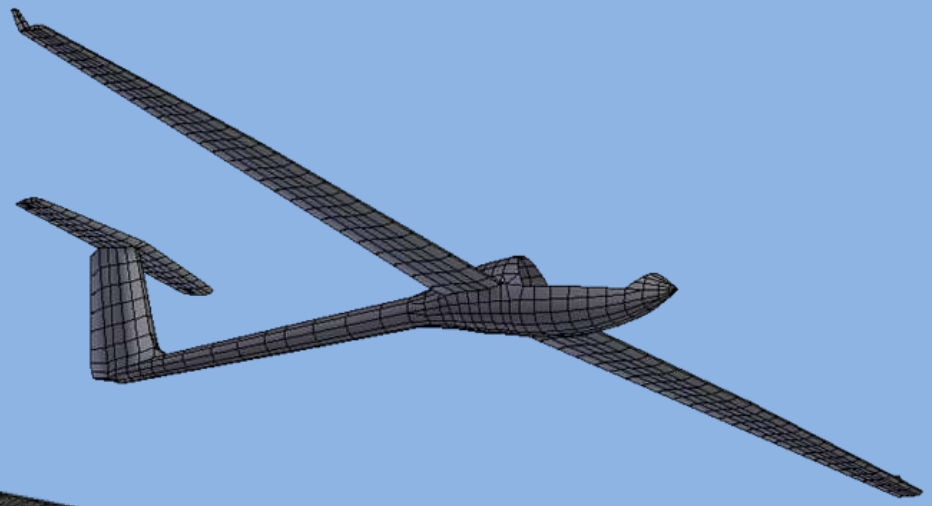
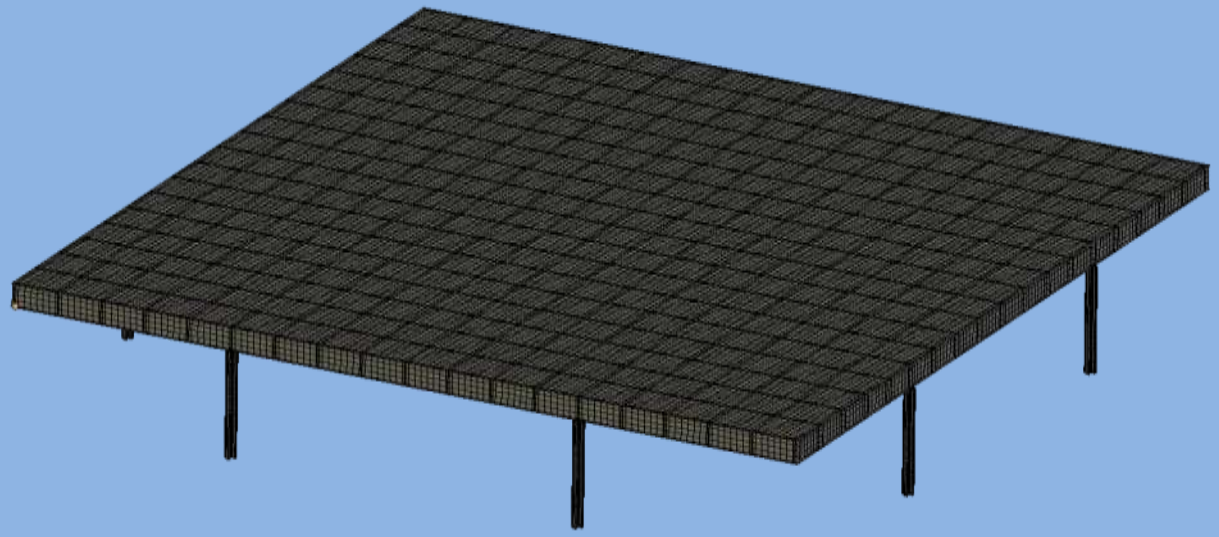
Berechnung von Strukturen mit Schalenelementen in Z88 Aurora







21.09.2016
Christian Claus

Schalenelemente in Z88 Aurora

Warum Schalen-elemente ?

Mit freundlicher Genehmigung
DG- Flugzeugbau GmbH, /1/

So etwas müsste man simulieren können !

Schalenelemente in Z88 Aurora

Das sog. Flattern ist eine selbsterregte Schwingung, bei der die Massen- und Federkräfte der Flugzeugstruktur in Wechselwirkung mit den Luftkräften treten. Vereinfacht also:

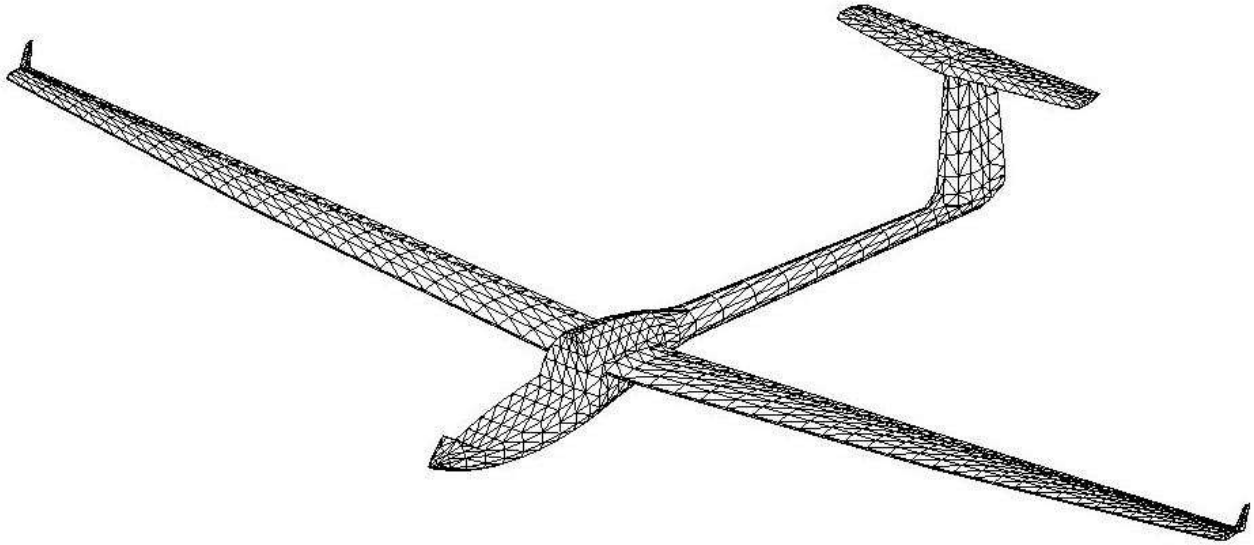
$$M\ddot{x} + D\dot{x} + Cx = L$$

Mit:	M	Massenmatrix
	D	Dämpfungsmatrix
	C	Steifigkeitsmatrix
	L	Luftkräfte

Mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente sollte es zumindest möglich sein, die Massen- und Steifigkeitsmatrix zu beschreiben:

$$M\ddot{x} + Cx = 0$$

Schalenelemente in Z88 Aurora



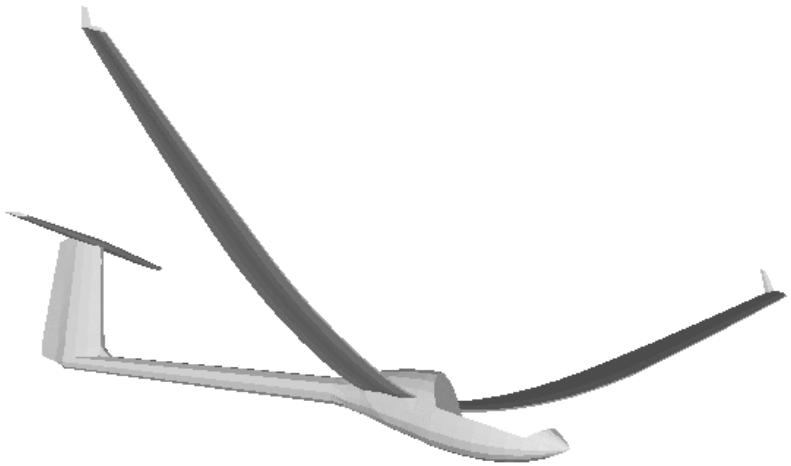
1. Versuch

- Geometrie als *.stl – Datei aus CAD exportieren

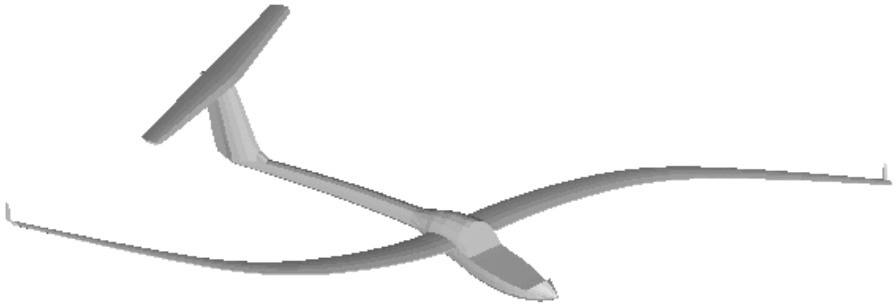
- In GMSH importieren, /2/, Mesh erzeugen

- Mesh in CALCULIX importieren, /3/, Eigenfrequenzberechnung

Schalenelemente in Z88 Aurora

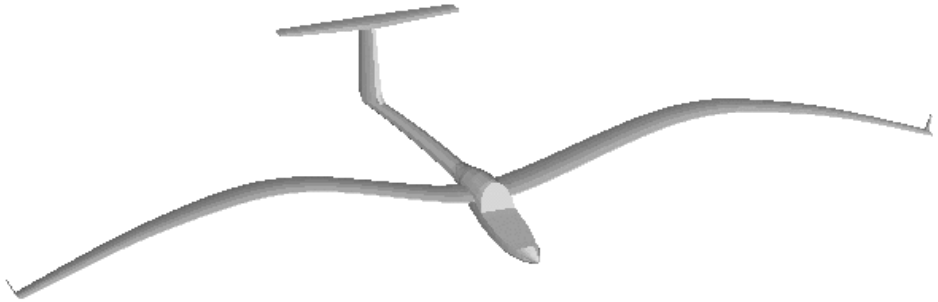


1. Eigenform....



..... 2. Eigenform....

Schalenelemente in Z88 Aurora



..... 3. Eigenform....

Ist das so realistisch ??

Nein !

Berechnet wurde
eine isotrope
Volumenstruktur
(Tetraederelemente)
die so natürlich
niemals fliegen würde

Schalenelemente in Z88 Aurora

Die Struktur eines Segelflugzeugs ähnelt mehr einer Eierschale als einem Stück Seife.....

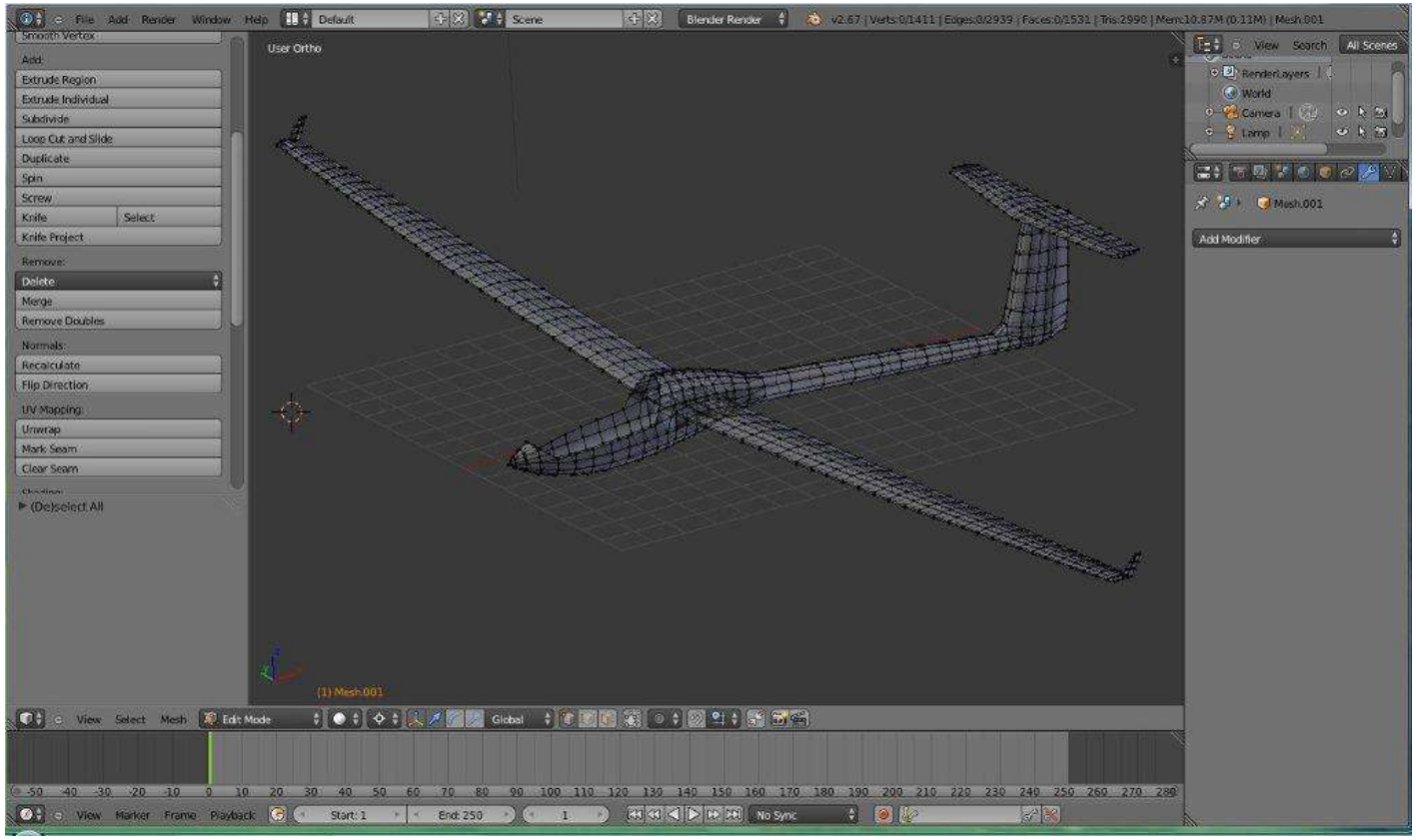
Mit Z88 Aurora, /4/, lassen sich solche Strukturen mit Hilfe von dünnen Schalenelementen Nr. 23 bzw. Nr. 24 berechnen

Es fehlt aber in Z88 Aurora eine Möglichkeit, auf schnelle und einfache Weise Finite-Elemente-Modelle aus Schalen zu erzeugen

Eine Schnittstelle bietet die Möglichkeit, hierzu die lizenzfrei verfügbare Animationssoftware BLENDER zu verwenden, /5/

Schalenelemente in Z88 Aurora

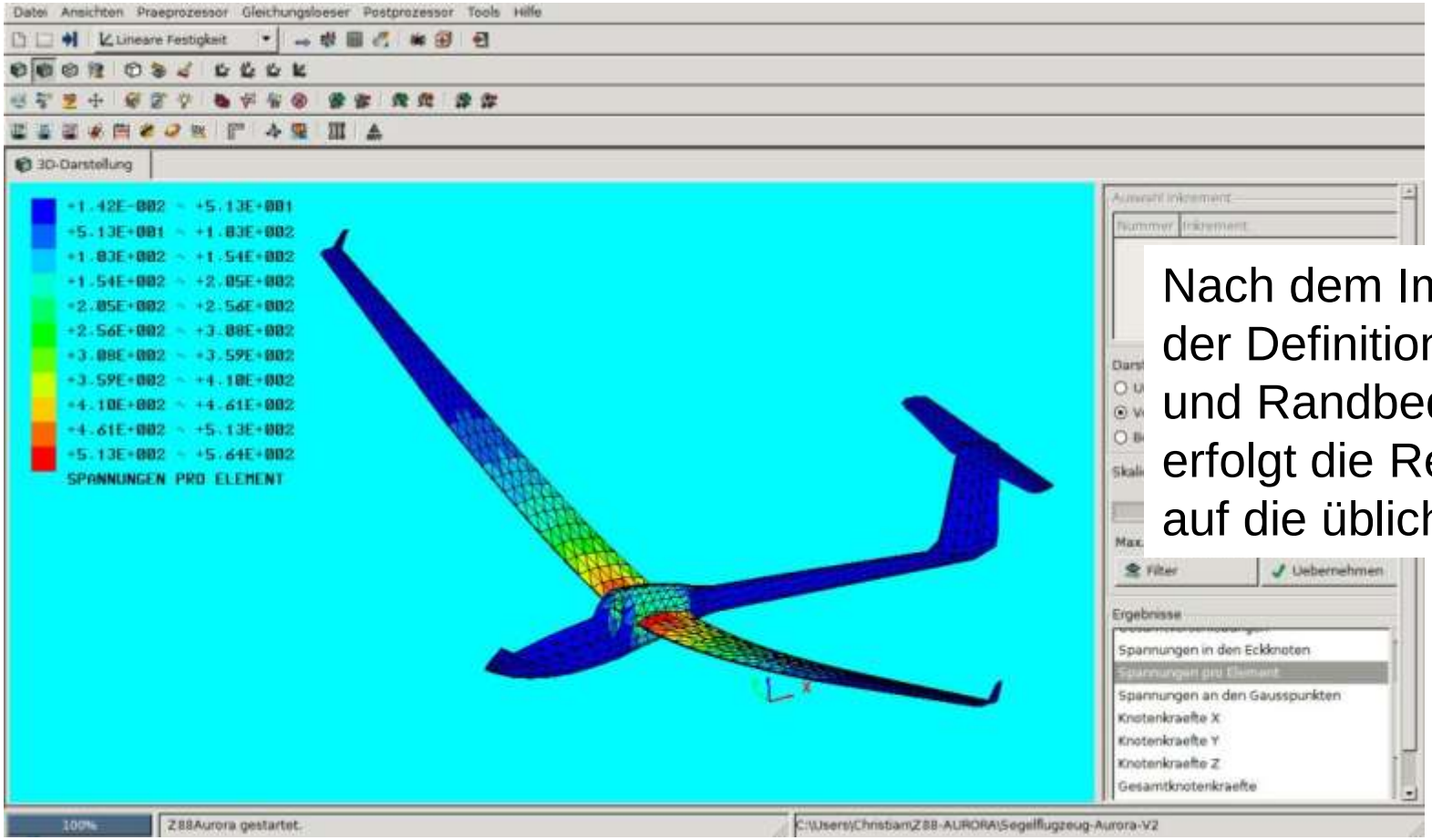
Vorgehensweise:



Die Schalenstruktur wird direkt in Blender erzeugt

Eine PYTHON–Schnittstelle, /6/, erzeugt aus dieser Struktur die Datei z88structure.txt, die in Z88 Aurora eingelesen werden kann

Schalenelemente in Z88 Aurora



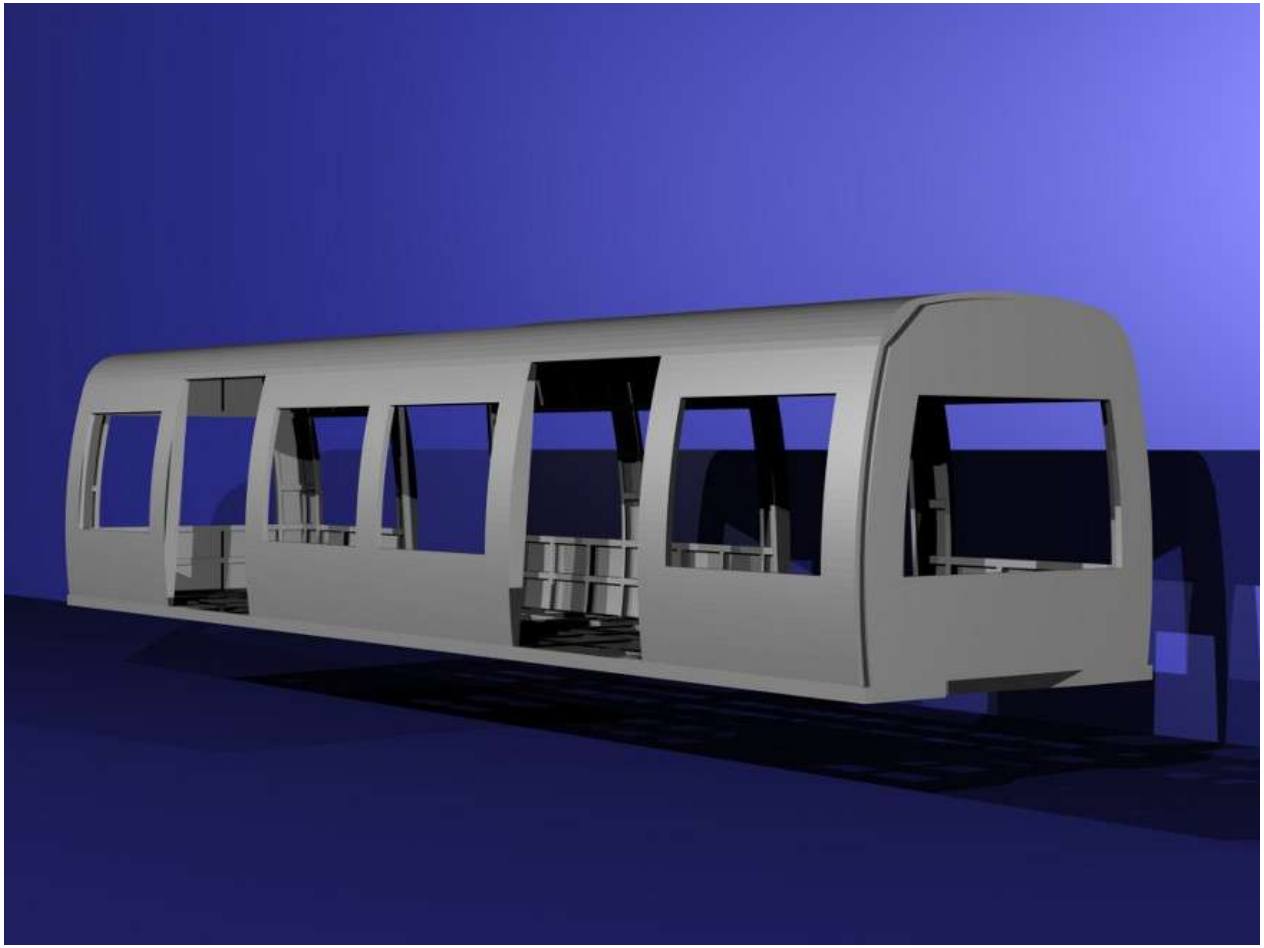
Nach dem Import und der Definition von Lasten und Randbedingungen erfolgt die Rechnung auf die übliche Weise....

Diese Methode verwendet ausschließlich frei verfügbare Software.
Eine ausführliche Anleitung findet sich in /7/:

http://fem-helden.de/schalenerzeugung-mit-blender

Schalenelemente in Z88 Aurora

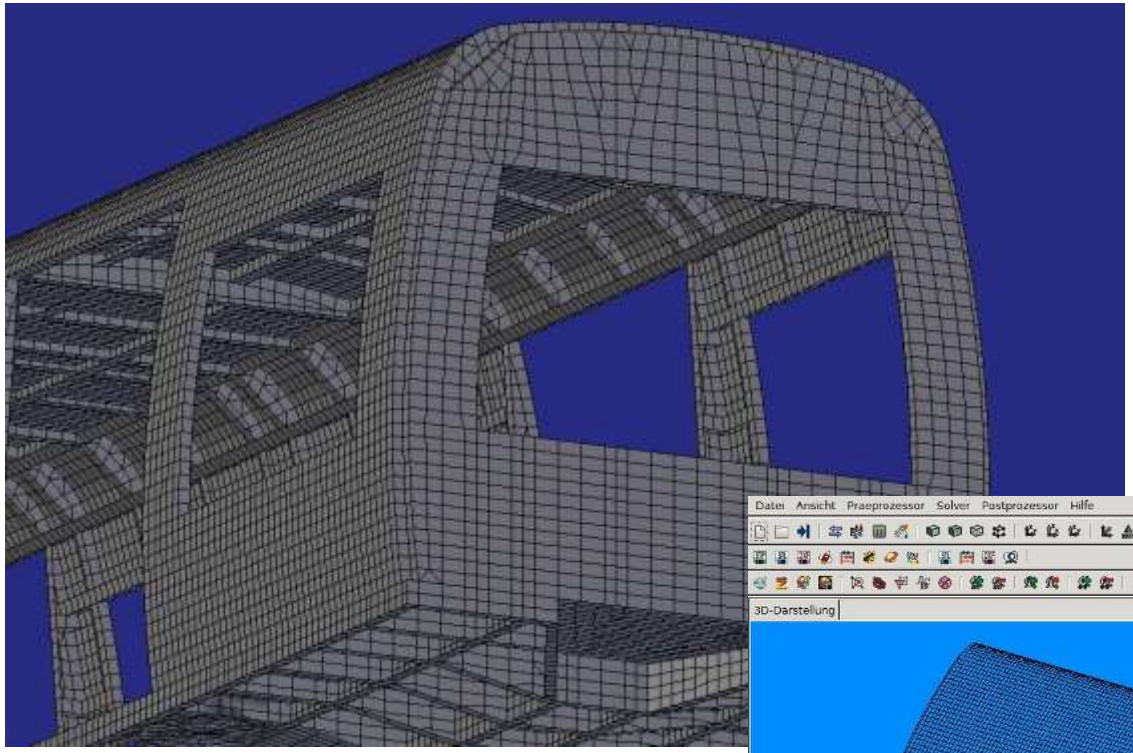
Erprobung des vorgestellten Verfahrens:



Erste Testberechnung 2010 mit Aurora V1:

Wagenkasten eines imaginären U-Bahnfahrzeugs, Darstellung in BLENDER, /5/

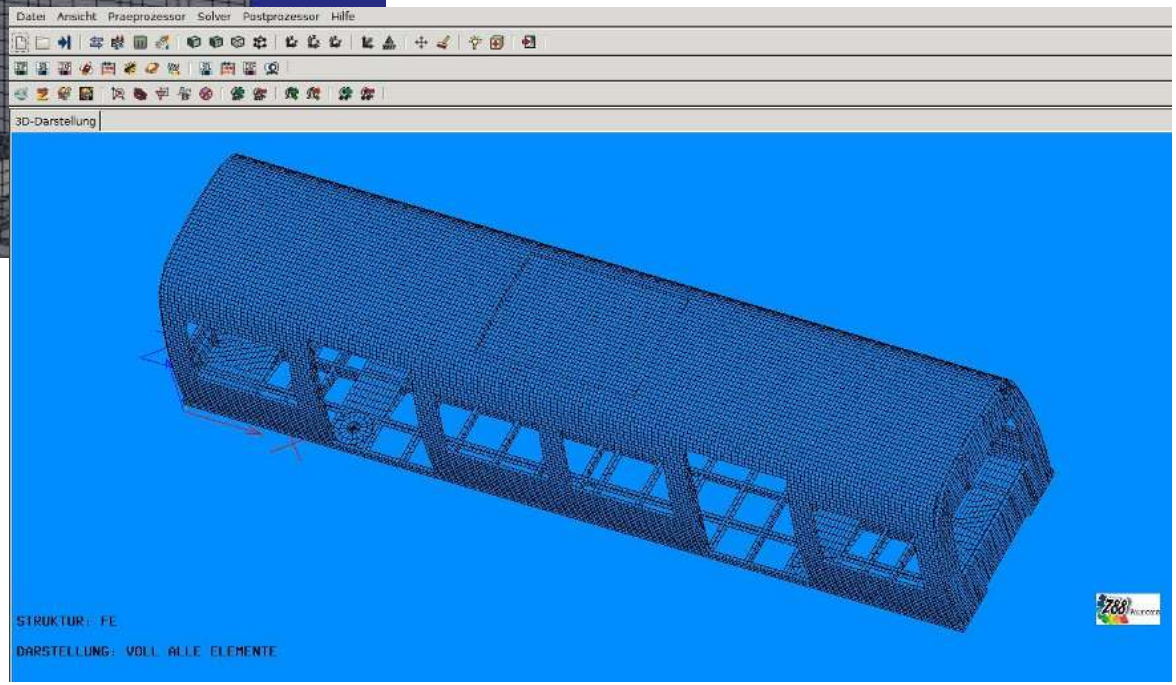
Schalenelemente in Z88 Aurora



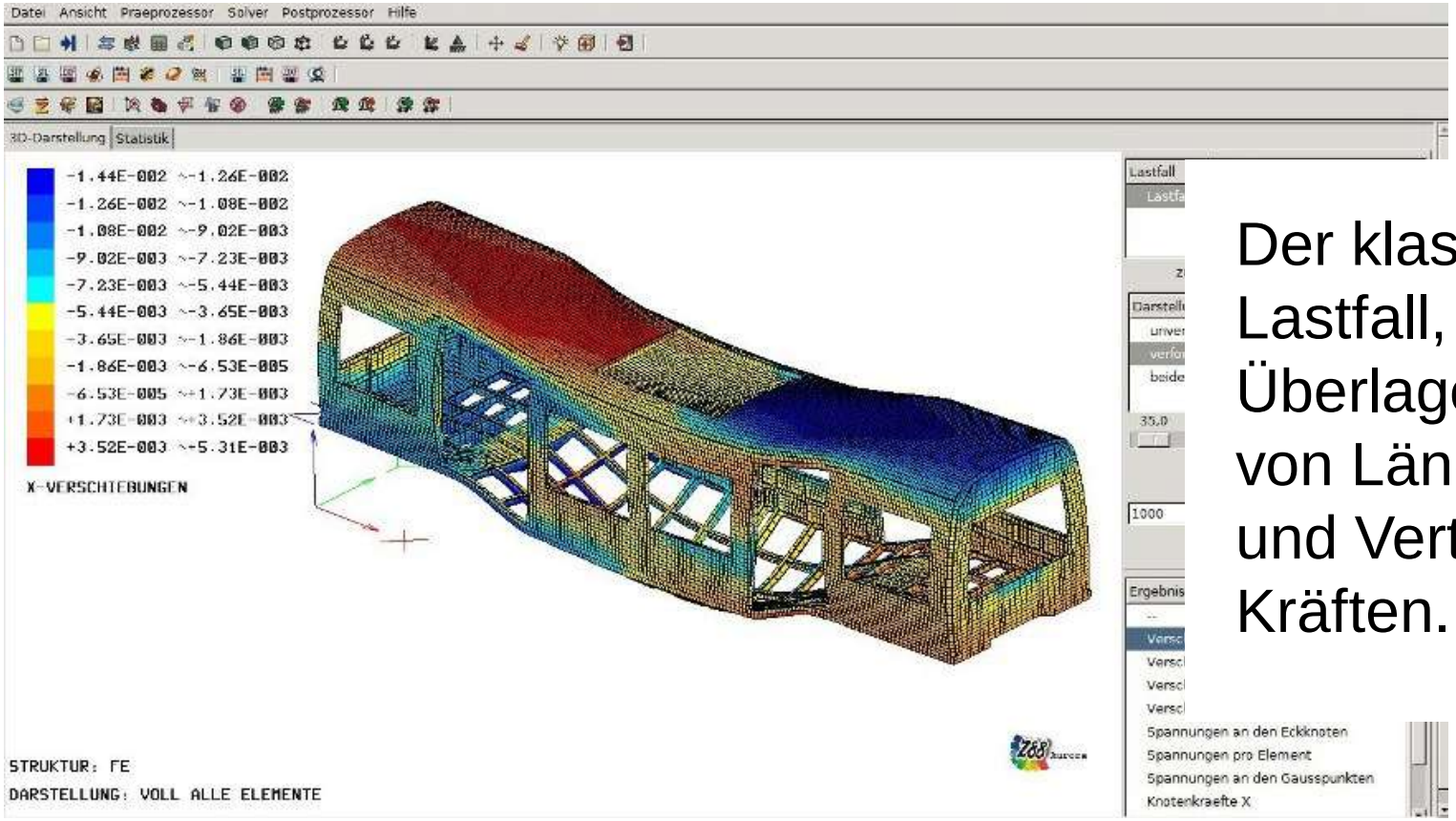
Mesh-Struktur:
In Aurora V1 war
die gemischte Verwendung
von Vierecken Nr. 23
und Dreiecken Nr. 24
möglich

700 000 Freiheitsgrade,
118 000 Knoten,
40 000 Elemente

Struktur in
Aurora V1
eingelesen



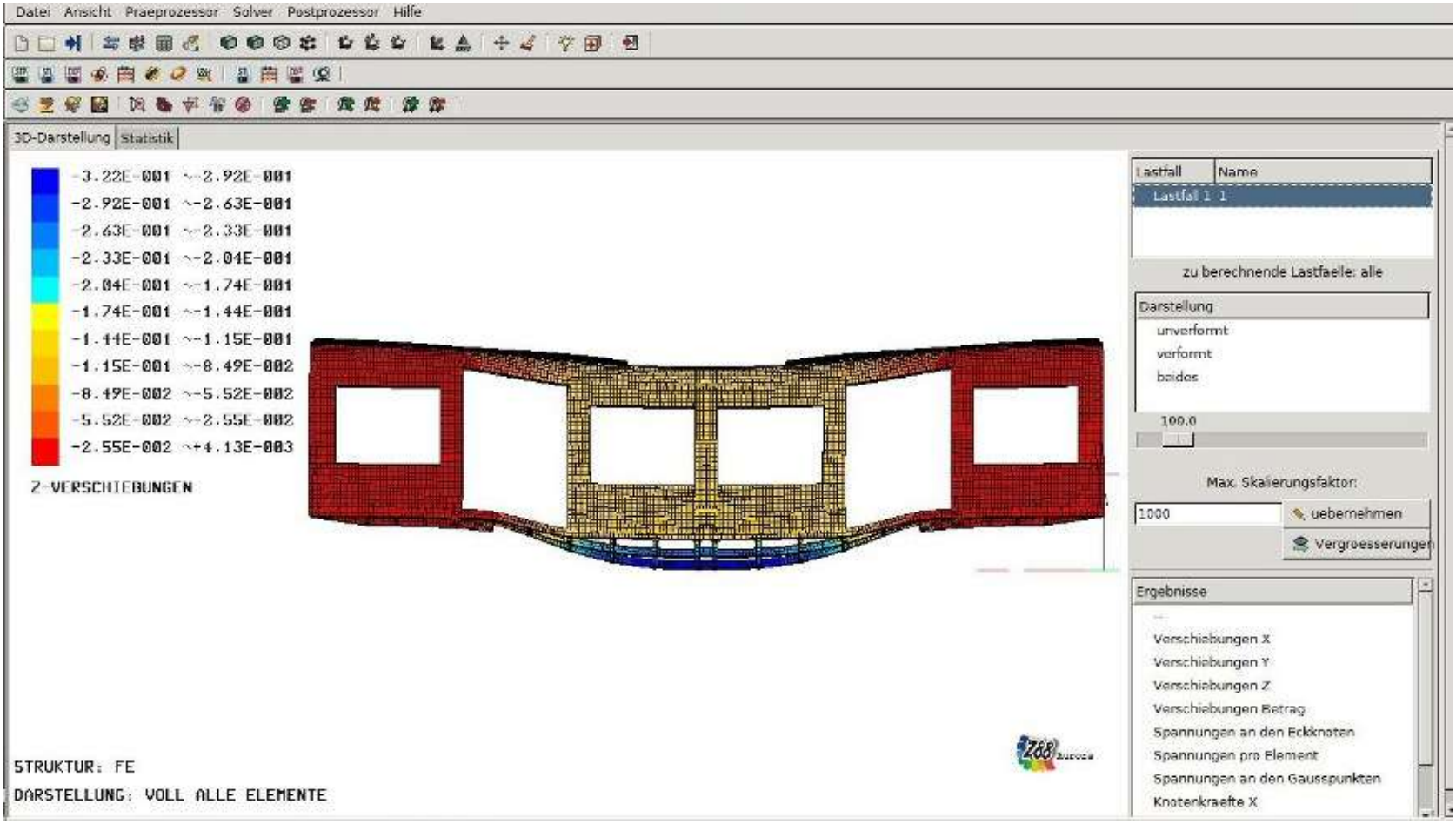
Schalenelemente in Z88 Aurora



Der klassische Lastfall, Überlagerung von Längsdruck und Vertikal-Kräften.....

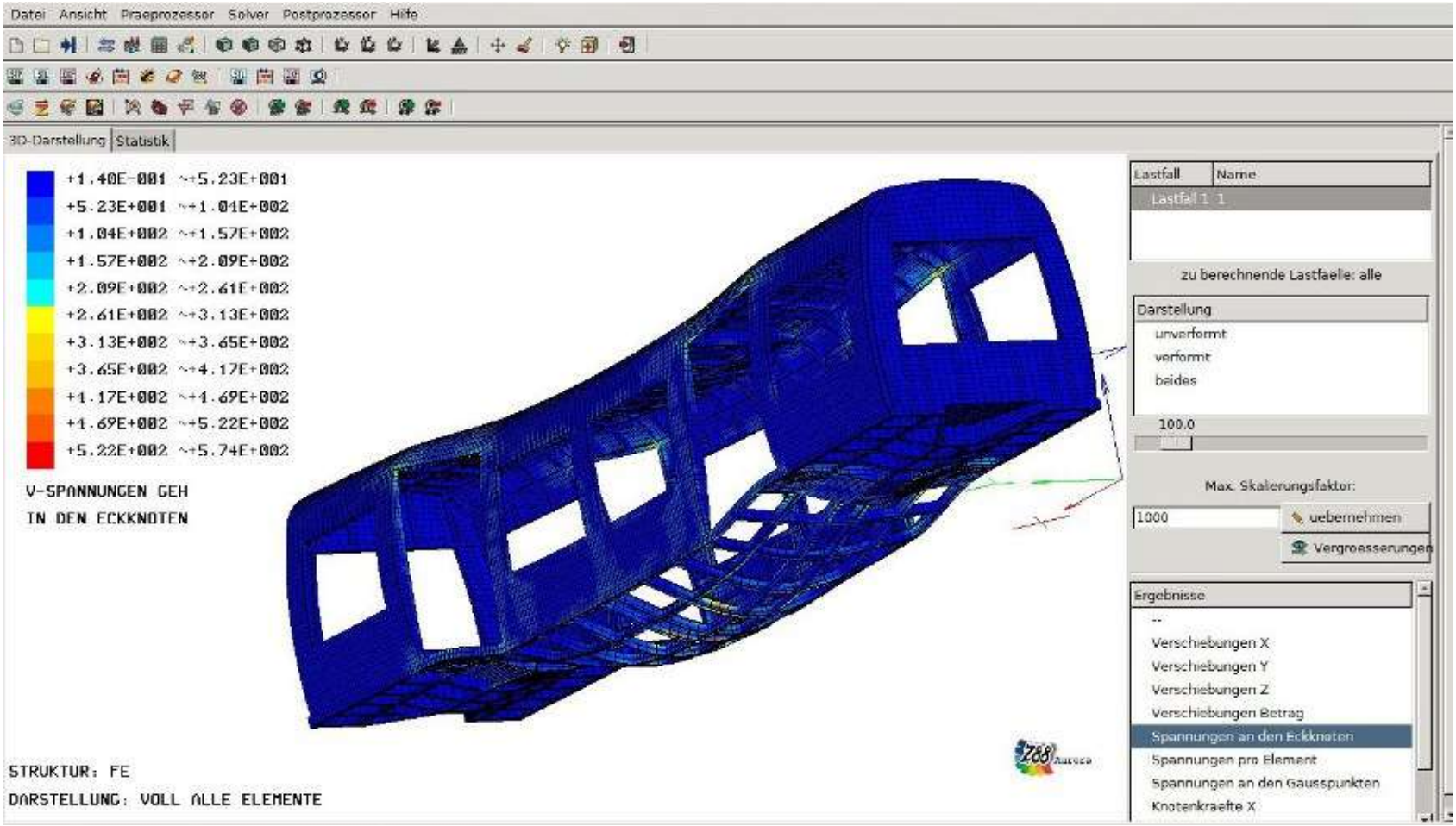
...führt zu dem typischen Verformungsbild

Schalenelemente in Z88 Aurora



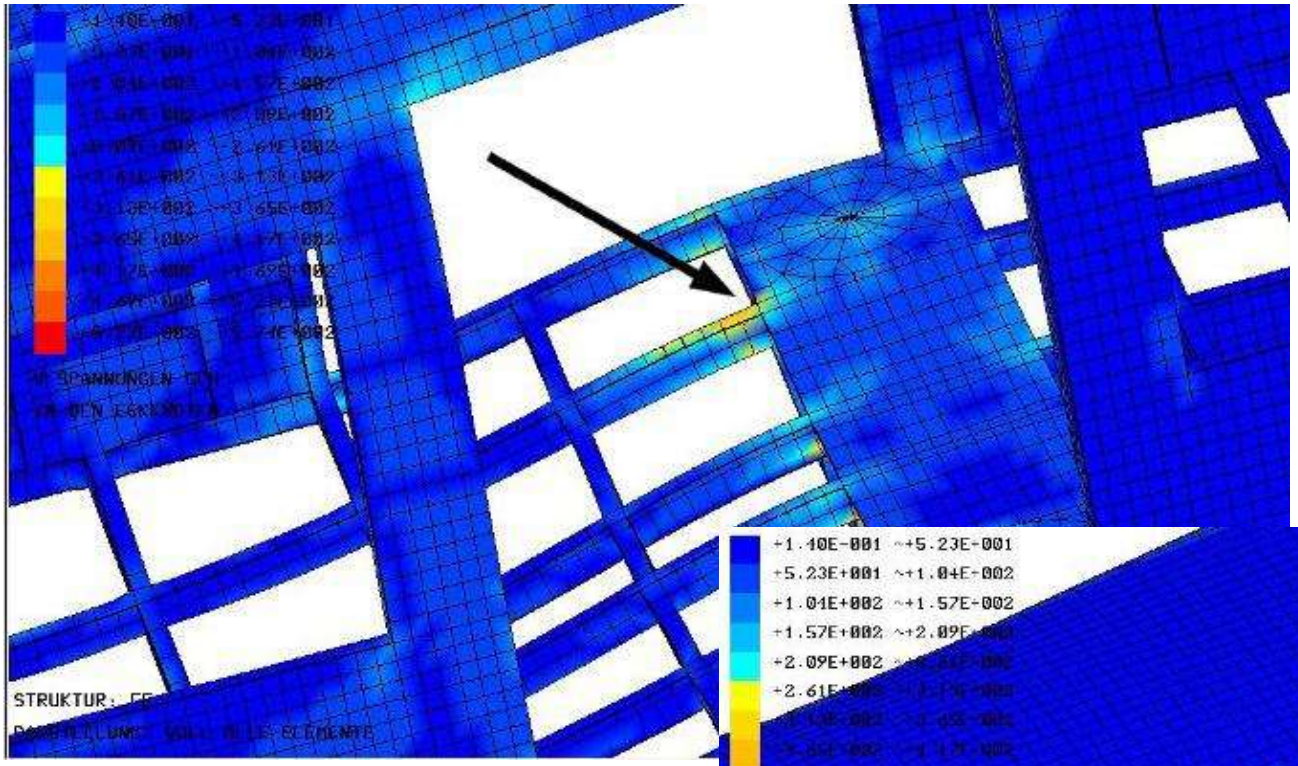
Globale Verformungen, Seitenansicht

Schalenelemente in Z88 Aurora

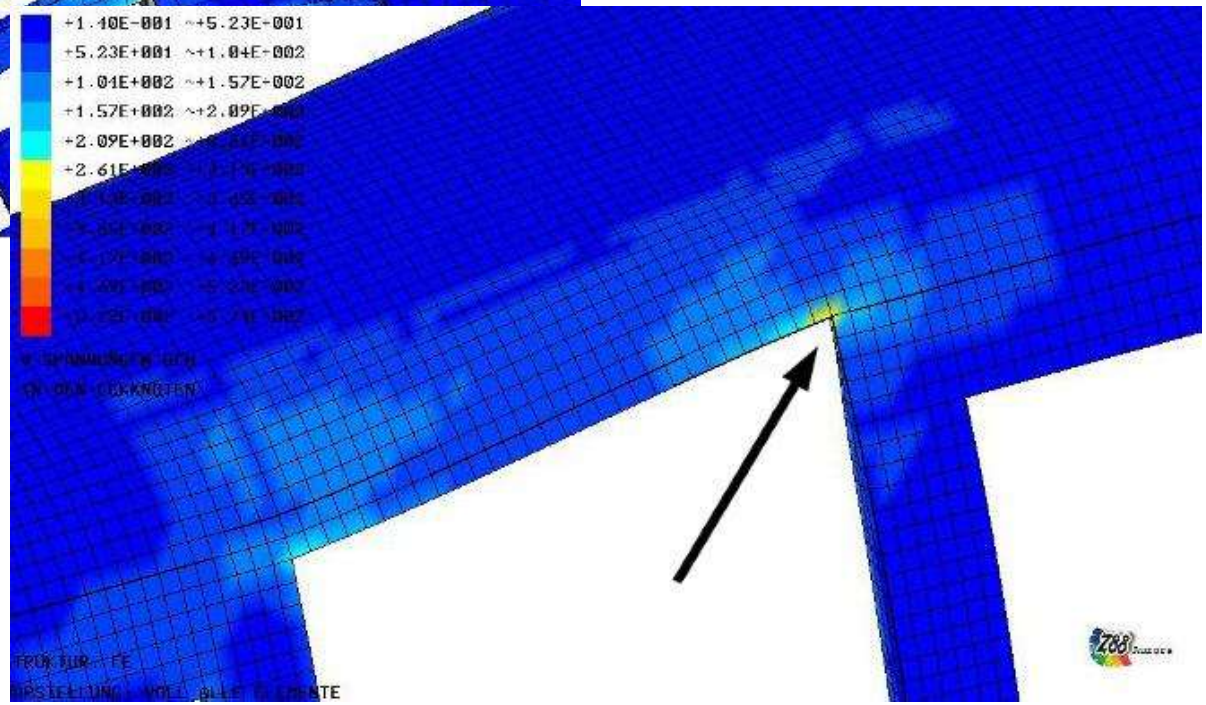


Verteilung der Vergleichsspannungen

Schalenelemente in Z88 Aurora



Lokale Spannungs-
konzentrationen
im Untergestell,
Nähe Fahrwerks-
auflager....



....sowie in der
Seitenwand,
obere Türecken

Schalenelemente in Z88 Aurora

Eine Spannungs- und Verformungsanalyse
mit Z88 Aurora liefert auch bei komplexeren
Modellen vertrauenswürdige Ergebnisse.

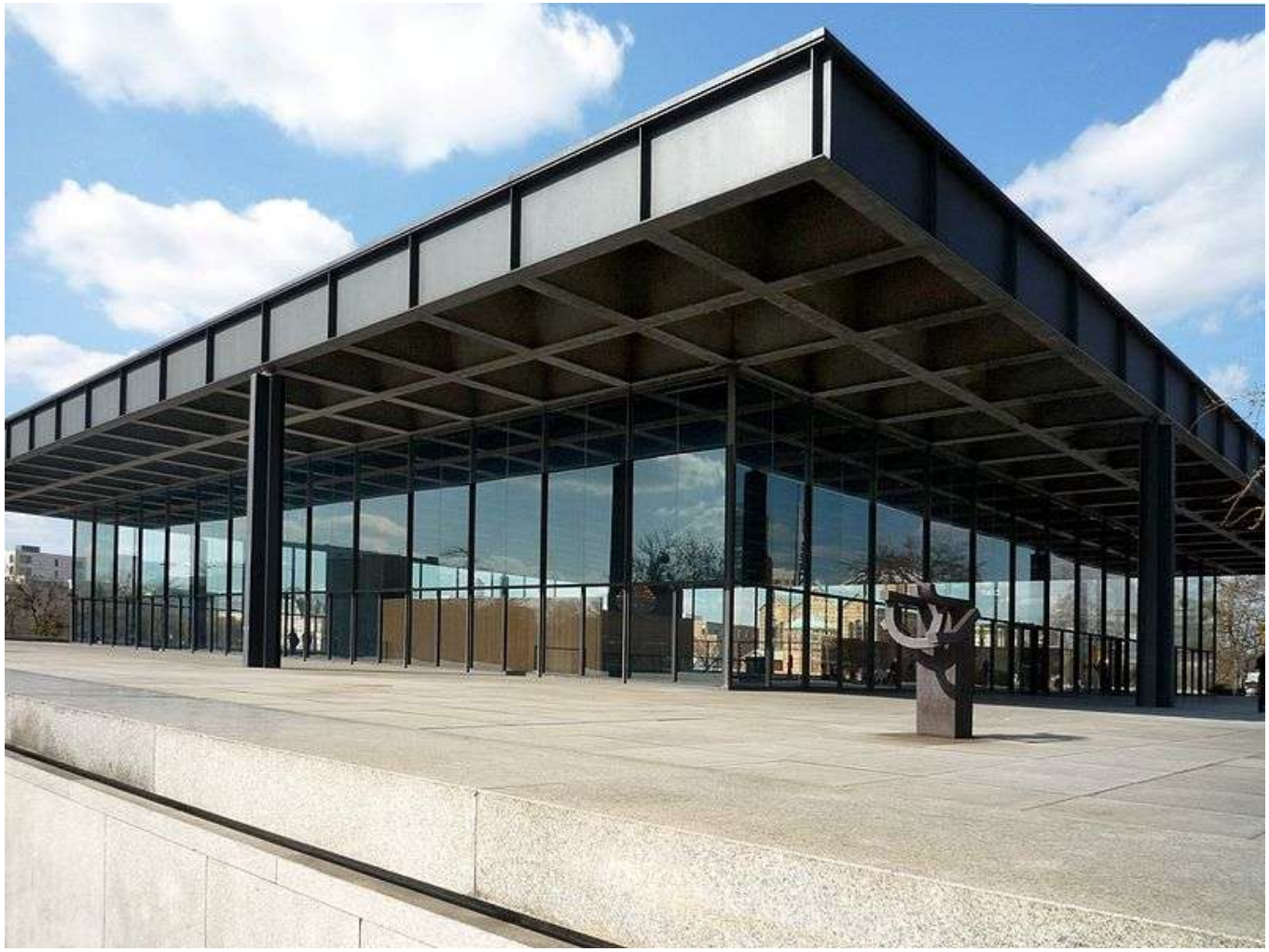
Nützlich wäre an dieser Stelle der Vergleich
der Ergebnisse von Z88 Aurora mit denjenigen aus
anderen Finite-Elemente-Systemen

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer Rechnung
mit Z88 Aurora denjenigen aus ANSYS – Classic 15.0
und OPTISTRUCT (NASTRAN) gegenübergestellt

Schalenelemente in Z88 Aurora

Berechnungsbeispiel aus Architektur / Stahlbau, nach /8,9/ :

Neue Nationalgalerie in Berlin, L. Mies van der Rohe, erbaut 1968



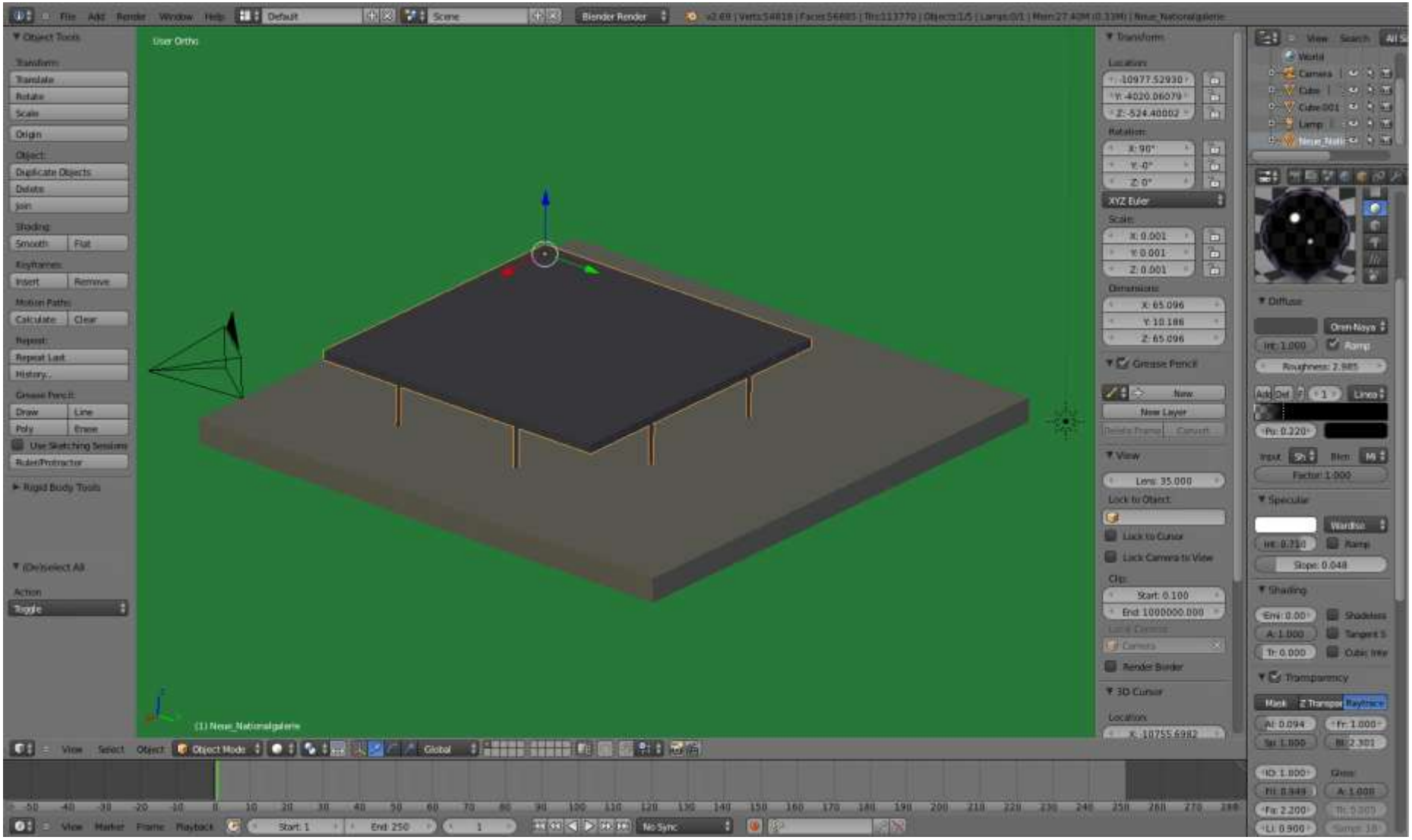
Quelle:

http://de.wikipedia.org /wiki/Datei: Neue_Nationalgalerie_ Berlin.jpg

Schalenelemente in Z88 Aurora

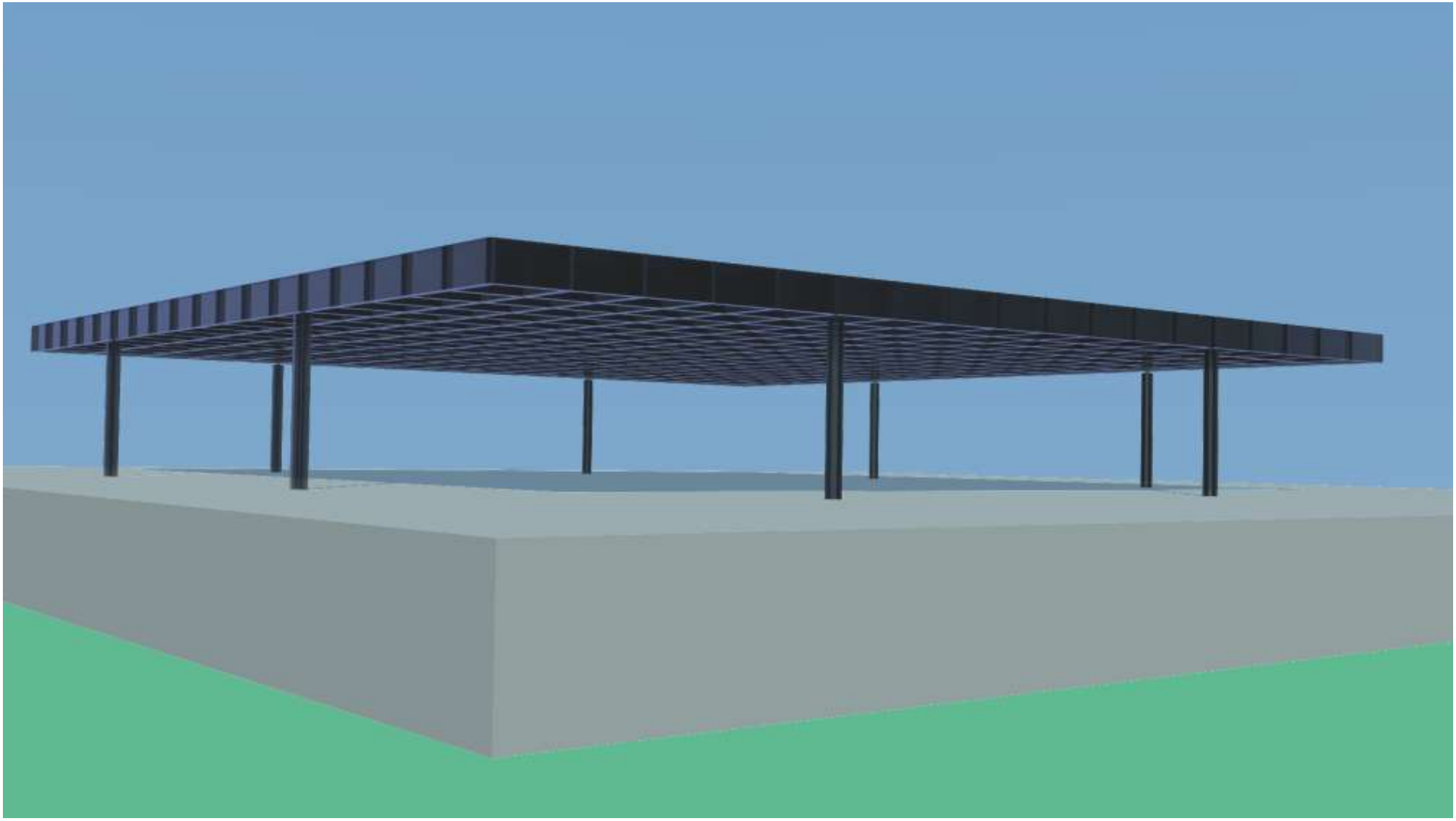
Neue Nationalgalerie, Modellerzeugung

www.blender.org



Schalenelemente in Z88 Aurora

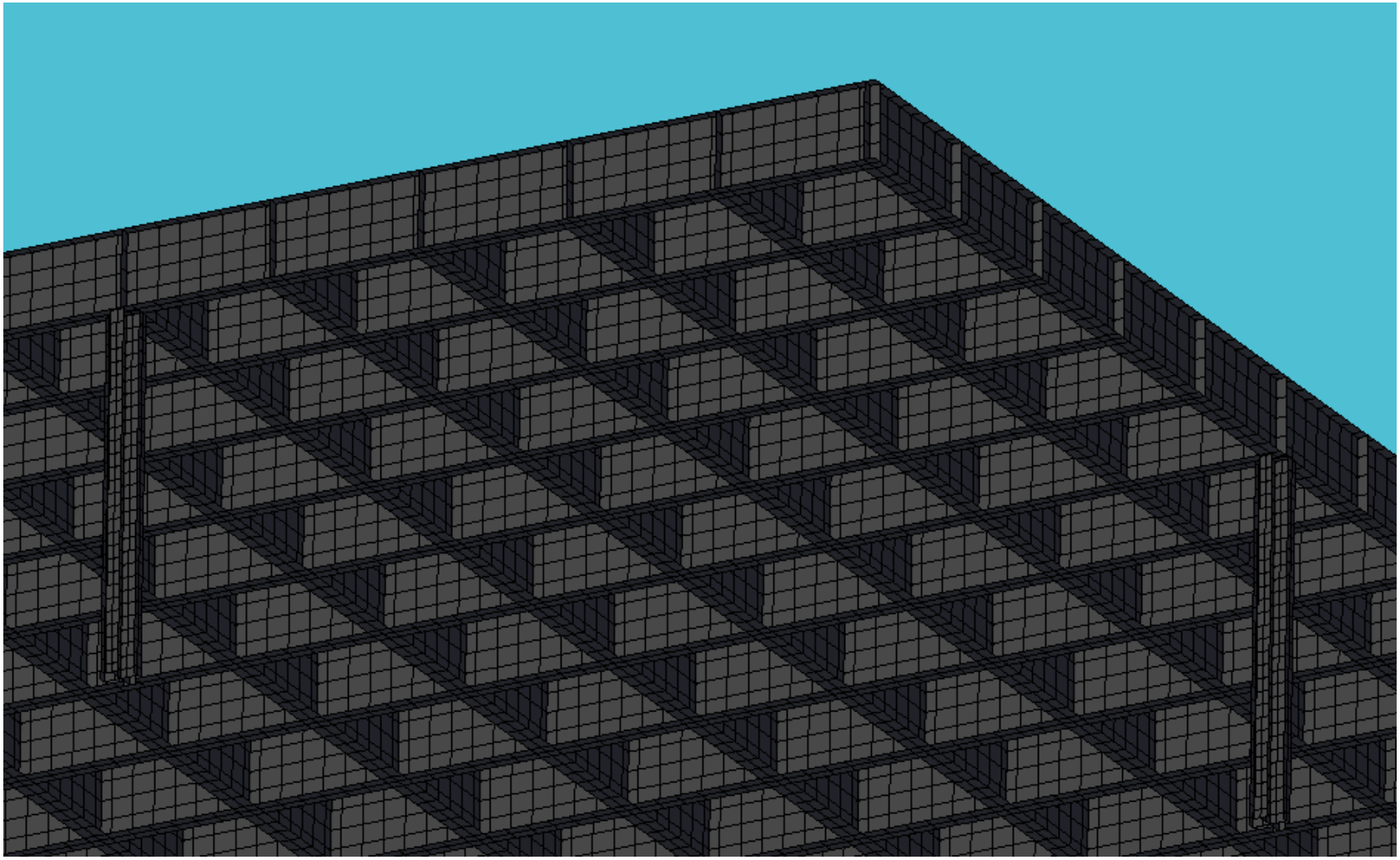
Neue Nationalgalerie, Visualisierung



Schalenelemente in Z88 Aurora

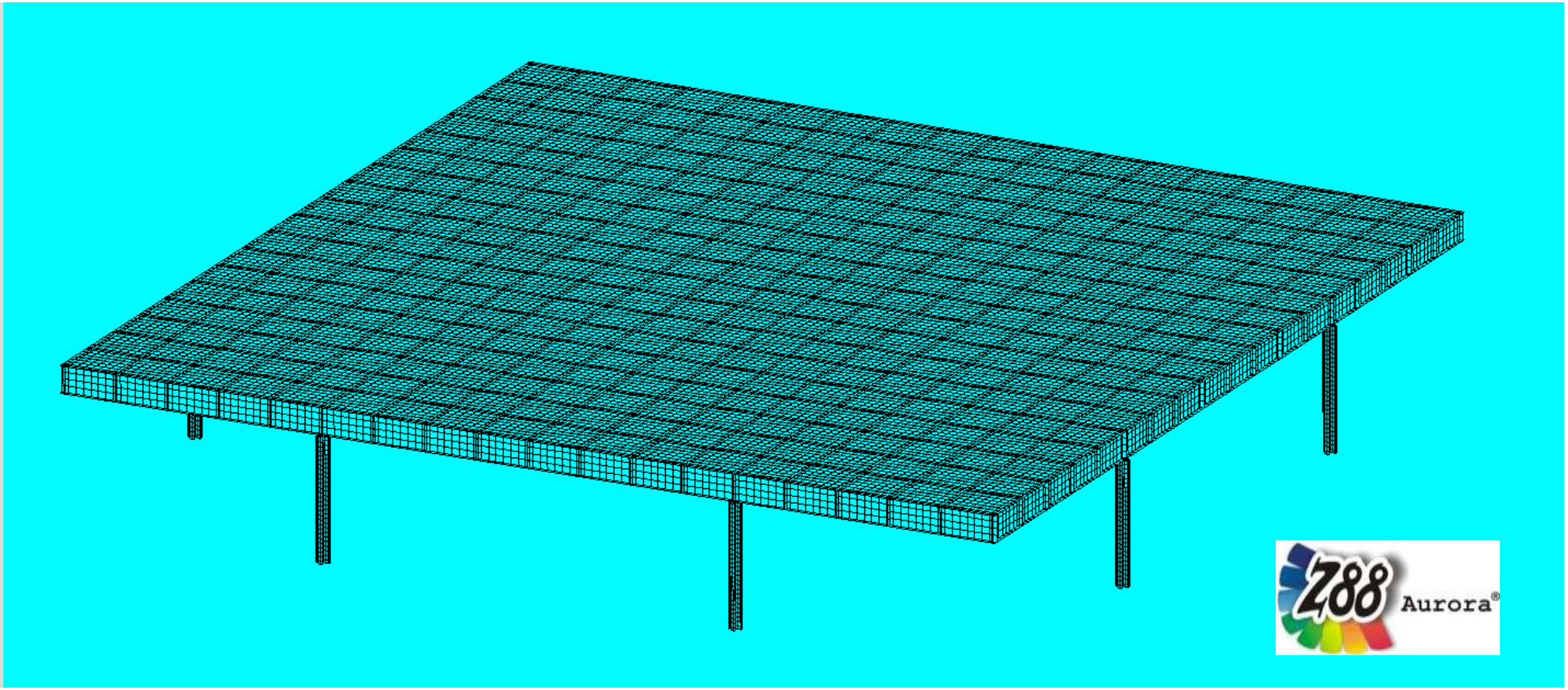
FE – Netz nach dem Vorbild der Neuen Nationalgalerie,

nach /8,9/, jedoch nicht als Beschreibung des realen Gebäudes zu verstehen !



Schalenelemente in Z88 Aurora

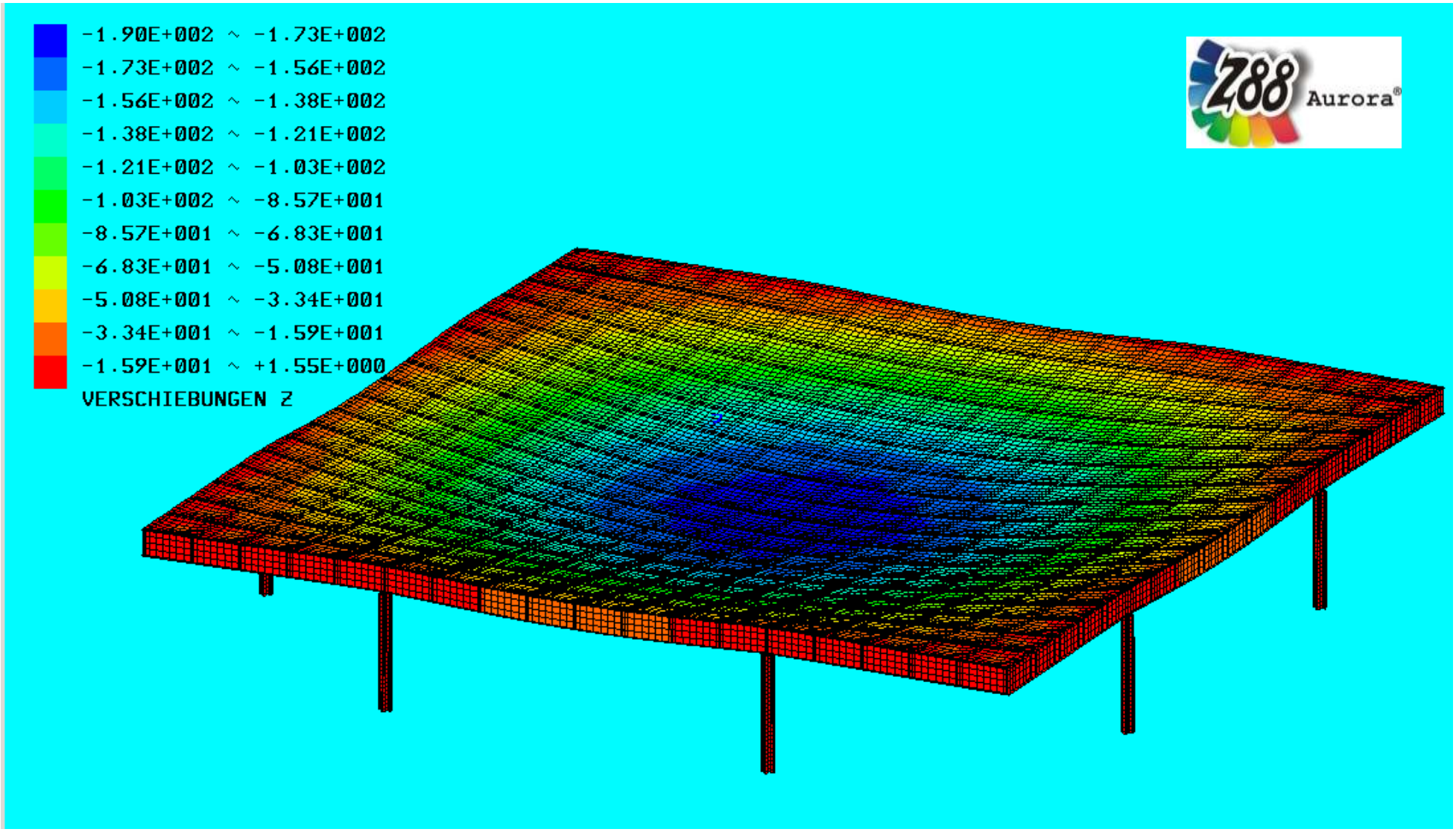
FE – Modell, Z88 Aurora V2a, Schalenelemente Nr. 23



57 000 Elemente, 165 000 Knoten, 990 000 Freiheitsgrade

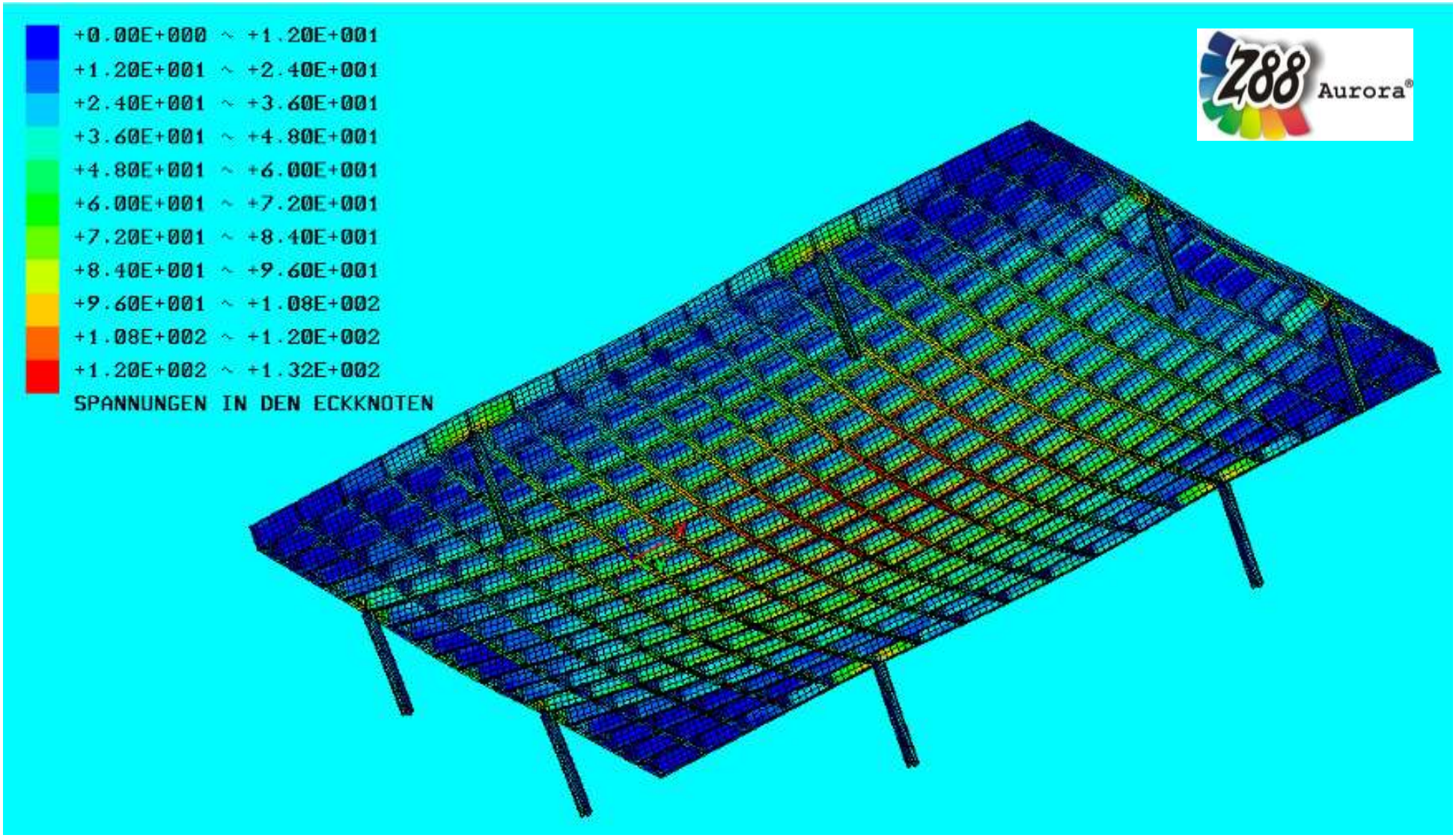
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Modell, Z88 Aurora V2a, Verformungsergebnisse



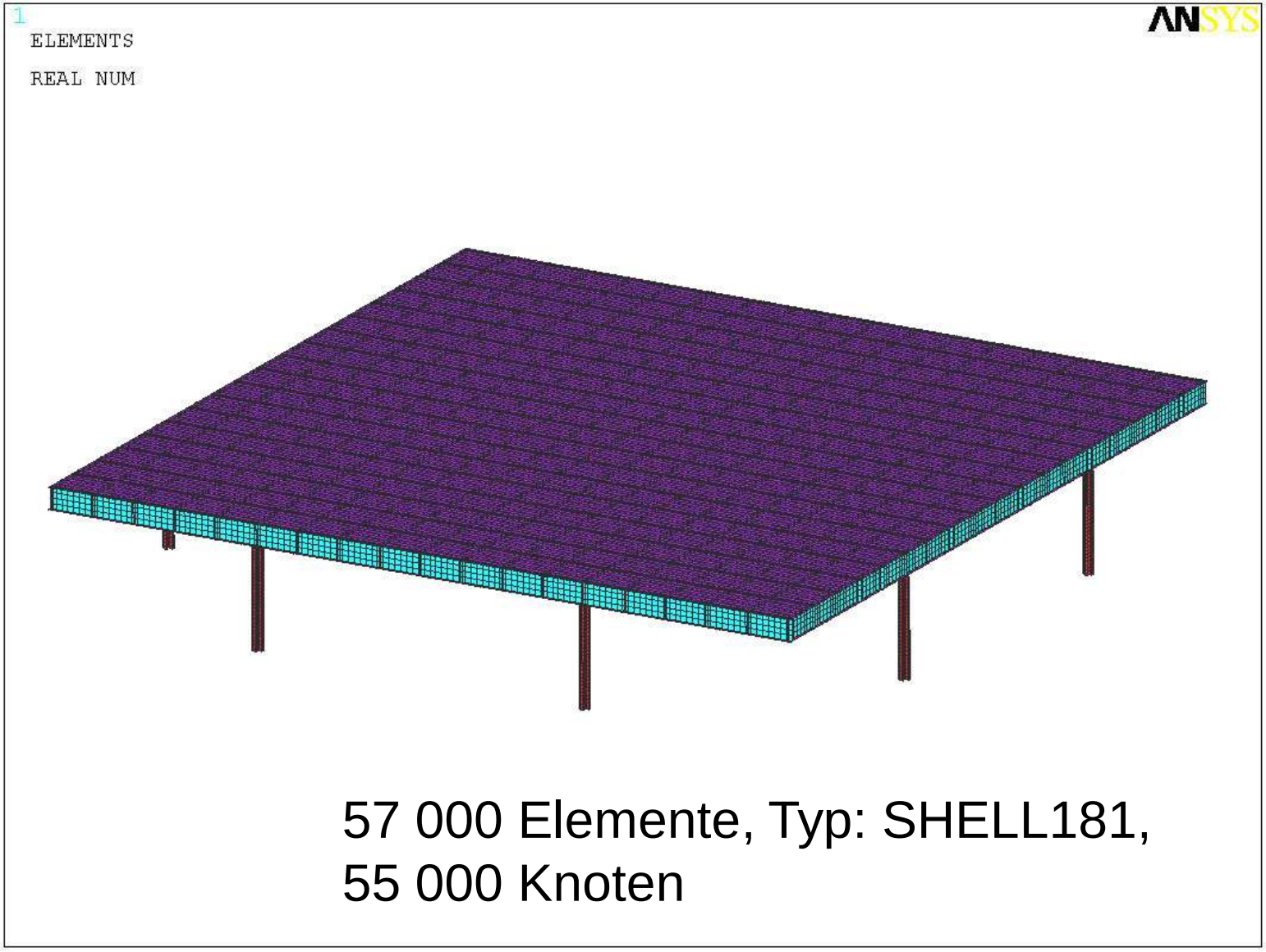
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Model, Z88 Aurora V2a, Spannungsergebnisse



Schalenelemente in Z88 Aurora

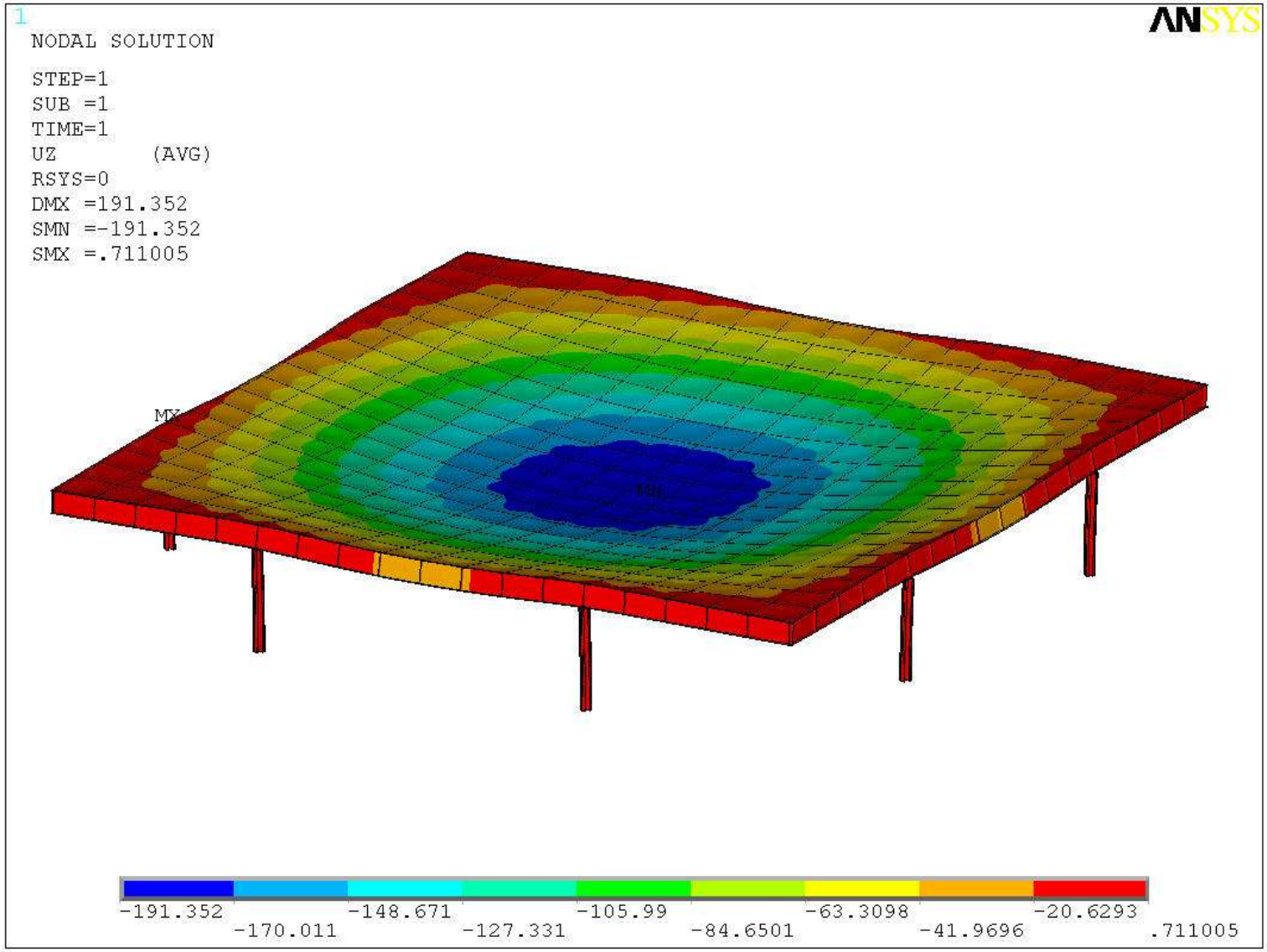
FE – Modell, ANSYS 15.0, (ANSYS Classic), /10/



57 000 Elemente, Typ: SHELL181,
55 000 Knoten

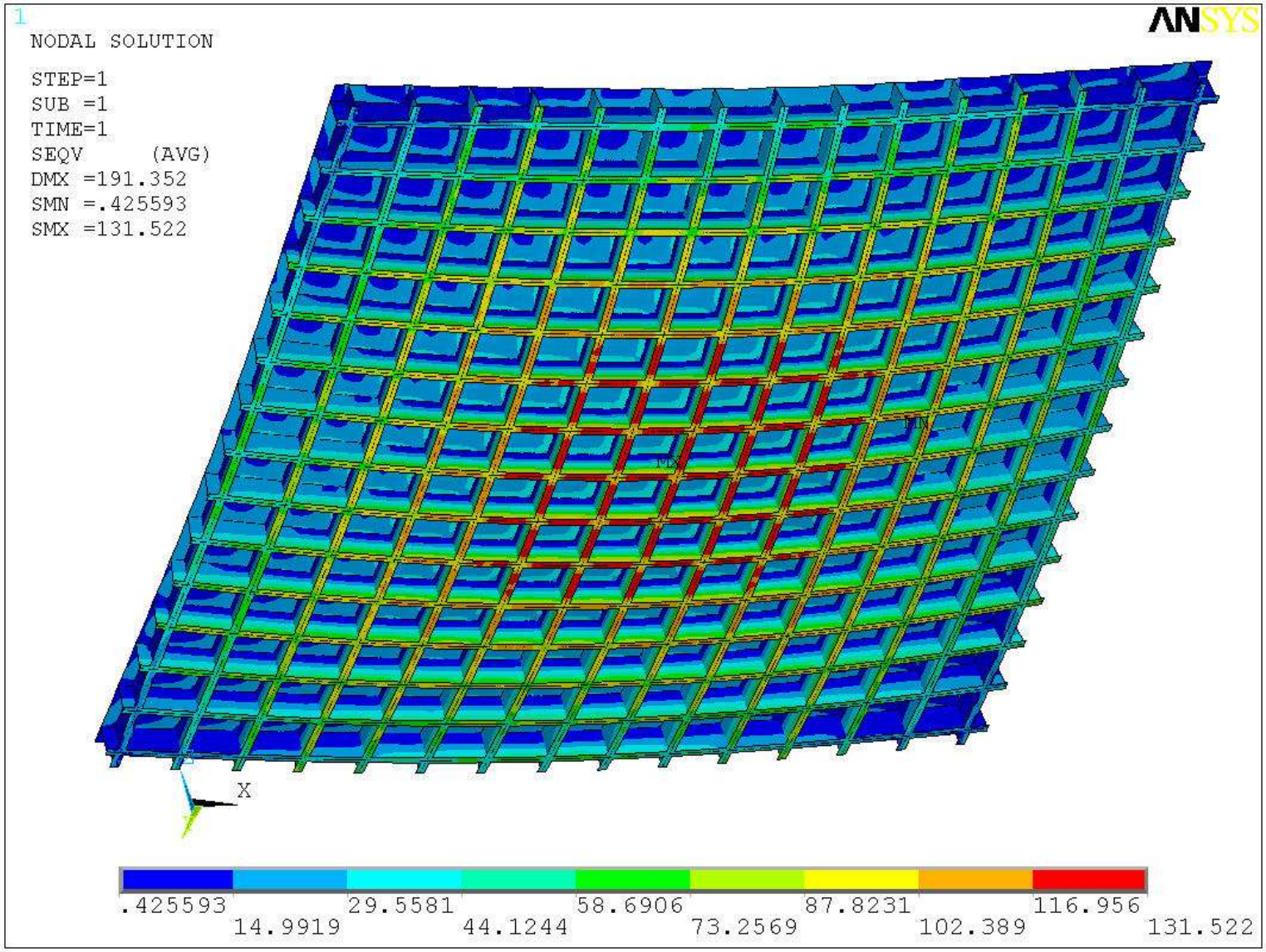
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Modell, ANSYS 15.0, Verformungsergebnisse



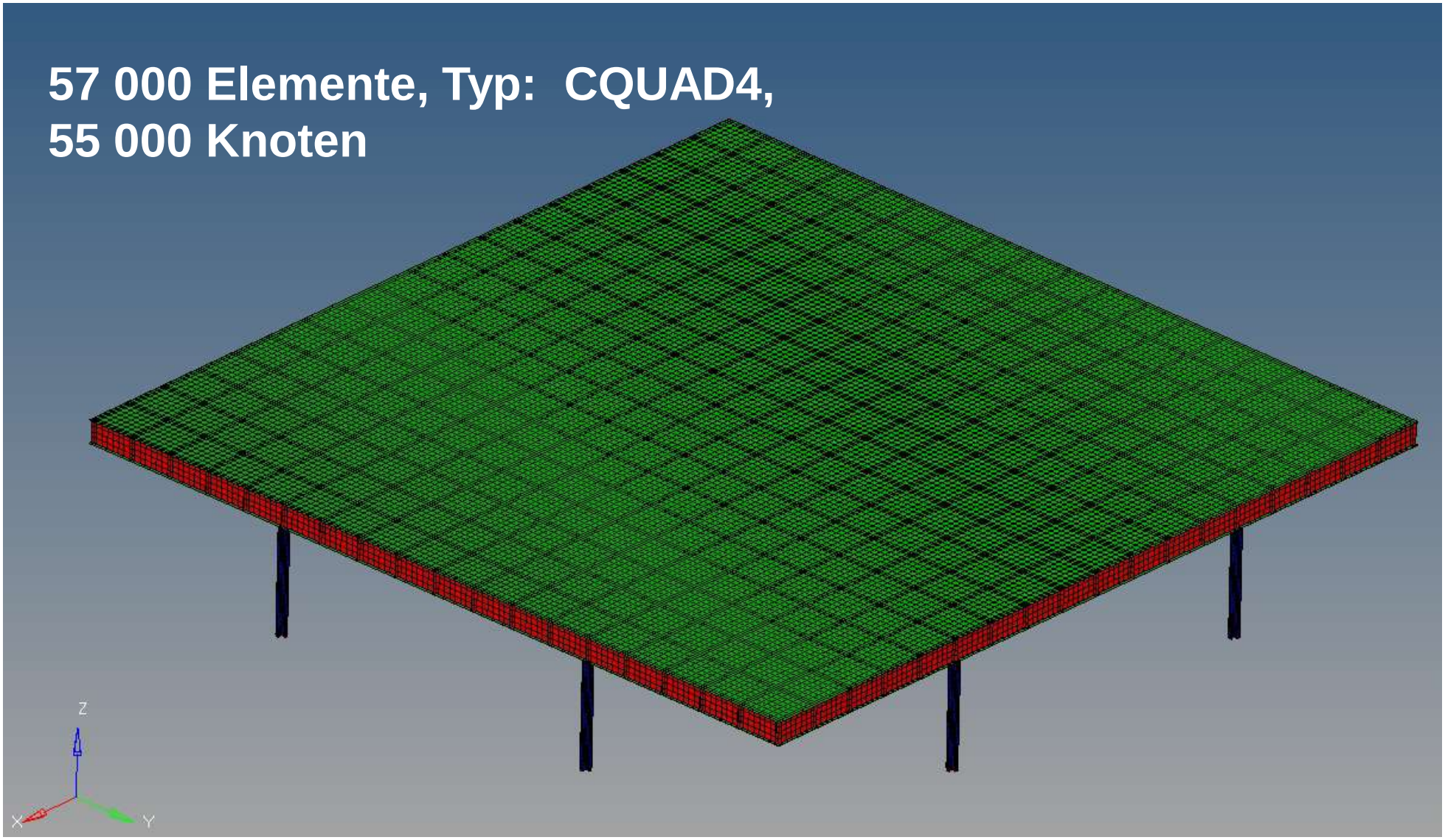
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Modell, ANSYS 15.0, Vergleichsspannungen nach v. Mises



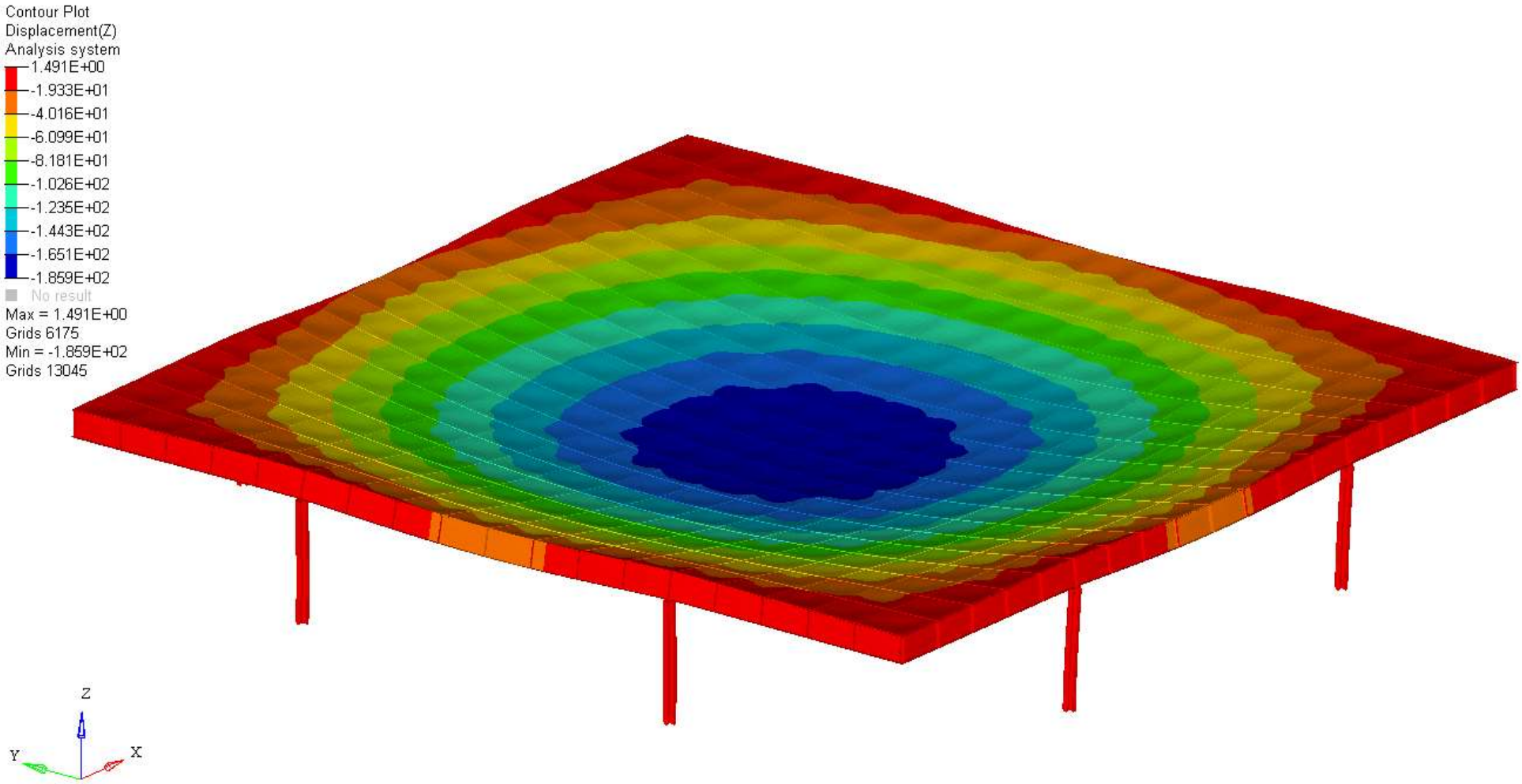
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Modell, Hypermesh / Optistruct, I (->Solver NASTRAN), /11/



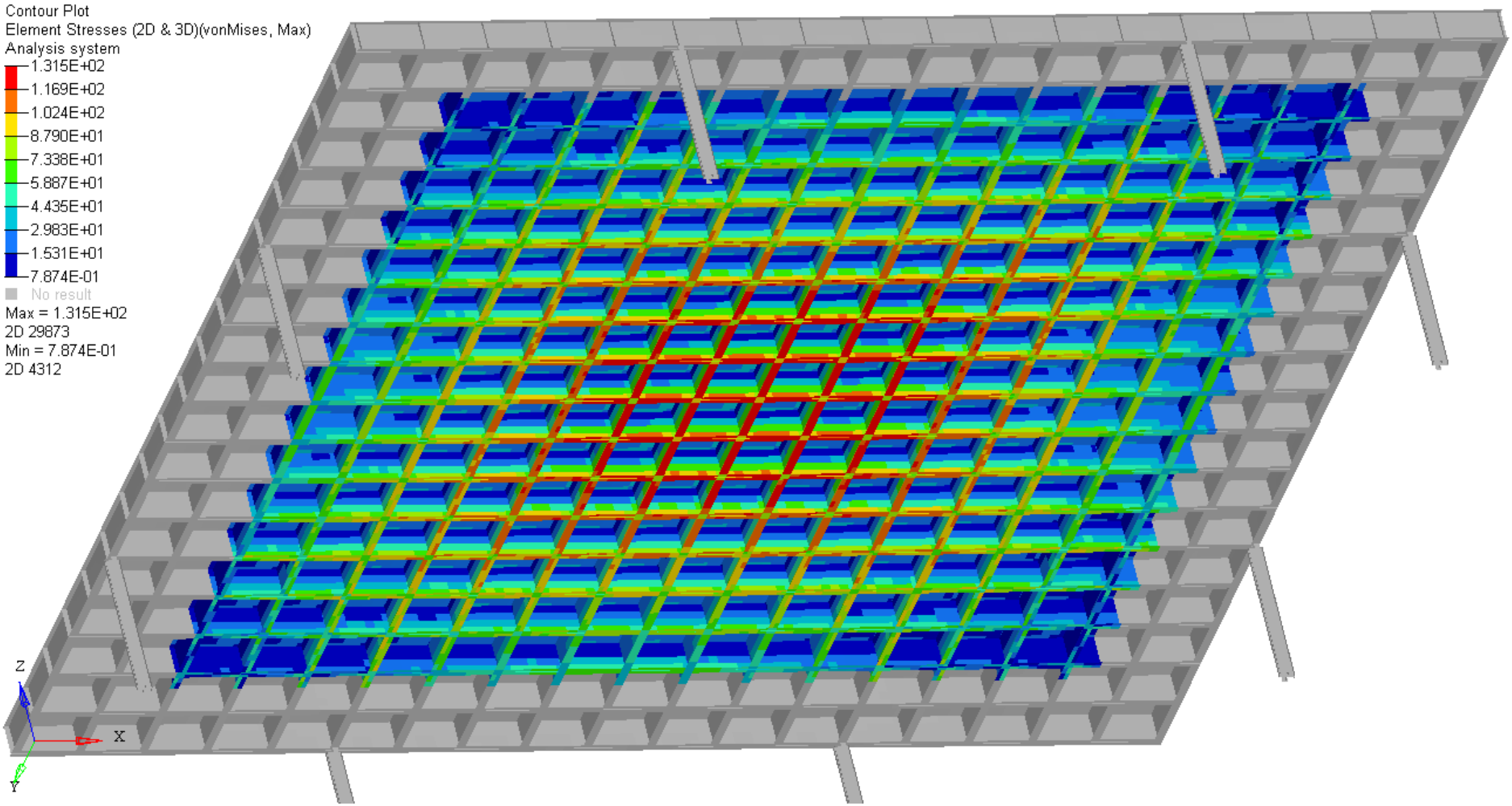
Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Modell, Hypermesh / Optistruct, Verformungsergebnisse



Schalenelemente in Z88 Aurora

FE – Model, Hypermesh / Optistruct,
Vergleichsspannungen nach v. Mises



Schalenelemente in Z88 Aurora

Berechnungssystem	Z88	ANSYS	NASTRAN
Elementtyp	Schale Nr. 23	SHELL181	CQUAD4
Größte vertikale Verformung	190 mm	191 mm	186 mm
Höchste berechnete Vergleichsspannung nach v.Mises	Eckknoten	Nodal Solution	Element Stresses
	132 Mpa	132 MPa	132 MPa

Vergleich

Schalenelemente in Z88 Aurora

Der Vergleich zeigt, dass bei einer statischen Berechnung mit den drei betrachteten Systemen praktisch gleichwertige Ergebnisse zu erzielen sind.

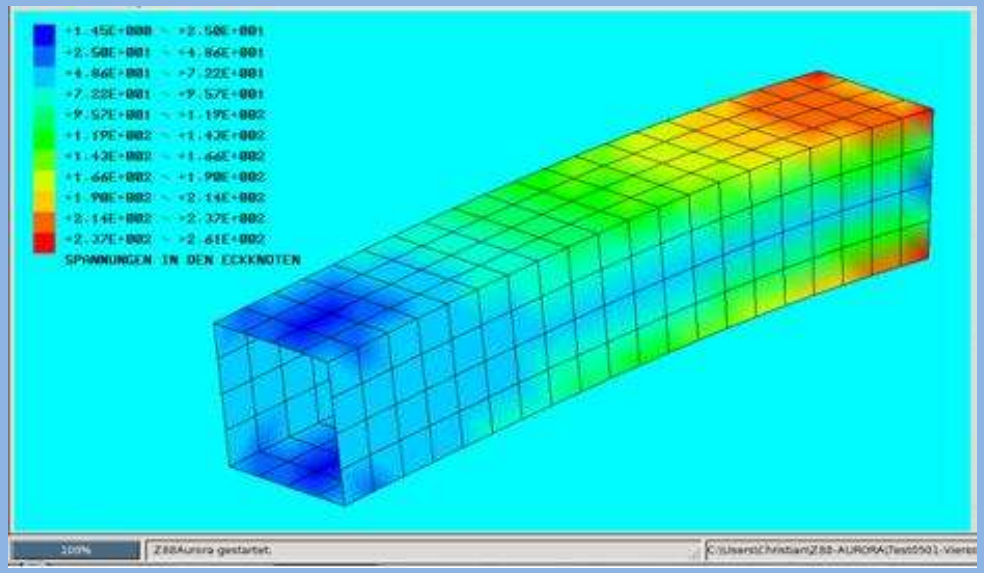
Gibt es für Z88 die Möglichkeit, Spannungs- und Verformungsvorgänge darzustellen, in dem der Faktor Zeit eine Rolle spielt, wie z.B. bei Crashsimulationen ?

Vorgestellt wurde an dieser Stelle eine Schnittstelle zwischen Z88 Aurora und einem Animationsprogramm. Diese Schnittstelle ist keine Einbahnstraße. Es sollte daher machbar sein, den zeitlichen Ablauf von Verformungsprozessen aus Ergebnissen von Z88 Aurora darzustellen....

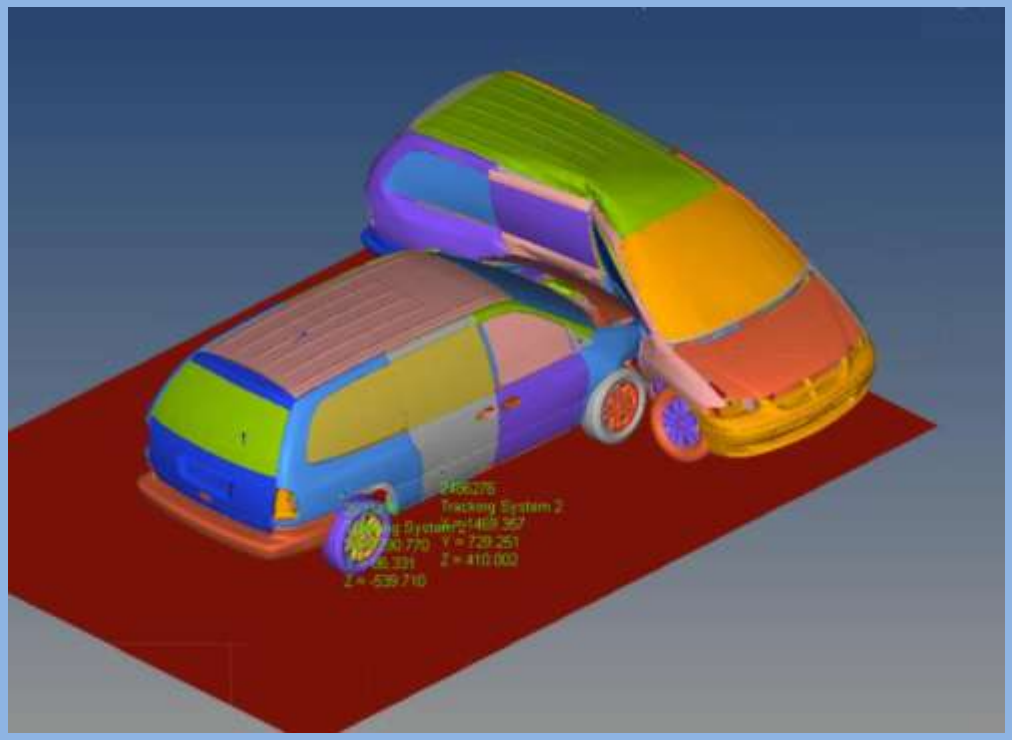
Schalenelemente in Z88 Aurora

Zur Erläuterung:

A: Typische linear-statische Analyse, Beispiel Z88 Aurora V2a, /7/:

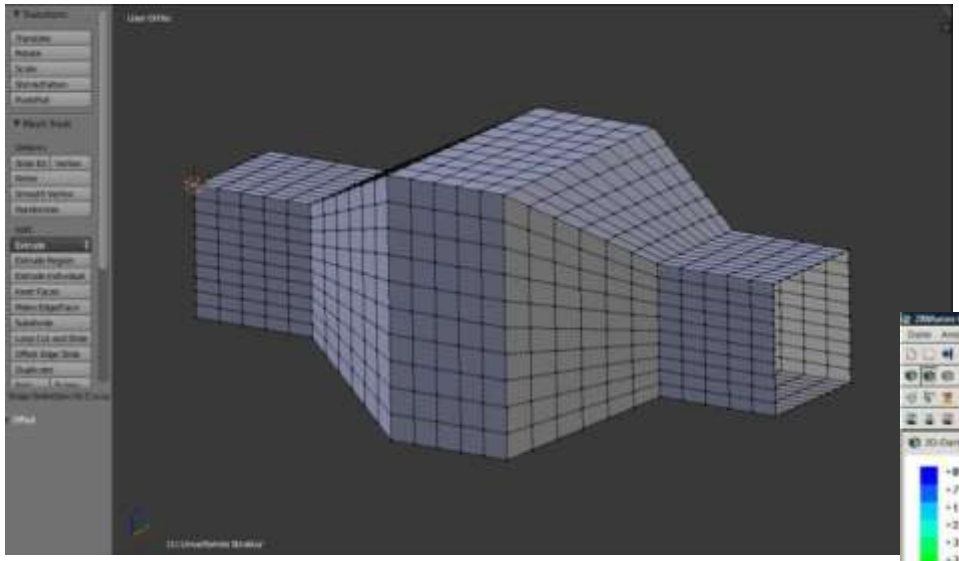


B: Typische Crashanalyse, Beispiel mit HYPERWORKS:

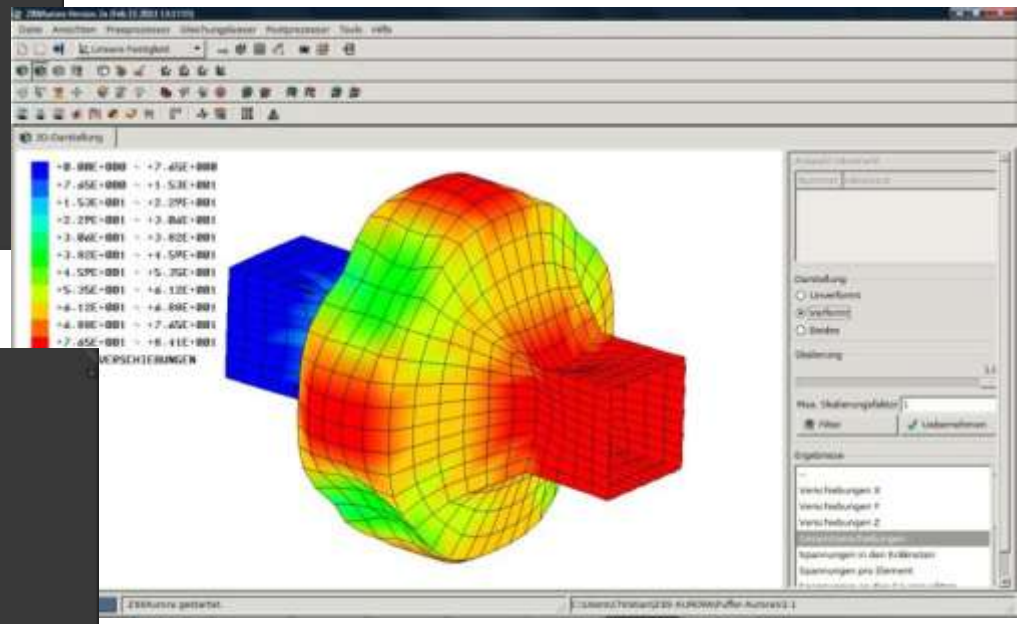


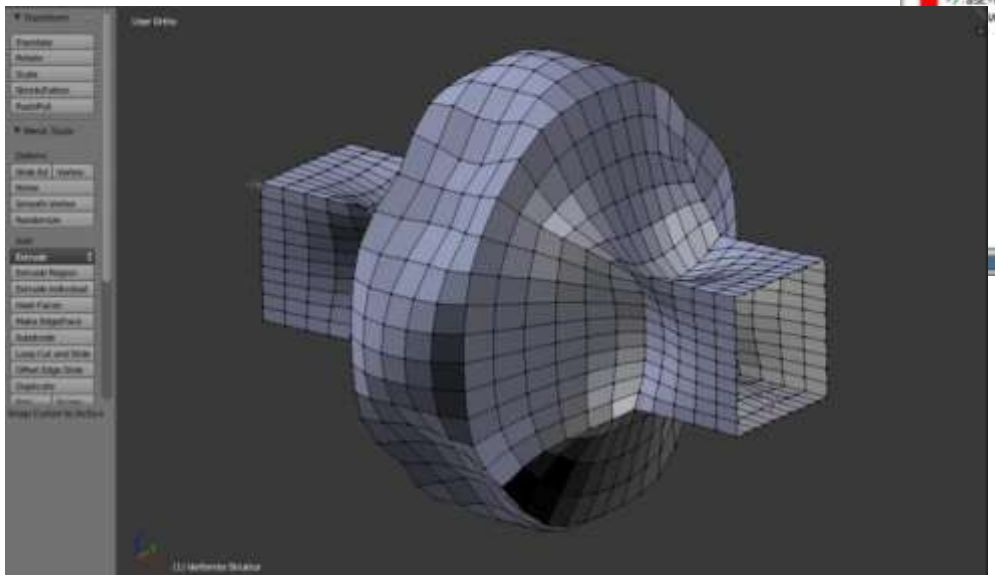
Courtesy of Altair Engineering, /11/

Schalenelemente in Z88 Aurora



Beispiel: In BLENDER erzeugtes Verformungselement....
...in Z88 AURORA eingelesen und gerechnet.....





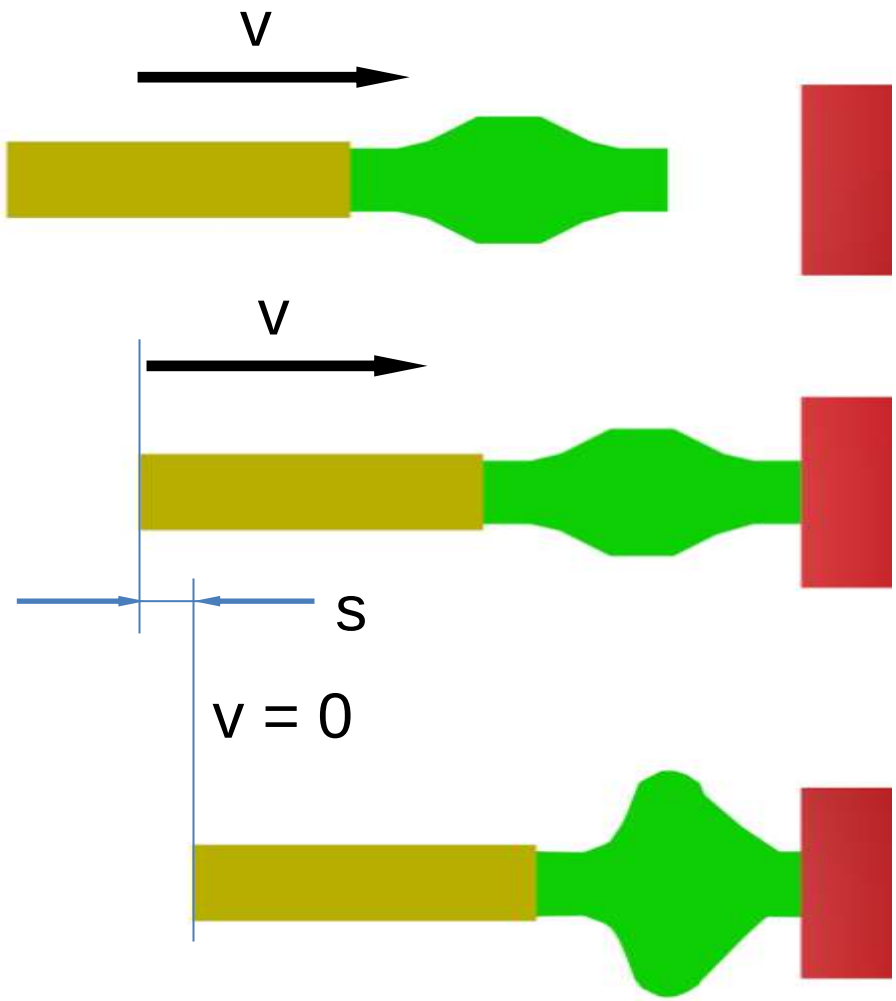
...die verformte Struktur wird zurück in das Animationsprogramm importiert.....

Schalenelemente in Z88 Aurora

Vereinfachter Ansatz:

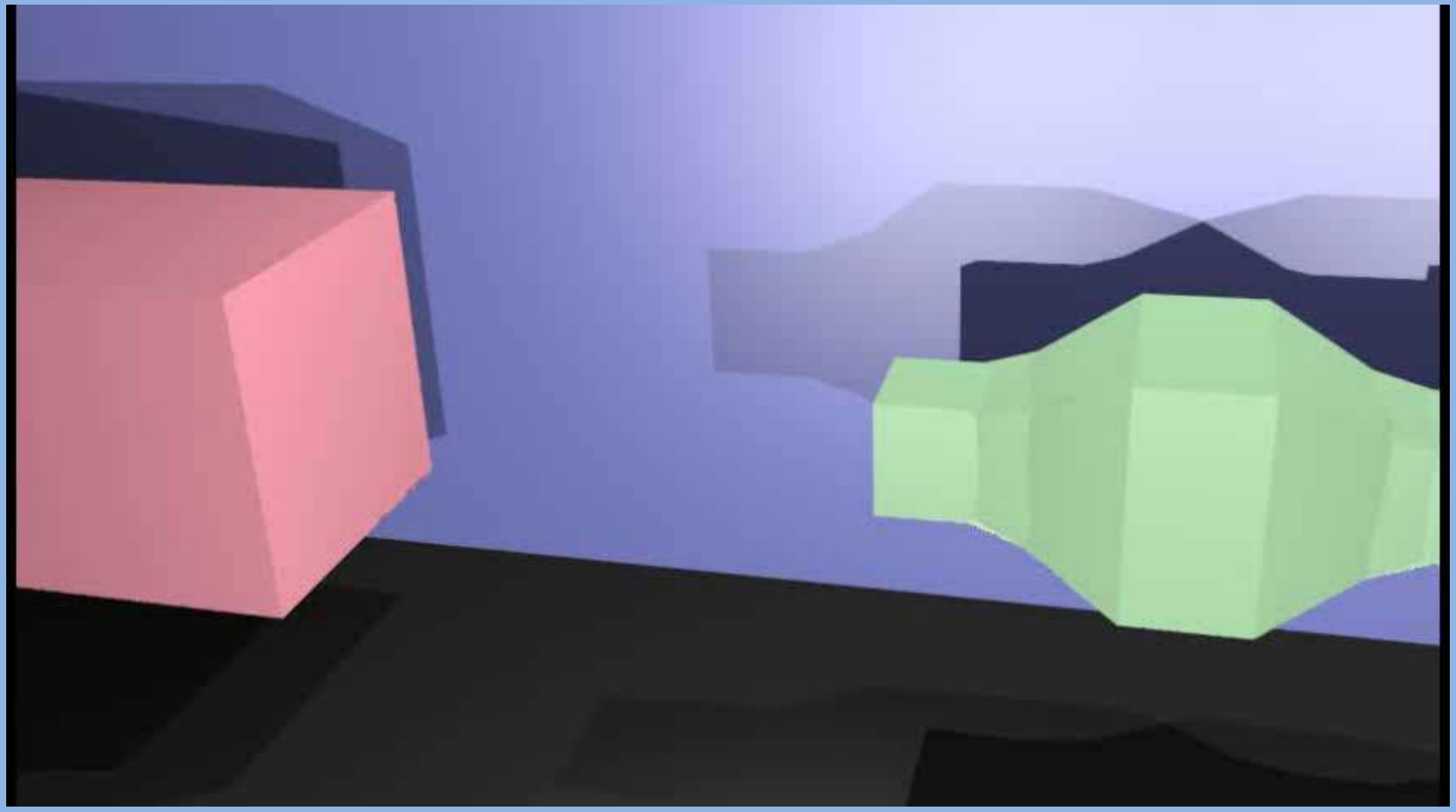
$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\mathrm{W} = \int_0^S F \; ds$$



Schalenelemente in Z88 Aurora

Im Animationsprogramm simulierter Kollisionsversuch:



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

Im Fall von Fragen oder Anregungen:

christian.claus@transport.alstom.com
05341 / 900 – 44 84

Schalenelemente in Z88 Aurora

Quellen:

/1/ - http://www.dg-flugzeugbau.de/index.php?id=dg1000-flattern-d
DG Flugzeugbau GmbH, Bruchsal

/2/ Geuzaine, C.
Remacle, J.-F.
http://gmsh.info/
A three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities

/3/ Dhont, G.
Wittig, K.
http://www.calculix.de/
A Free Software Three-Dimensional Structural Finite Element Program

/4/ Rieg, F. et al.
http://z88.de/z88aurora-herunterladen/
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Universität Bayreuth

/5/ - http://www.blender.org
Blender Foundation, Amsterdam

Schalenelemente in Z88 Aurora

/6/ - http://www.python.org
Python Software Foundation, Beaverton, OR, USA

/7/ Claus, C. http://fem-helden.de/schalenerzeugung-mit-blender/
Schalenerzeugung für Z88 mit Blender

/8/ - https://de.wikipedia.org/wiki/Neue_Nationalgalerie

/9/ Zimmerman, C. Mies van der Rohe
Taschen Verlag, Köln, 2014, ISBN 987-3-8228-3642-2

/10/ http://www.ansys.com/Products/Structures/Strength-Analysis
Canonsburg, PA , USA

/11/ - Altair Engineering GmbH, Böblingen
http://www.altairuniversity.com/get-the-free-hyperworks-14-0-student-edition/

Alle Internetverweise Stand 21.08.2016 !