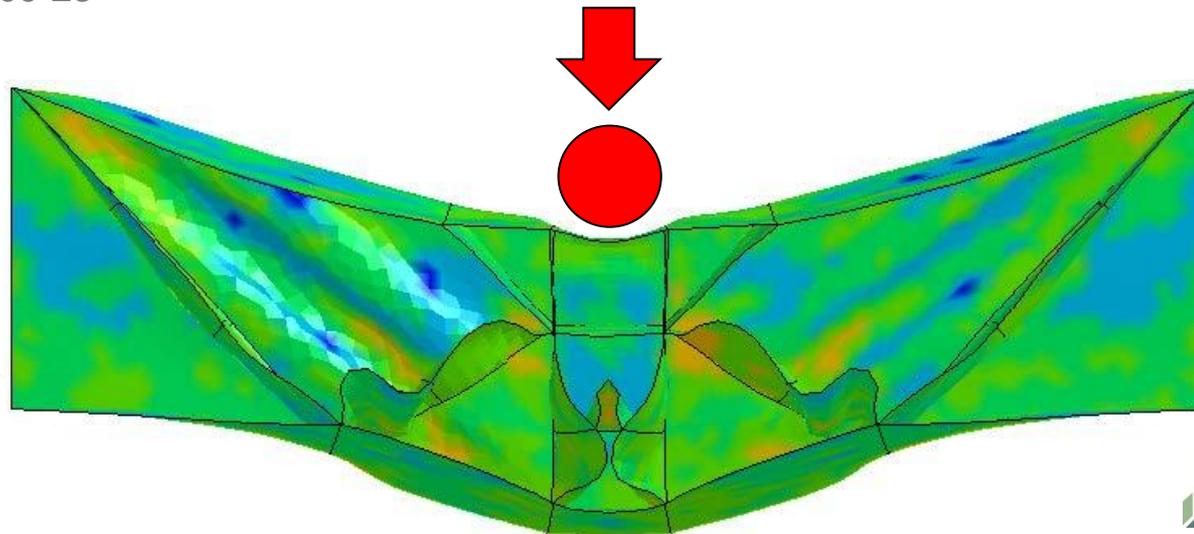


Topologieoptimierung dünnwandiger Strukturen

Prof. Dr. Fabian DUDDECK[§] und Stephan Hunkeler, PhD[#]

Workshop nichtlineare Topologieoptimierung crashbeanspruchter Fahrzeugstrukturen
Stuttgart 2013-09-23



[§] Fachgebiet Computational Mechanics, Technische Universität München
School of Engineering & Materials Science, Queen Mary University of London
Département génie mécanique et matériaux, Ecole des Ponts ParisTech

[#] School of Engineering & Materials Science, Queen Mary University of London
Jaguar Landrover Automotive PLC



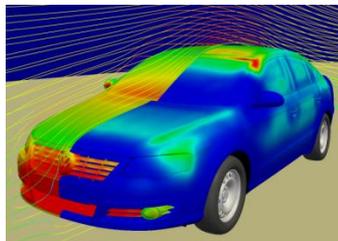
TUM / Fachgebiet Computational Mechanics

Forschung betreffs Optimierung, Robustheit, Materialmodelle

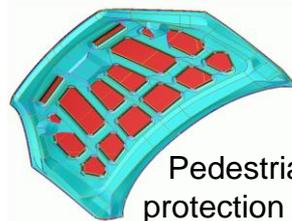
Coupling
Manufacturing
& Crash
(CFRP)



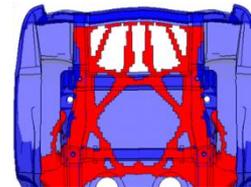
Multiphysics Optimisation
Turbines



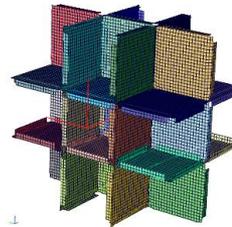
CFD Optimisation



Pedestrian
protection and
biomechanics



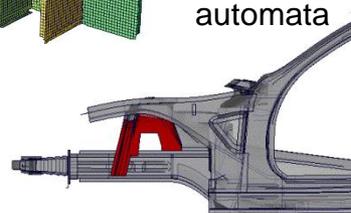
Crash topology
optimisation



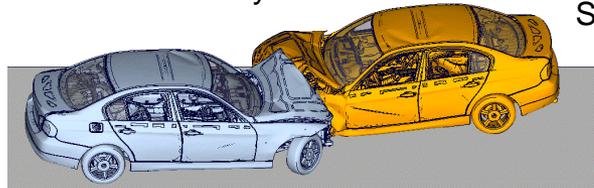
Hybrid cellular
automata



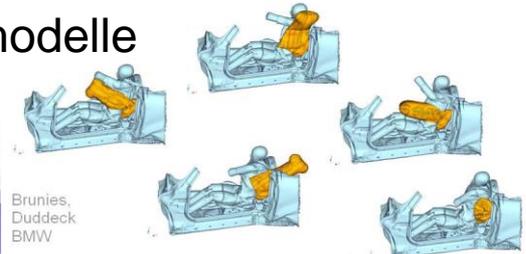
Electro mobility



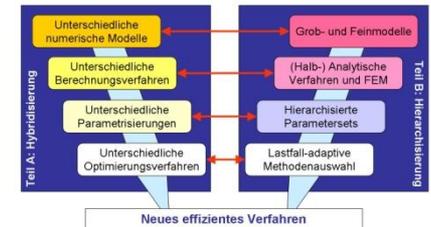
Shape optimisation
SFE CONCEPT
Crash &
Acoustics



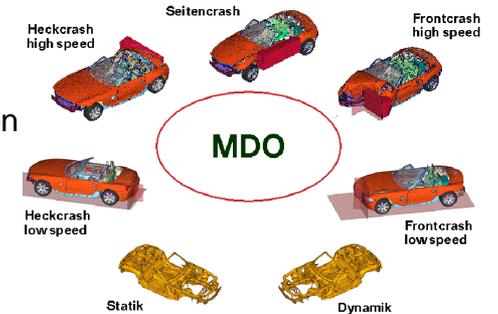
Compatibility



Robustness & Sensitivity

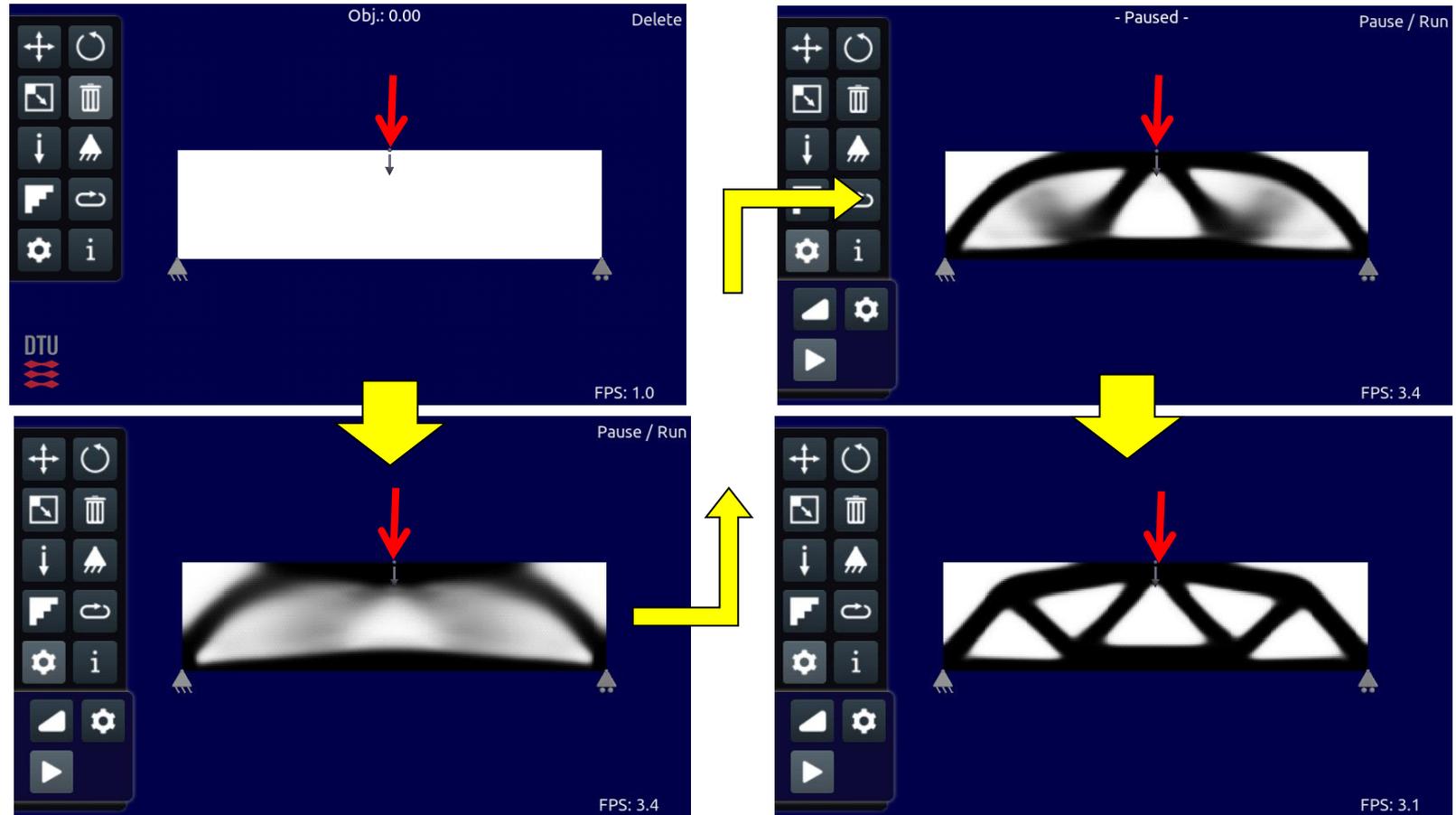


Efficient optimisation algorithms



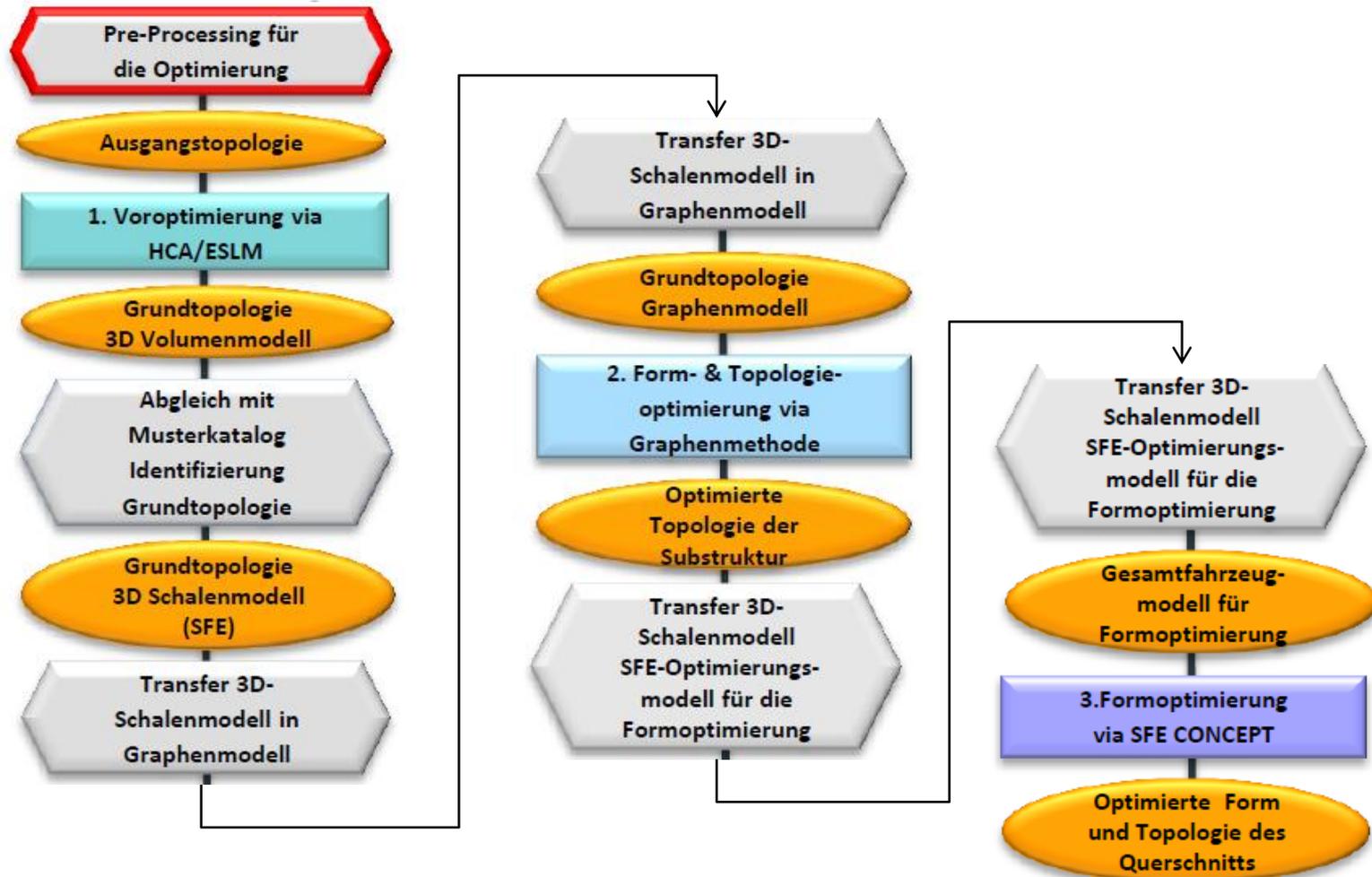
Multi-disciplinary optimisation

Andere Methoden: statische Topologieoptimierung

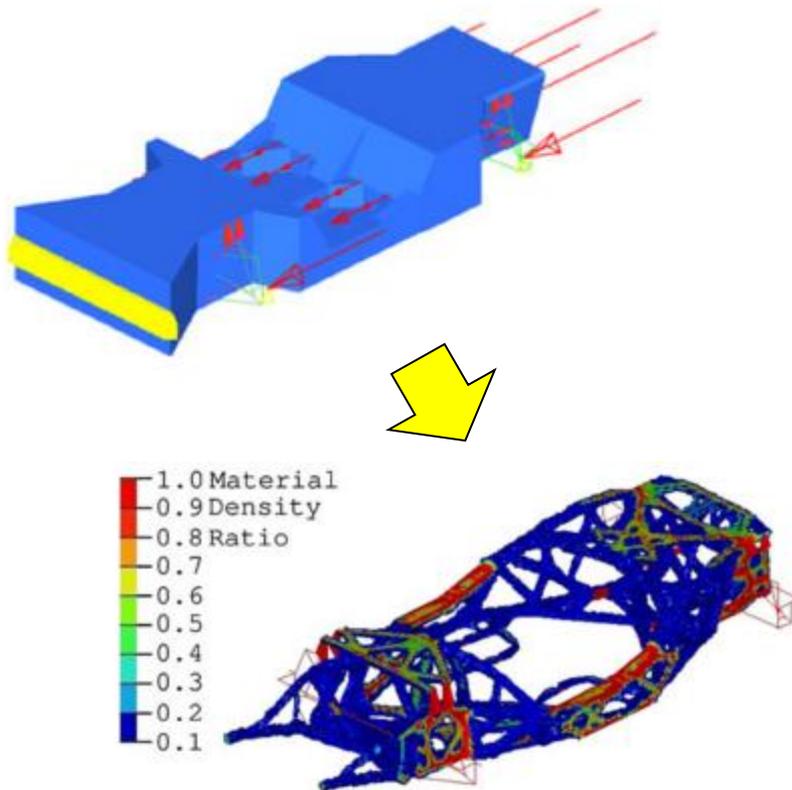


Android App TopOpt (www.topopt.dtu.dk)

CrashTopo Projekt - Gesamtablauf

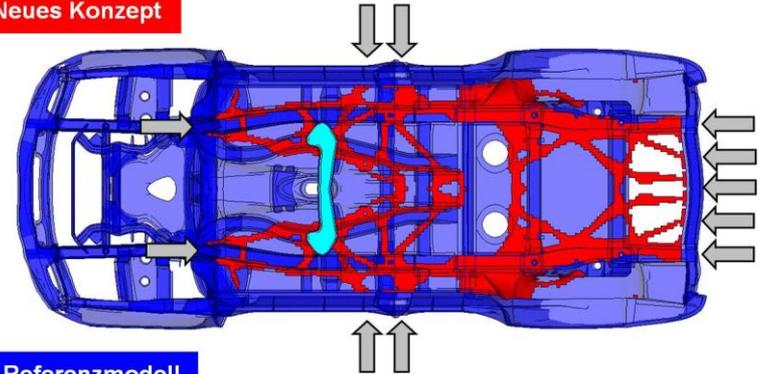


Andere Methoden: Equivalent Static Load Methods (1)



Cavazzuti 2010

Rot: Neues Konzept



Blau: Referenzmodell

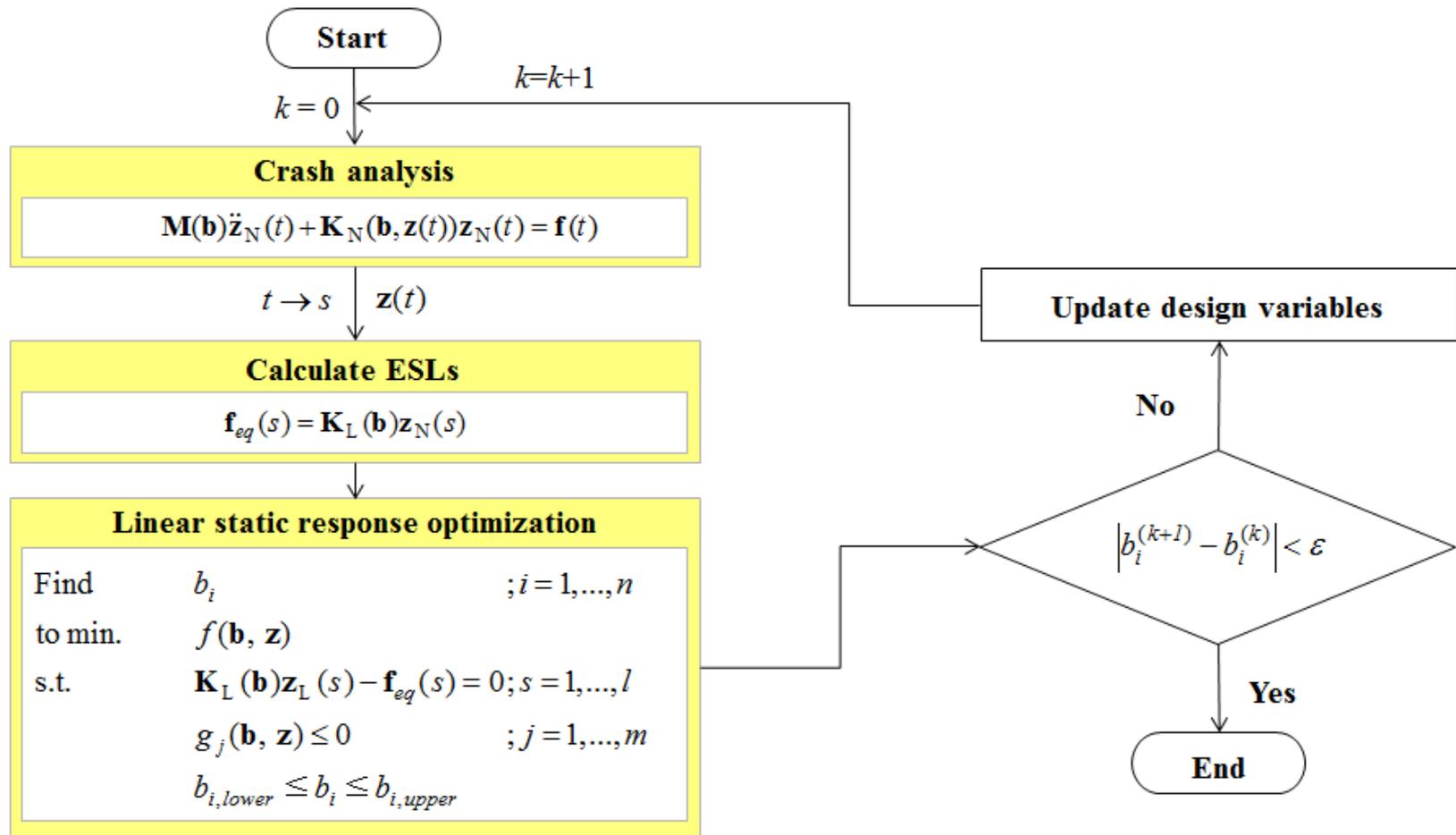
K. Volz (BMW)
Dissertation TUM 2011

- Grobe Annäherung dynamischer Lasten durch statische.

Cavazutti et al.: zeitlich konstant

Volz: Lastgruppen für verschiedene Zeitpunkte zur Repräsentation des dynamischen Lastverlaufs.

Andere Methoden: Equivalent Static Load Methods (2)

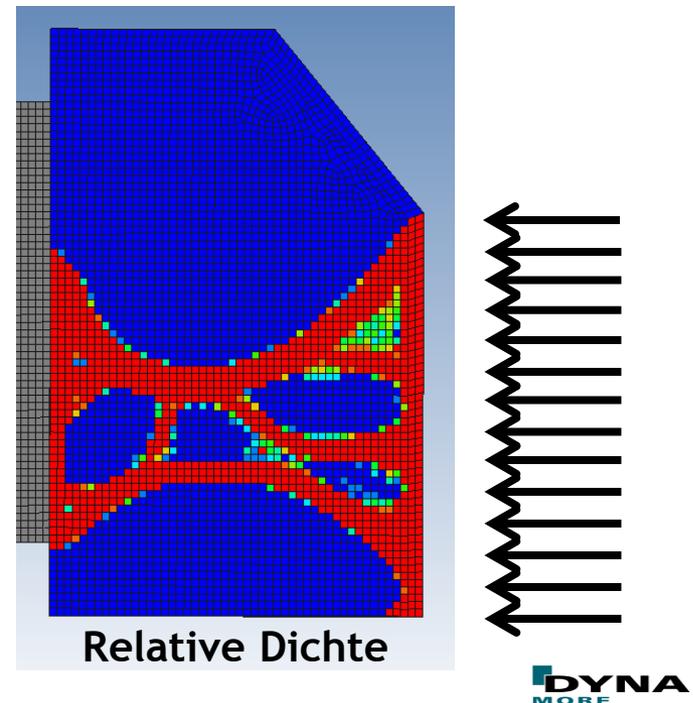


Andere Methoden: Equivalent Static Load Methods (2)

- Genauere Annäherung durch statische Knotenlasten für viele Zeitpunkte.
- Dynamische und statische Verformungen sind identisch.
- Lastfall Pfahlaufprall
- Volumenelemente
- Zielfunktion: innere Energie
- Massen Nebenbedingung 25 %

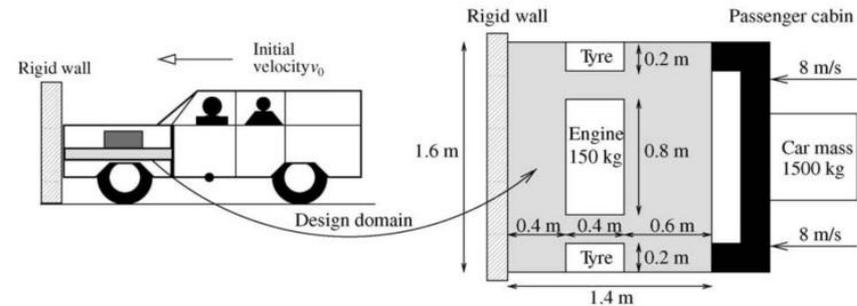
Offene Fragen:

- Notwendige Diskretisierung
- Kritischer Zeitschritt beim Update (Element mit sehr geringer Dichte)
- Umverteilung der Knotenlasten beim Löschen von Elementen
- Faltenbeulen dünnwandiger Strukturen
- Optimierungskriterium, Nebenbed.



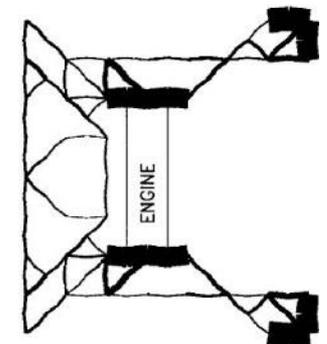
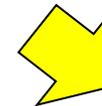
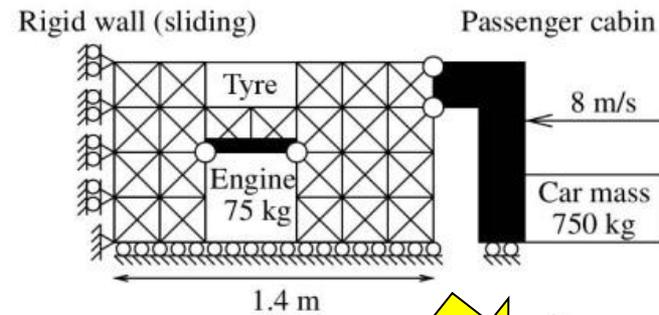
Andere Methoden: Ground-Structure Approach

- Nichtlineare Crashberechnungen
- Definition von Strukturelementen (Balken) in einem Designraum
- Sukzessives Löschen der Elemente



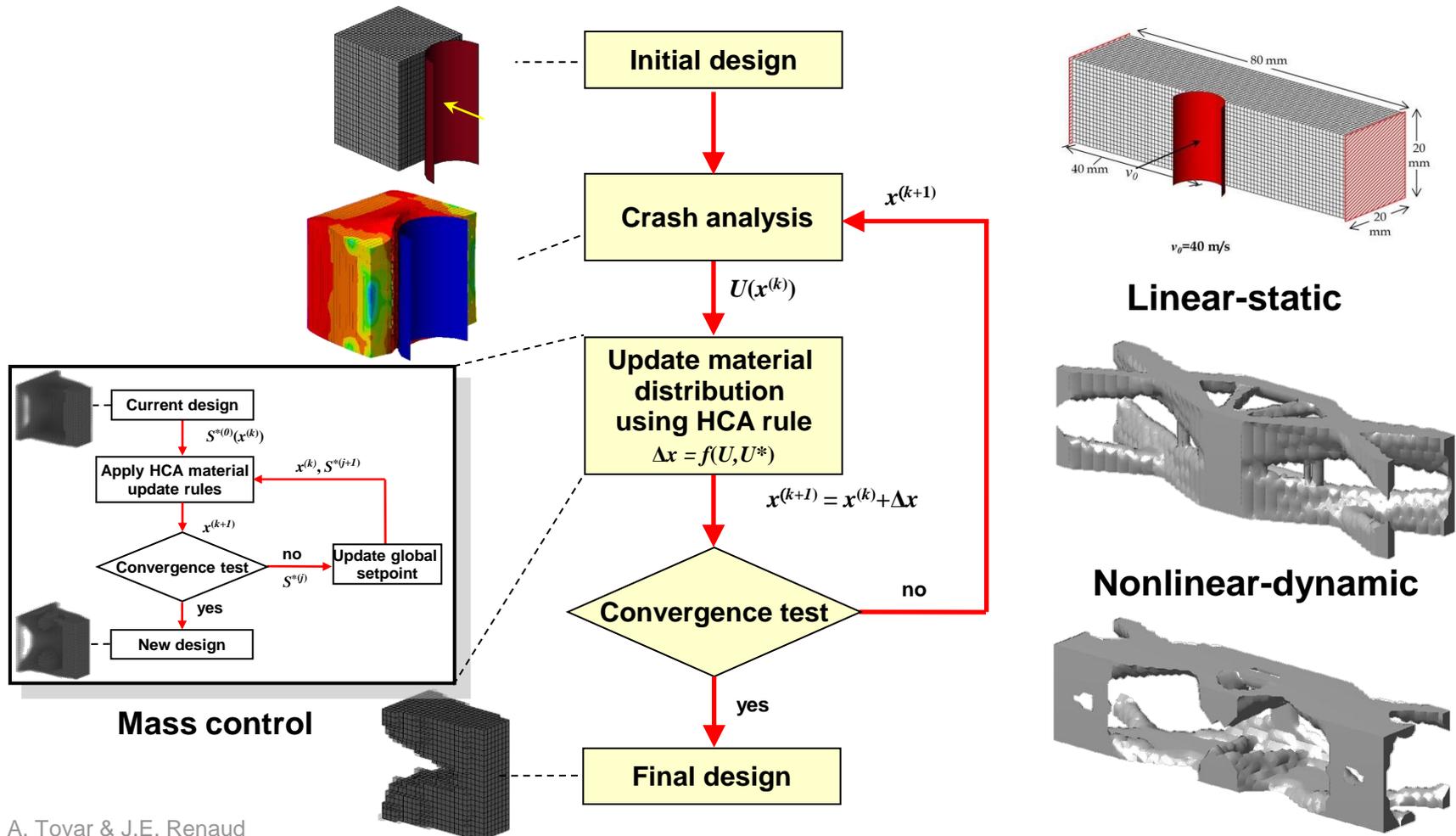
Offene Fragen:

- Optimierungskriterium
- Anwendung für Gesamtfahrzeuge fragwürdig; geeigneter für Komponenteoptimierung
- Balkenelemente können Faltenbeulen dünnwandiger Strukturen nicht abbilden



Pedersen 2004

Andere Methoden: Hybrid Cellular Automata (1)



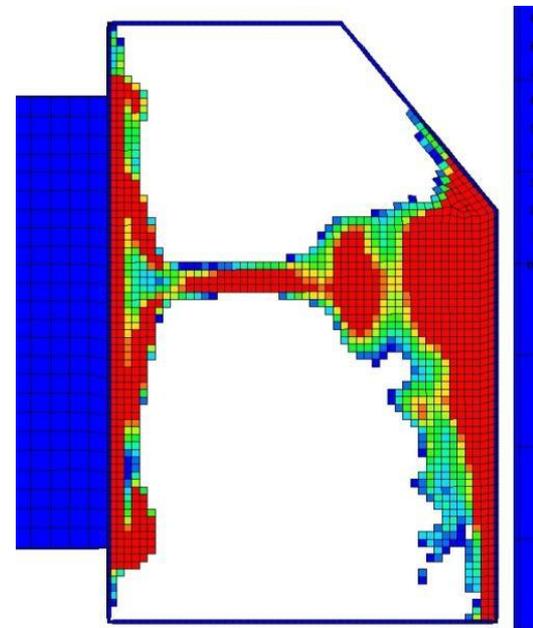
A. Tovar & J.E. Renaud

Andere Methoden: Hybrid Cellular Automata (1)

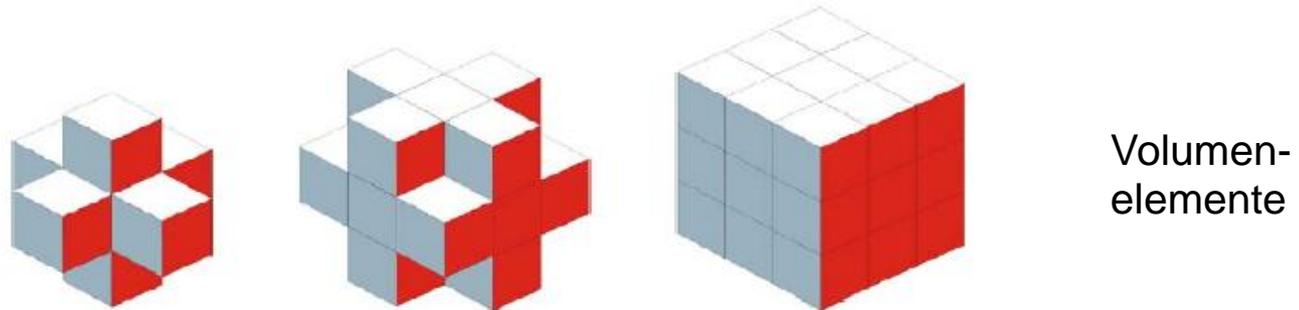
- Nichtlineare Crashberechnungen
- Definition von Nachbarschaftsgebieten mit gleicher Energiedichte
- Deutlicher Unterschied zwischen dynamischer und statischer Last
- Lastfall Pfahlaufprall
- Volumenelemente
- Zielfunktion: Vergleichmäßigung der inneren Energiedichte (IED)

Offene Fragen:

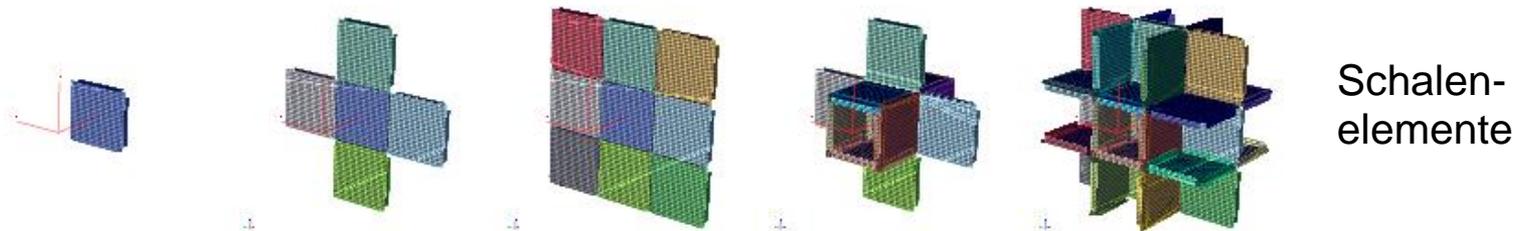
- Notwendige Diskretisierung
- Kritischer Zeitschritt (sehr kleine Elemente)
- Faltenbeulen dünnwandiger Strukturen
- Optimierungskriterium
- Interpretation der Voxel-Ergebnisse



Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

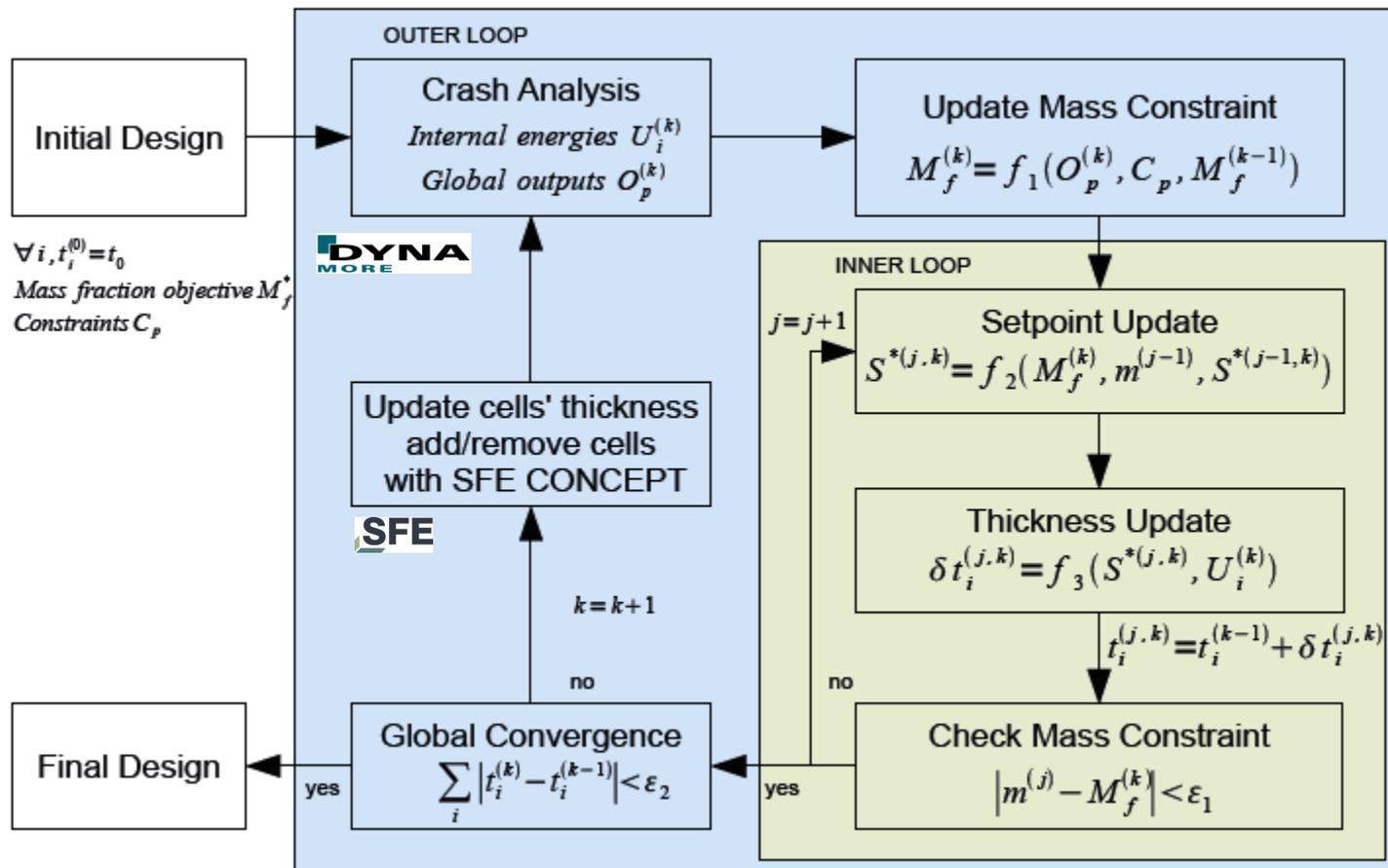


- Bisheriger Ansatz: Designraum wird mit **kleinen Volumenelementen** (Voxel) gefüllt.
- Vergleichmäßigung der Energieabsorption in der Nachbarschaft dieser Voxel.

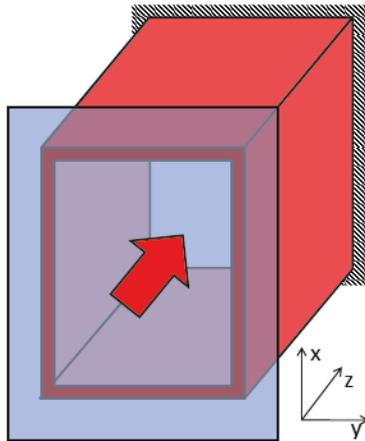


- Neuer Ansatz: Designraum wird mit **dünnwandigen Wandelementen** gefüllt.
- Vergleichmäßigung der Energieabsorption über großflächigere Bereiche ermöglicht lokales Faltenbeulen.

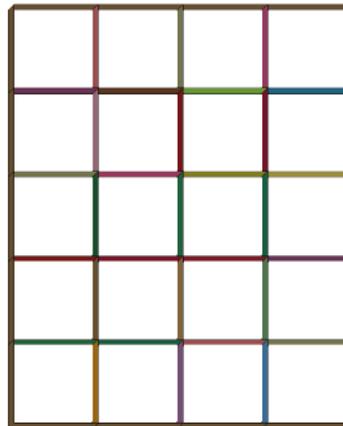
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen



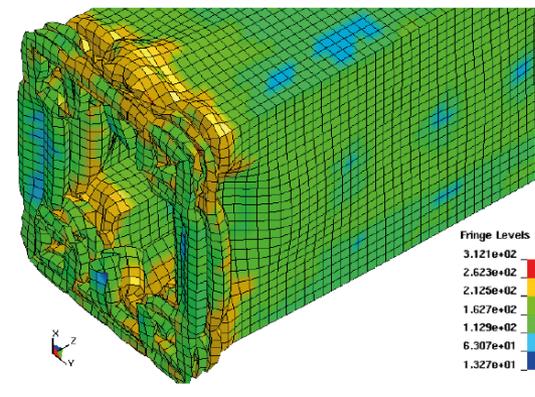
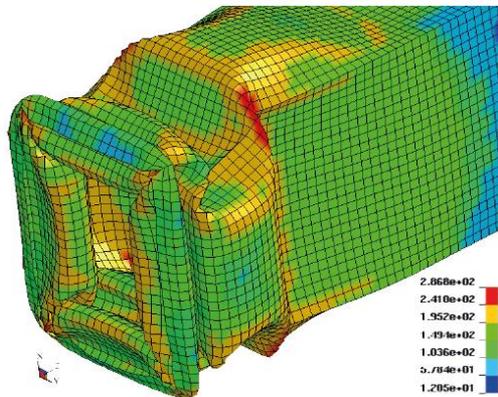
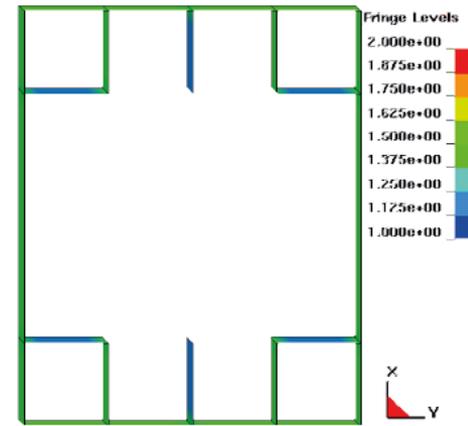
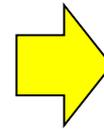
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen



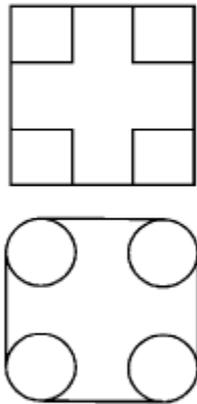
(a) Load case



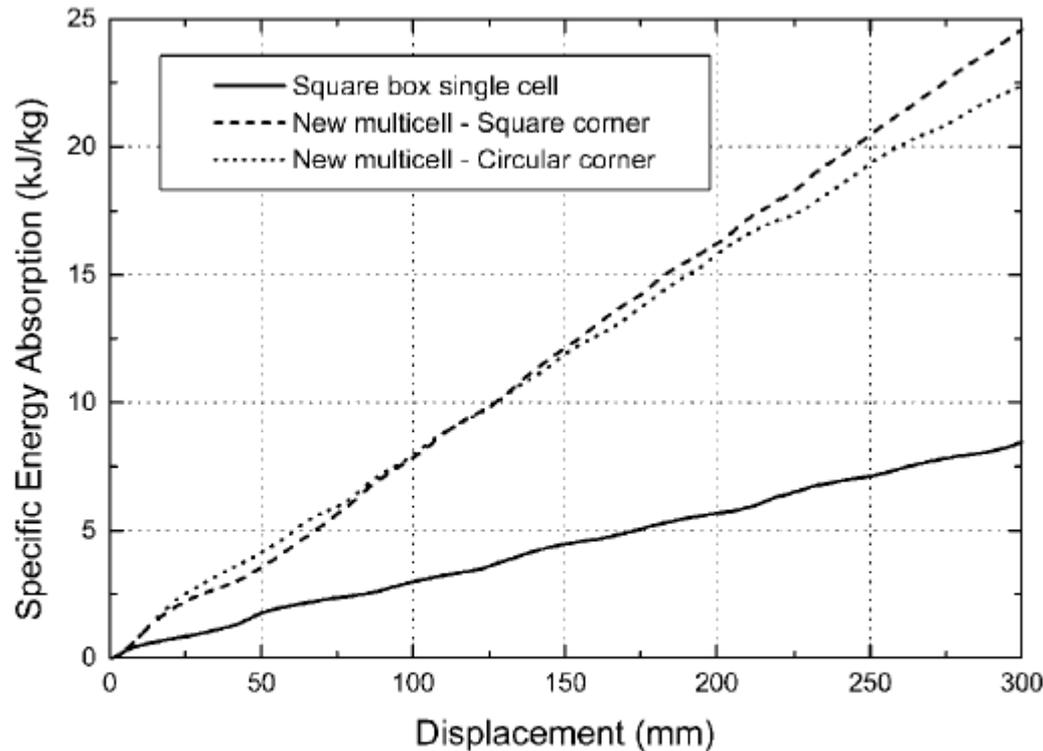
(b) Space filling



Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen



(a) Reinforced multi-cell cross-sections

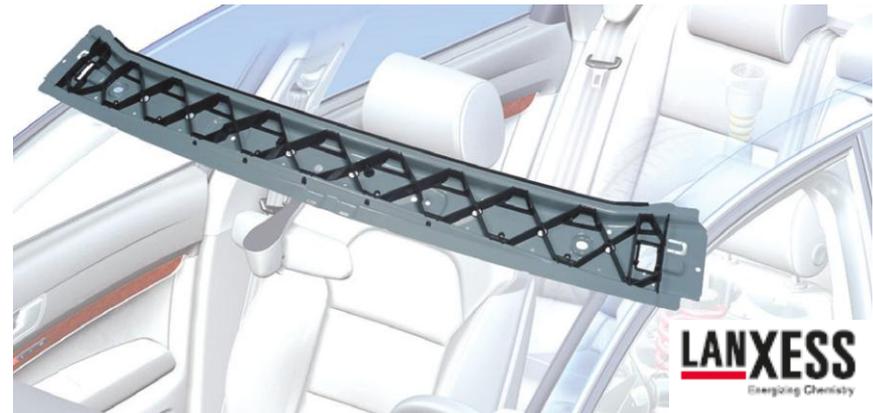


(b) Specific Energy Absorption curves

H. Kim. New extruded multi-cell aluminum profile for maximum crash energy absorption and weight efficiency. *Thin-Walled Structures*, 40:311–327, 2002.

Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

- Gleichmäßige Grundstrukturen
- Nichtlineare Berechnungen
- Dünnwandige Strukturen auf Basis von SFE CONCEPT
- Optimierungsziel, dass Faltenbeulen ermöglicht



Anwendungen

- Topologie lokaler Verstärkungen (Verrippungen, etc.)
- Topologie von Querschnitten (Extrusionsbauteile, etc.)
- Dreidimensionale dünnwandige Strukturen / Knoten.
- Verschiedene Lastfälle (Crash, NVH, etc.)

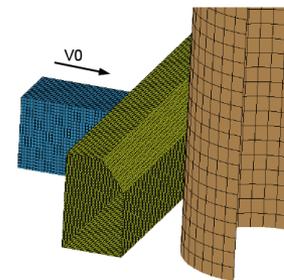


Figure: Load case, pole impact

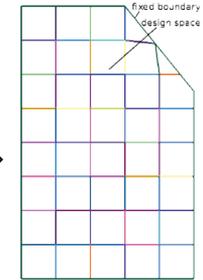
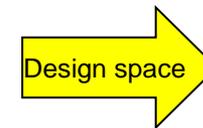
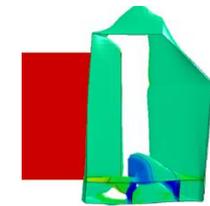
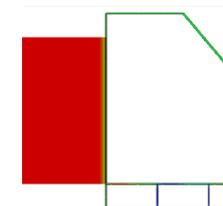
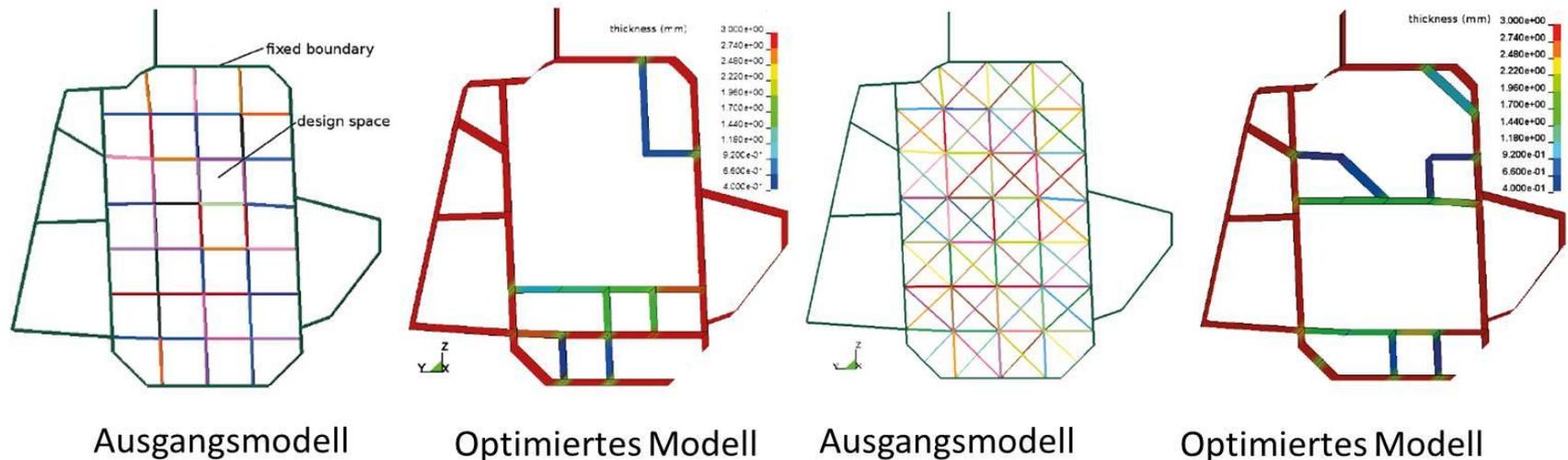


Figure: Rectangular space filling



Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

- Komplexerer Fall (Pfahlaufprall) - Extrusionsquerschnitte
- Verschiedene Ausgangskonfigurationen



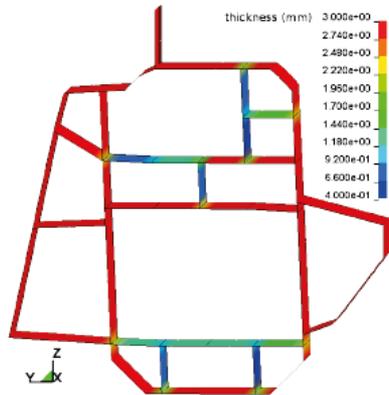
Nur rechtwinklige
Elemente

Zusätzliche
Diagonalelemente

- Mehrere gleichwertige Optima

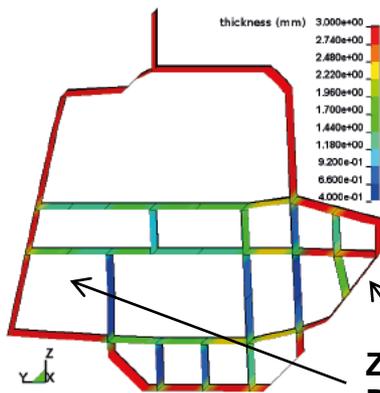
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

15/45 cells remaining

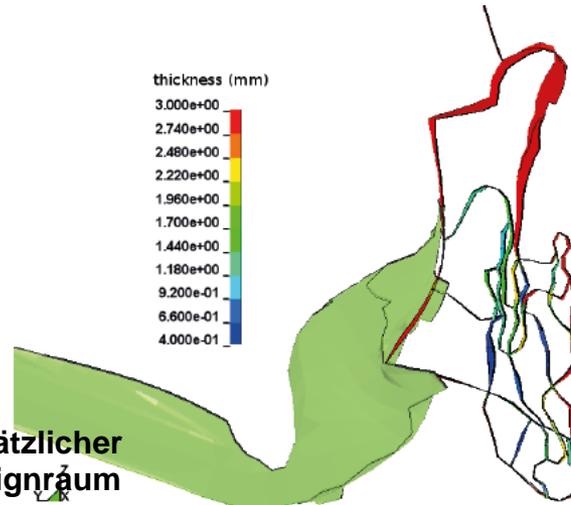


**Best design for reduced space filling:
mass = 14.969 kg, def = 169.9 mm**

31/71 cells remaining



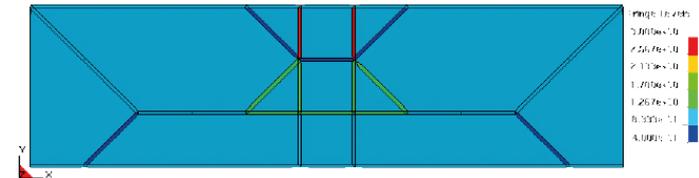
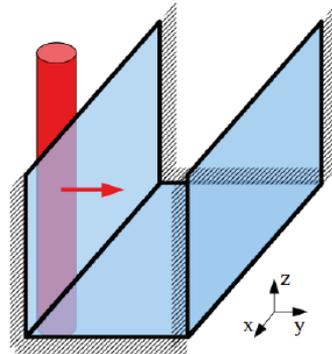
**Zusätzlicher
Designraum**



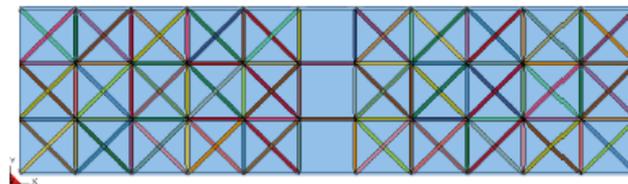
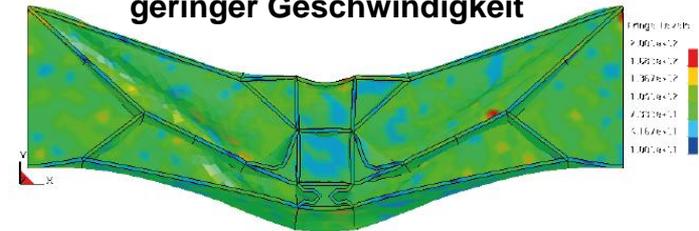
**Best design for extended space filling:
mass = 13.768 kg, def = 169.0 mm**

Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

- Verrippung
- Dynamische 3-Punkt Biegung
- Offener Querschnitt
- Designraum

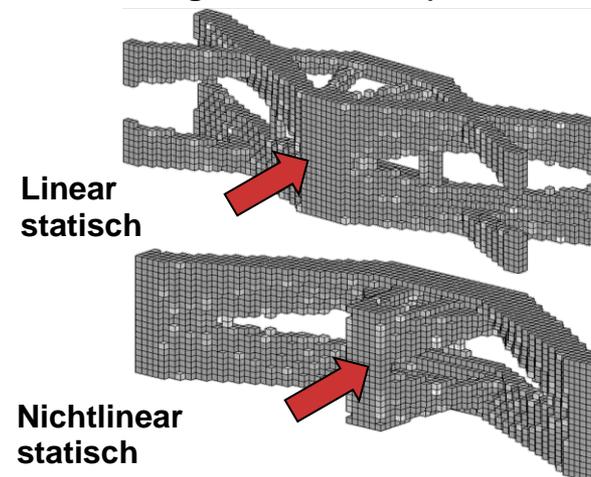


Optimum für Belastung mit geringer Geschwindigkeit



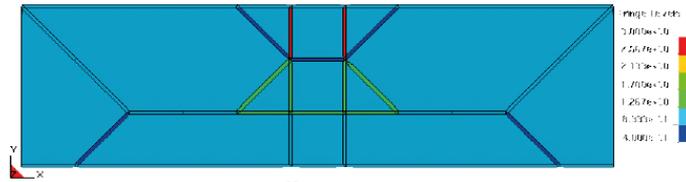
Space Filling der Verstärkungen des offenen Querschnitts

Vergleich mit HCA (Voxel-basiert)

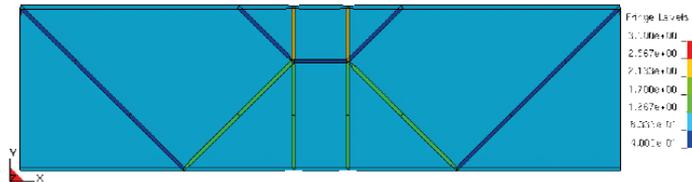
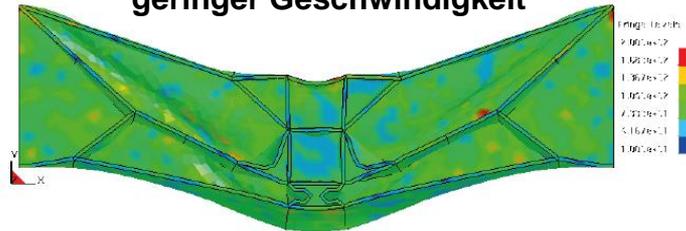


A. Tovar & J.E. Renaud

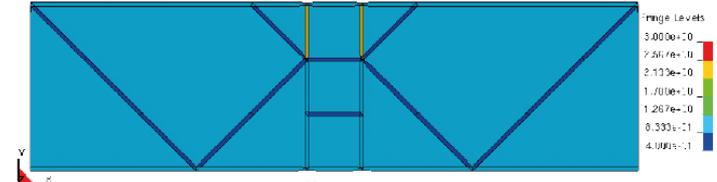
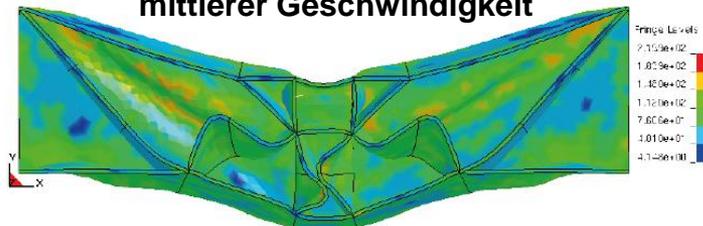
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen



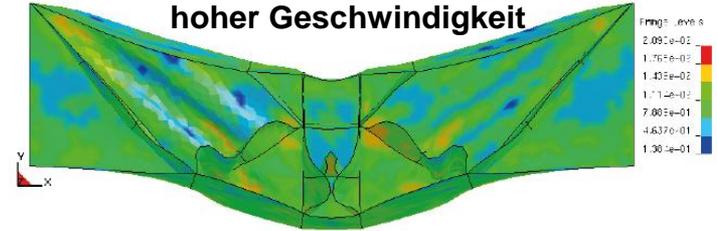
Optimum für Belastung mit geringer Geschwindigkeit



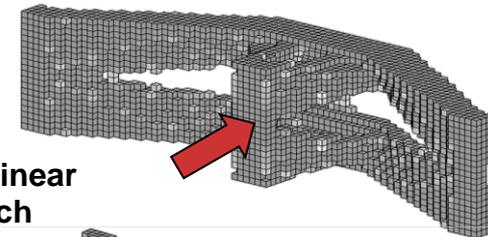
Optimum für Belastung mit mittlerer Geschwindigkeit



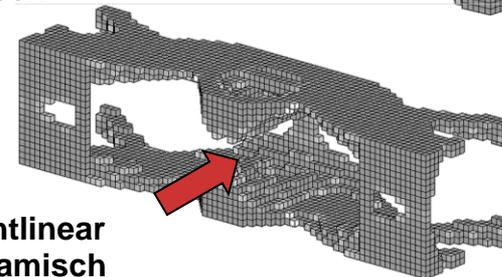
Optimum für Belastung mit hoher Geschwindigkeit



Nichtlinear statisch

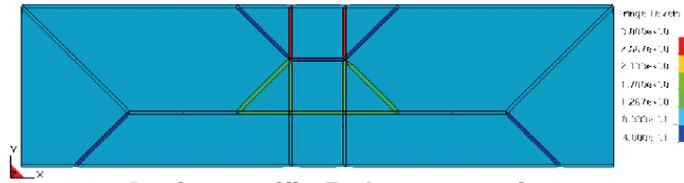


Nichtlinear dynamisch

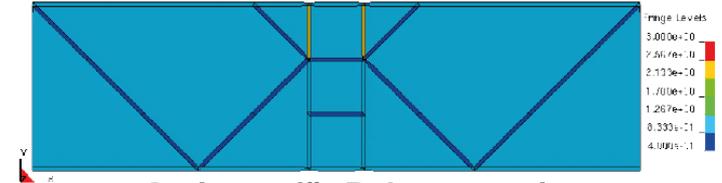
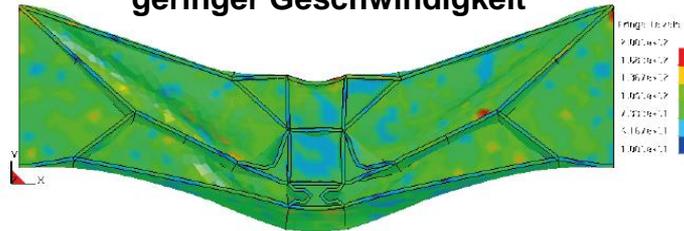


A. Tovar & J.E. Renaud

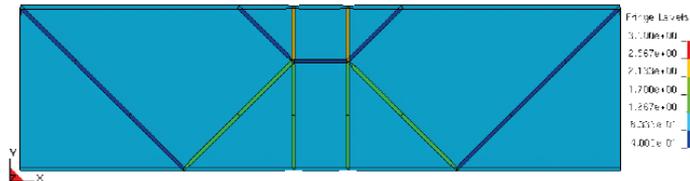
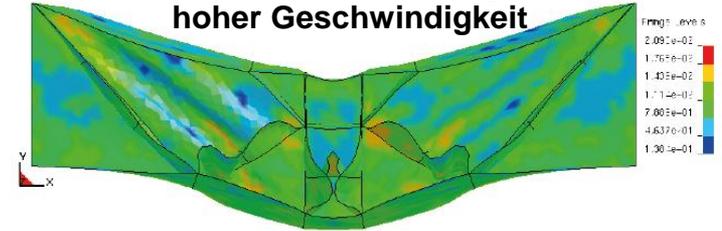
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen



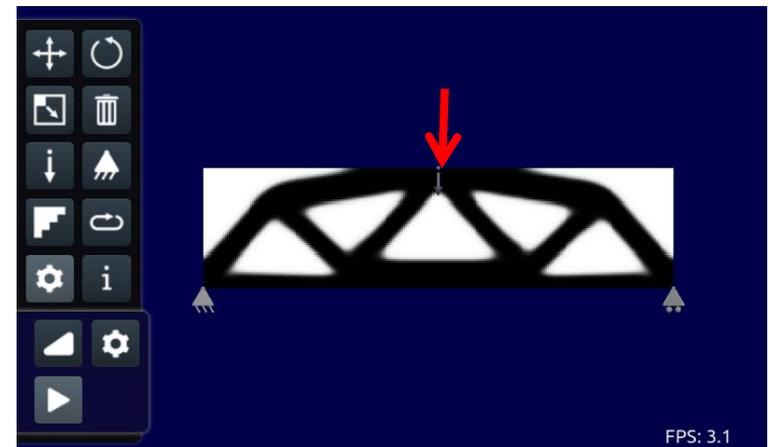
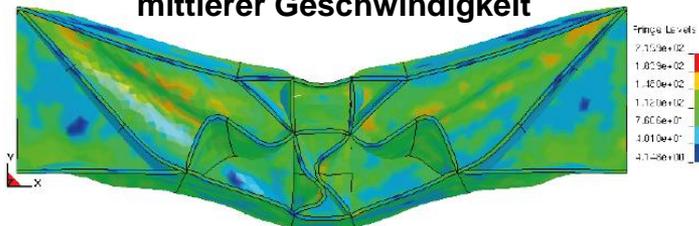
Optimum für Belastung mit geringer Geschwindigkeit



Optimum für Belastung mit hoher Geschwindigkeit



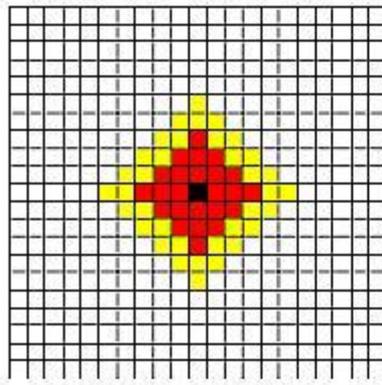
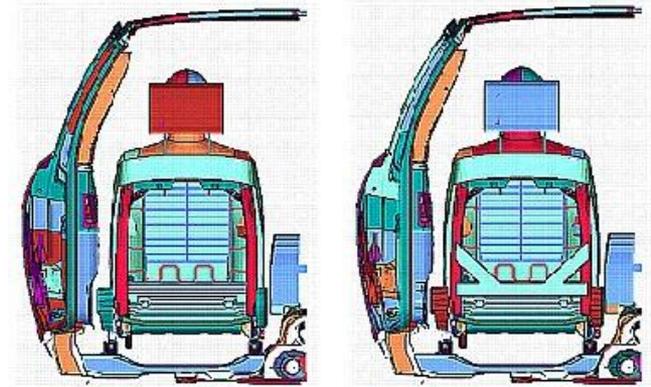
Optimum für Belastung mit mittlerer Geschwindigkeit



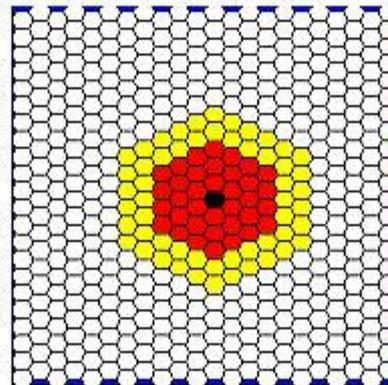
Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

Ausblick:

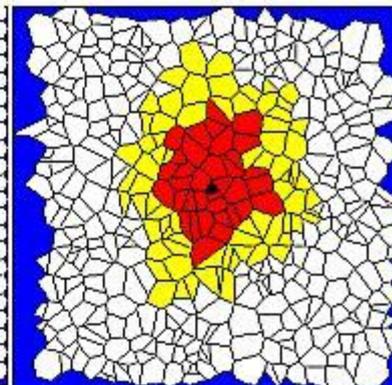
- Weitere Anwendungen
Rippenoptimierung, Querschnitte
- 3D Anwendungen
- Sitzstrukturen
- Anwendungen Aerospace
- Unregelmäßige Grundstrukturen



a) rectangular grid



b) hexagonal grid



c) irregular grid

Hybrid Cellular Automata für dünnwandige Strukturen

Dank:

- Unterstützung durch SFE GmbH
Finanzierung des Promotionsprojekts
Schulung, Support während der Arbeit
Software-Lizenzen SFE CONCEPT
- Unterstützung durch Crash-Topo Projektmitglieder
FE Modelle, Lastfalldefinition, Benchmarks, LS-DYNA Lizenzen
ARUP)
- Unterstützung durch Queen Mary University of London / SEMS
Finanzierung, Studienarbeiten
- Unterstützung durch Ecole des Ponts PariTech
Masterarbeiten etc.

11th World Congr. Comput. Mech. Barcelona Jul 2014



**WCCM XI - ECCM V - ECFD VI
BARCELONA 2014**

- Home
- Welcome Address
- Introduction
- Organizers
- Supporting Organizations
- Sponsorship & Exhibition
- Congress Topics
- Accepted Minisymposia

**11th. World Congress on
Computational Mechanics
(WCCM XI)**

20 – 25 July 2014 - Barcelona, Spain

**5th. European Conference on
Computational Mechanics
(ECCM V)**

**6th. European Conference on
Computational Fluid Dynamics
(ECFD VI)**

2 Minisymposia

ADVANCED APPROACHES FOR SHAPE OPTIMIZATION

**FABIAN DUDDECK^{*}, KAI-UWE BLETZINGER[†]
AND JENS-DOMINIK MÜLLER[§]**

IMPACT AND CRASH MECHANICS

MANFRED BISCHOFF^{*} AND FABIAN DUDDECK[†]

<http://www.wccm-eccm-ecfd2014.org>

Kontakt



Prof. Dr. Fabian DUDDECK
FG Computational Mechanics
Technische Universität München
Tel.: +49-89-289-28656
duddeck@tum.de

Stephan HUNKELER, PhD
Queen Mary University of London
s.hunkeler@qmul.ac.uk

