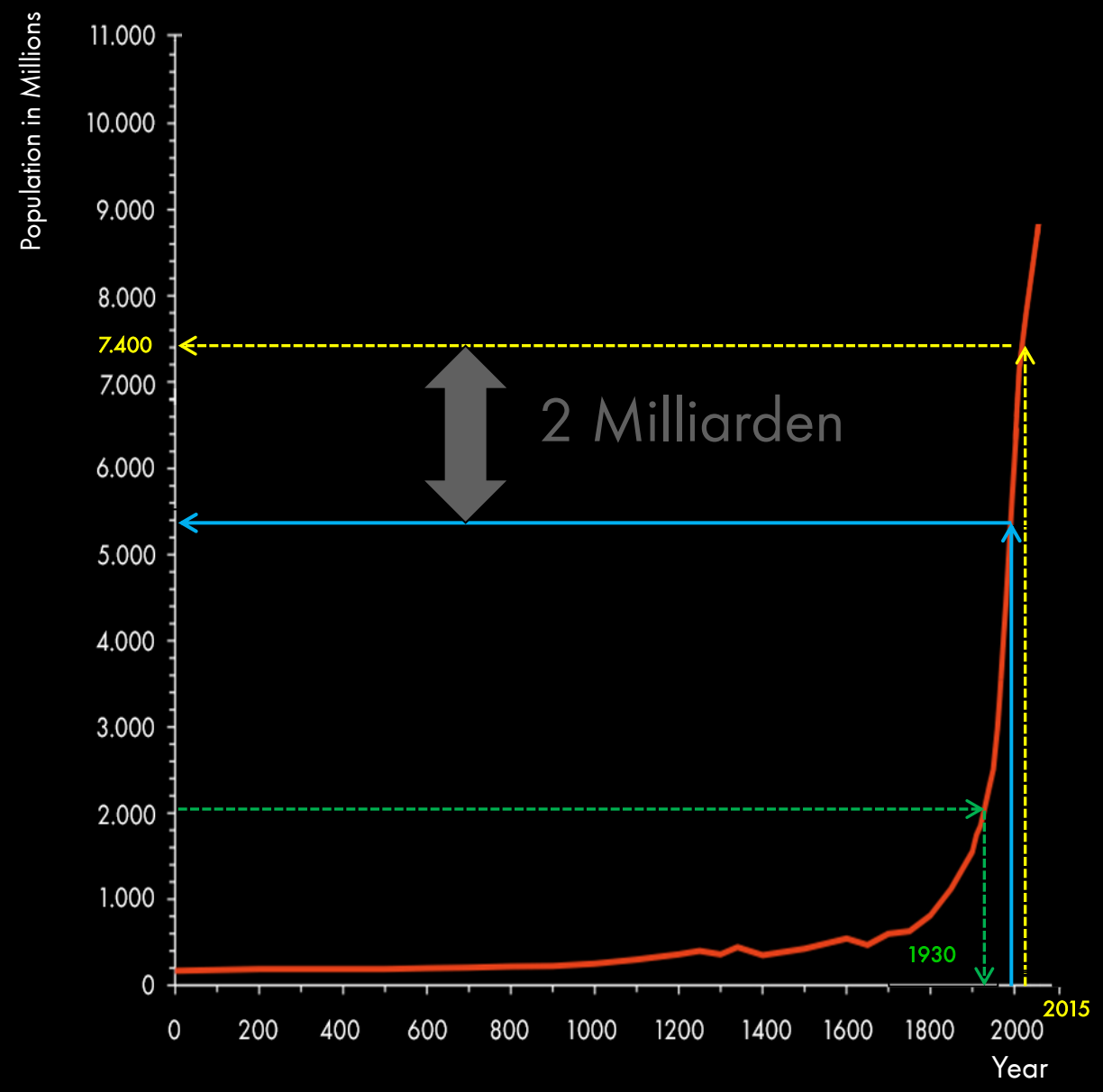
Werner Sobek

Tragwerke für die Zukunft

Jahrestagung des DAfStb 2015 in Stuttgart

Stuttgart 12.11.2015

Tragwerke für die Zukunft



Human population over the last 2000 years. Source: HYDE (Netherlands Environmental Assessment Agency)

Tragwerke für die Zukunft

Endless traffic

Tragwerke für die Zukunft

Shanghai in the spring.

Tragwerke für die Zukunft

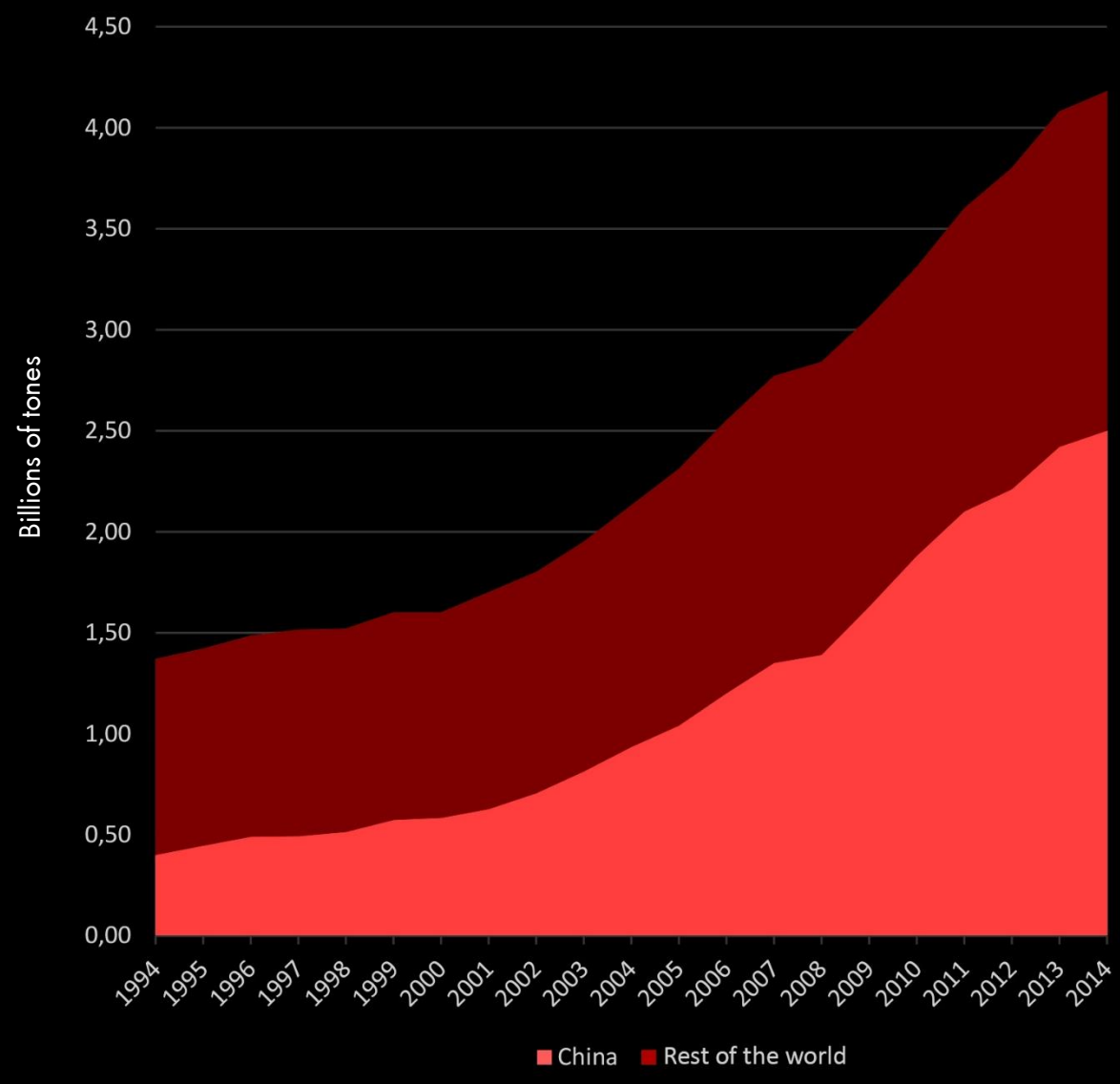
Endless city

Gleichnis der Äquatorwand:

- 125 Mio Menschen Nettozuwachs per annum
- 490 to mineralische Baustoffe pro Bundesbürger
- 60 Mrd to mineralische Baustoffe Bedarf pro Jahr
- Entspricht einer Wand mit einer Dicke von 30 cm entlang des Äquators, also ca. 40.000 km lang, und einer Höhe von

- Ca. 2.200 m

Tragwerke für die Zukunft



Global cement production,
China, Rest of World.
Source: USGS
(U.S. Geological survey)

Ressourcenproblem

- Viele wichtige Baustoffe sind nicht in genügendem Umfang vorhanden bzw. lassen sich nicht ohne erhebliche Umweltschädigungen beschaffen (Sand, Zink....)
- Die Gewinnung von Baustoffen und die Herstellung von Bauteilen erfordert große Mengen an grauer Energie (embodied energy)
- Fossil erzeugte graue Energie erzeugt CO2, NOx ...
- Herstellung, Umbau und Abbau hinterlassen große Mengen an häufig toxischem Abfall

Building industry plays a key role

- > 60 % consumption of natural resources
- > 50 % of waste production
- > 35 % of energy consumption
- > 35 % of emissions

Tragwerke für die Zukunft

Endless waste

Tragwerke für die Zukunft

German car industry in 2010: Recycling ratio is higher than 85%

Das sogenannte Energieproblem

- Wir haben kein Energieproblem,
- denn die Sonne strahlt 10.000 mal mehr Energie auf die Erde ein, als wir benötigen
- Wir haben das Problem, dass wir wertvolle fossile Materialien zur Energiegewinnung verbrennen und dabei gasförmigen Abfall erzeugen (Co2, NOx...), der die Erderwärmung beschleunigt

Tragwerke für die Zukunft

Die Reduktion des Ressourcenverbrauchs, der grauen Energie und des Müllaufkommens bedeutet:

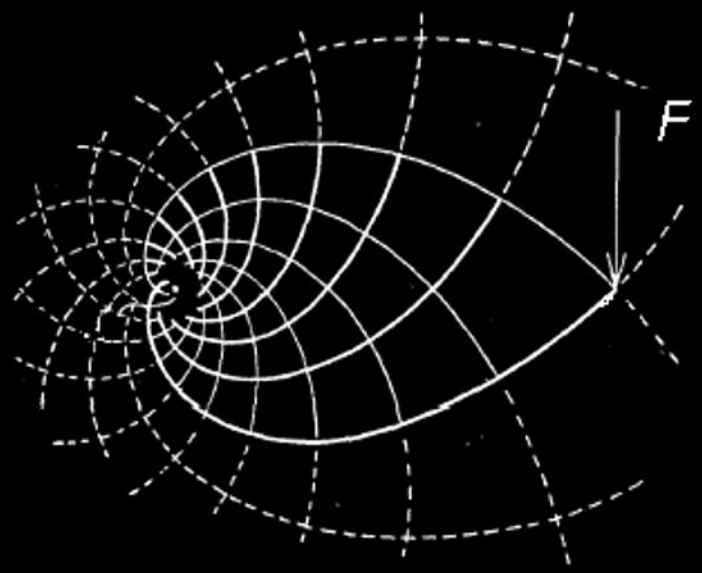
- Leichtbau
- Bauen mit minimierter fossil erzeugter grauer Energie
- Recyclinggerechtes Konstruieren

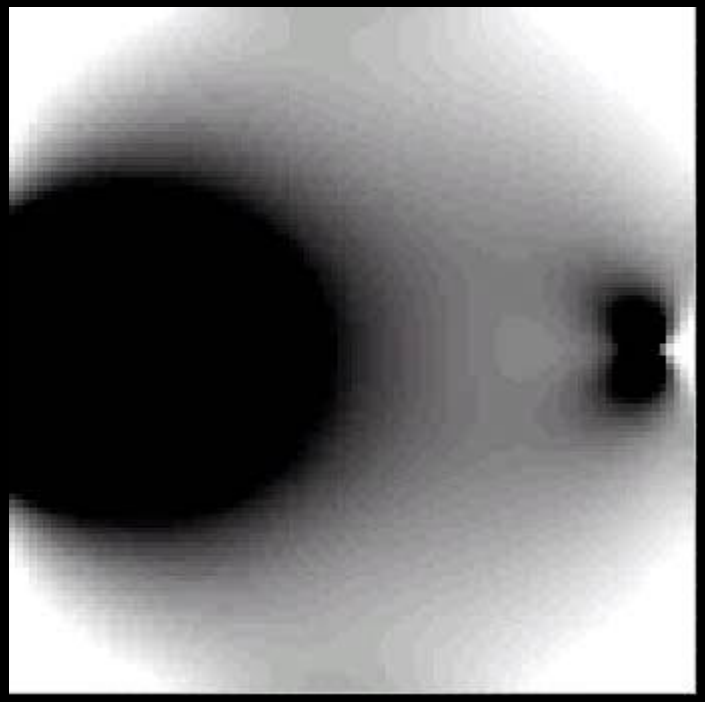
Die Optimierung von Tragwerken als Optimierung der äußeren Erscheinungsform

- Geometrieoptimierung
- Topologieoptimierung

- Bauteiloptimierung (Geometrie- und Topologieoptimierung)
- Optimierung der Fügungen

Tragwerke für die Zukunft



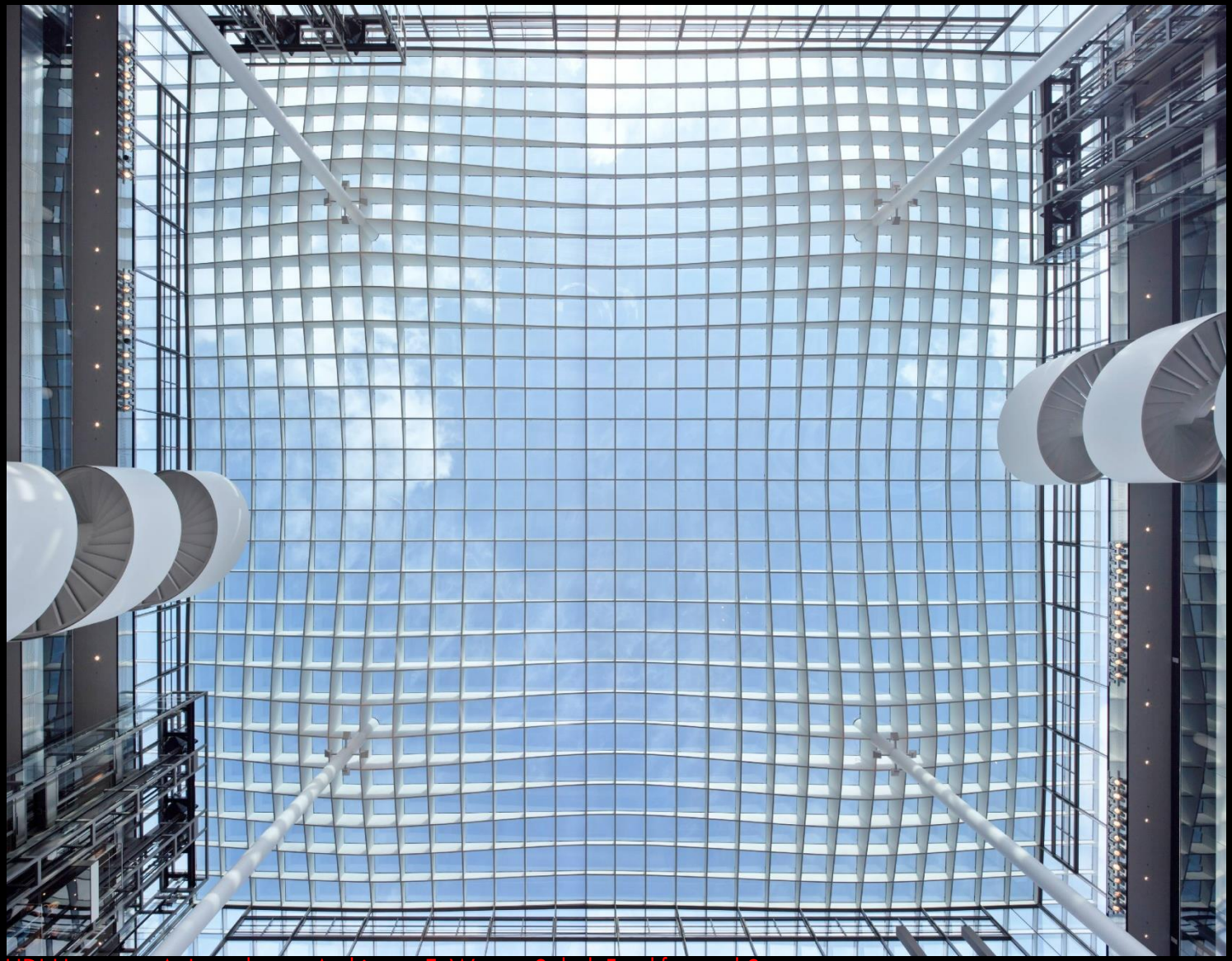


Michel structure, 1906. Analytical model (left) and numerical simulation (right)

Tragwerke für die Zukunft

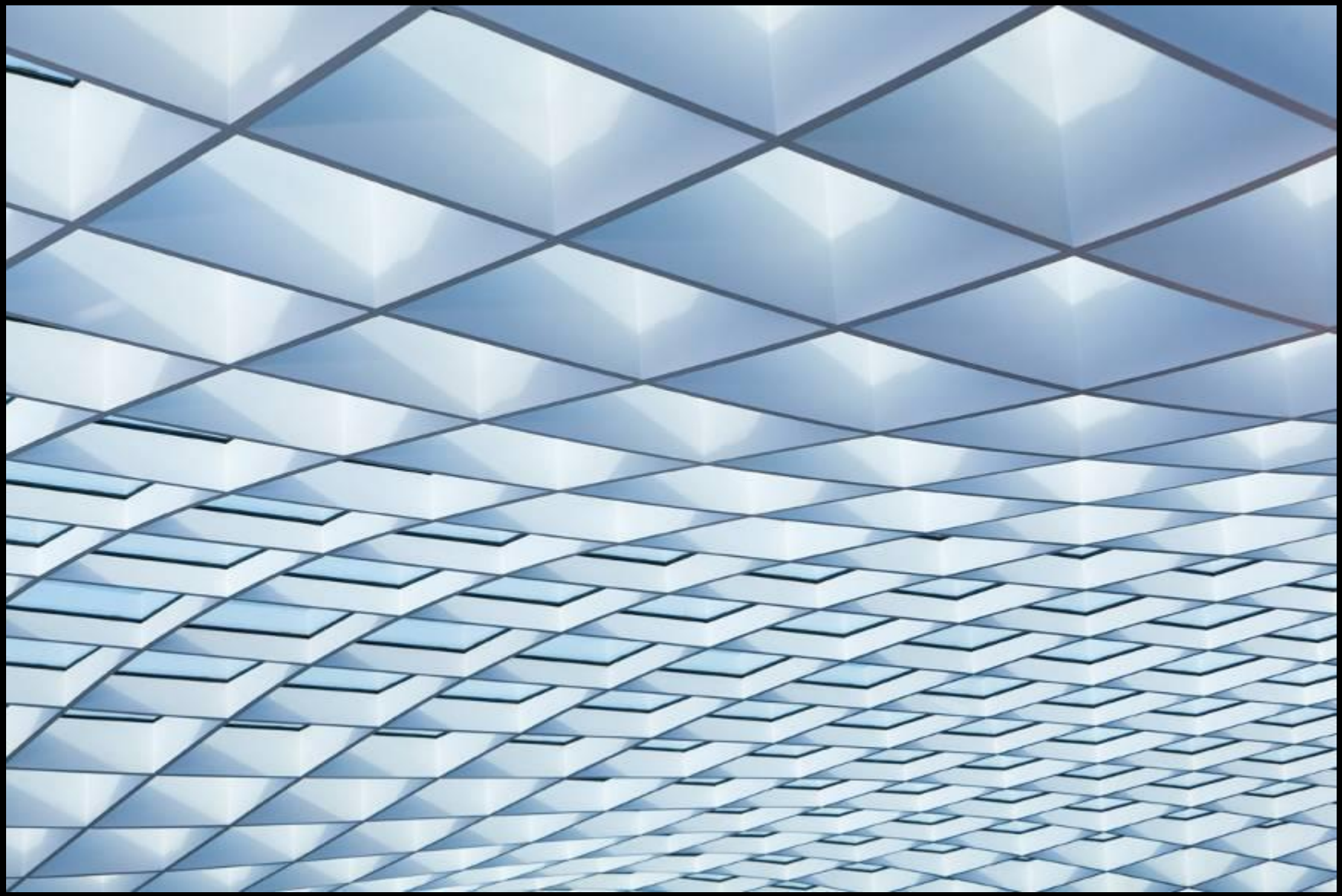
HDI Hannover A: Ingenhoven Architects; E: Werner Sobek Frankfurt and Stuttgart

Tragwerke für die Zukunft



HDI Hannover A: Ingenhoven Architects; E: Werner Sobek Frankfurt and Stuttgart

Tragwerke für die Zukunft



HDI Hannover A: Ingenhoven Architects; E: Werner Sobek Frankfurt and Stuttgart

Tragwerke für die Zukunft

HDI Hannover A: Ingenhoven Architects; E: Werner Sobek Frankfurt and Stuttgart

Die Optimierung von Tragwerken als Optimierung der Bauteilinnenräume

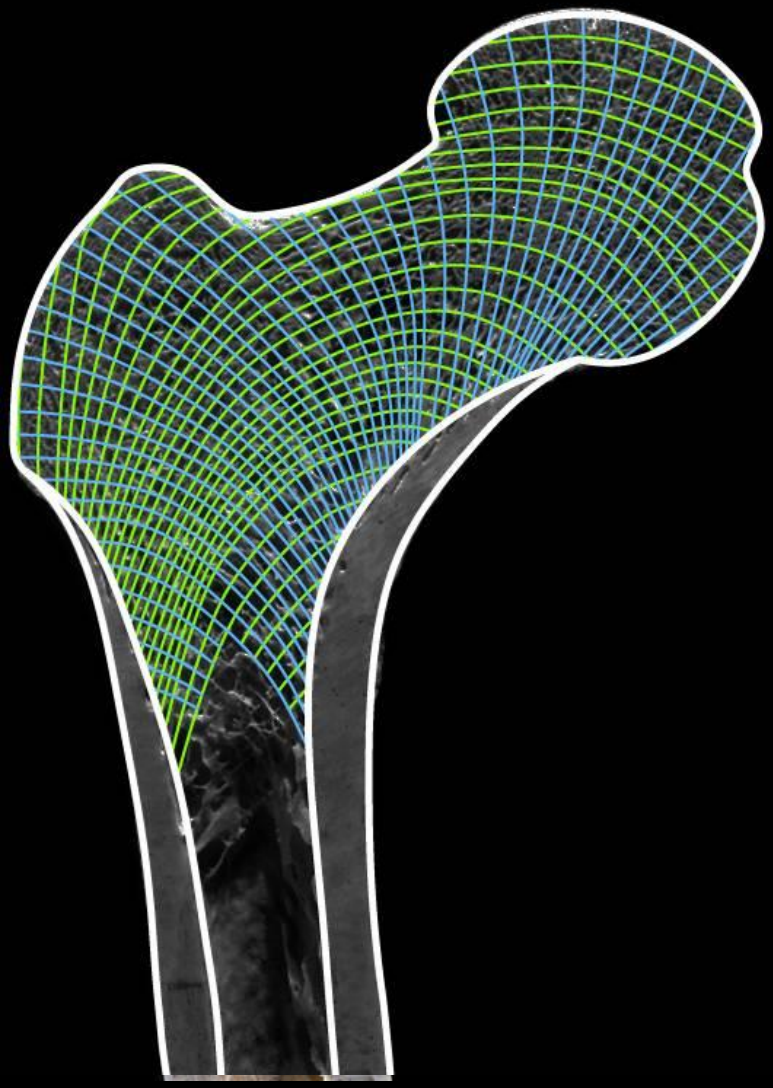
- Verbundbauweisen
- Gradierte Baustoffe

Future building materials

- minimum weight
- local resources
- minimum embodied (fossile based) energy
- environment friendly / recycable
- multifunctional

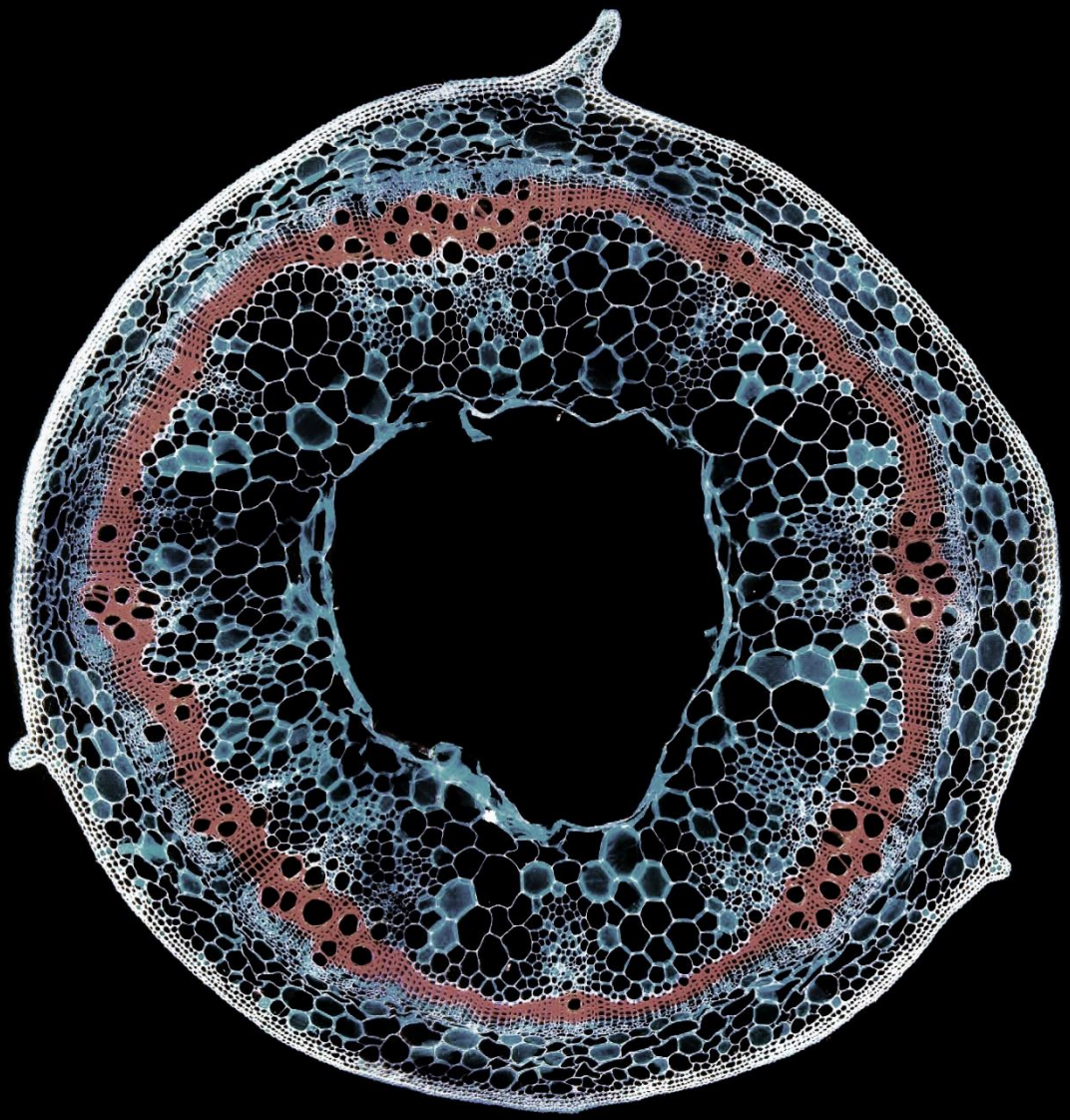
Vertical section through femur, upper part; ILEK 2009

Tragwerke für die Zukunft



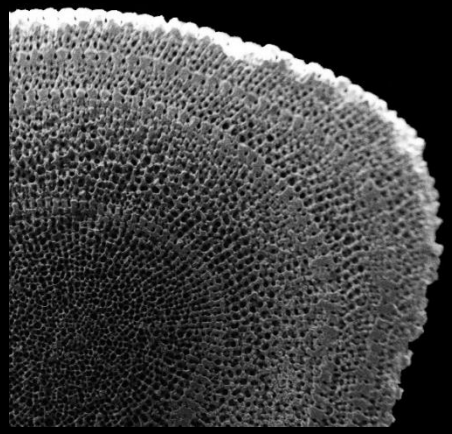
Vertical section through femur, upper part, trajectories; ILEK 2009

Tragwerke für die Zukunft

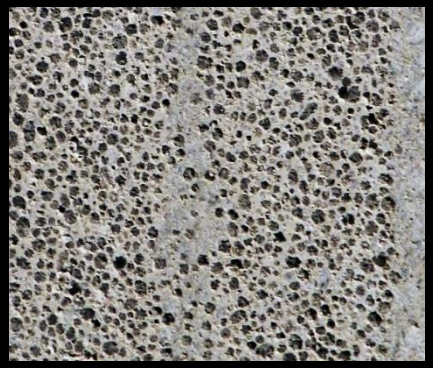


Micrograph of stem section, mokroskopie-ph.de

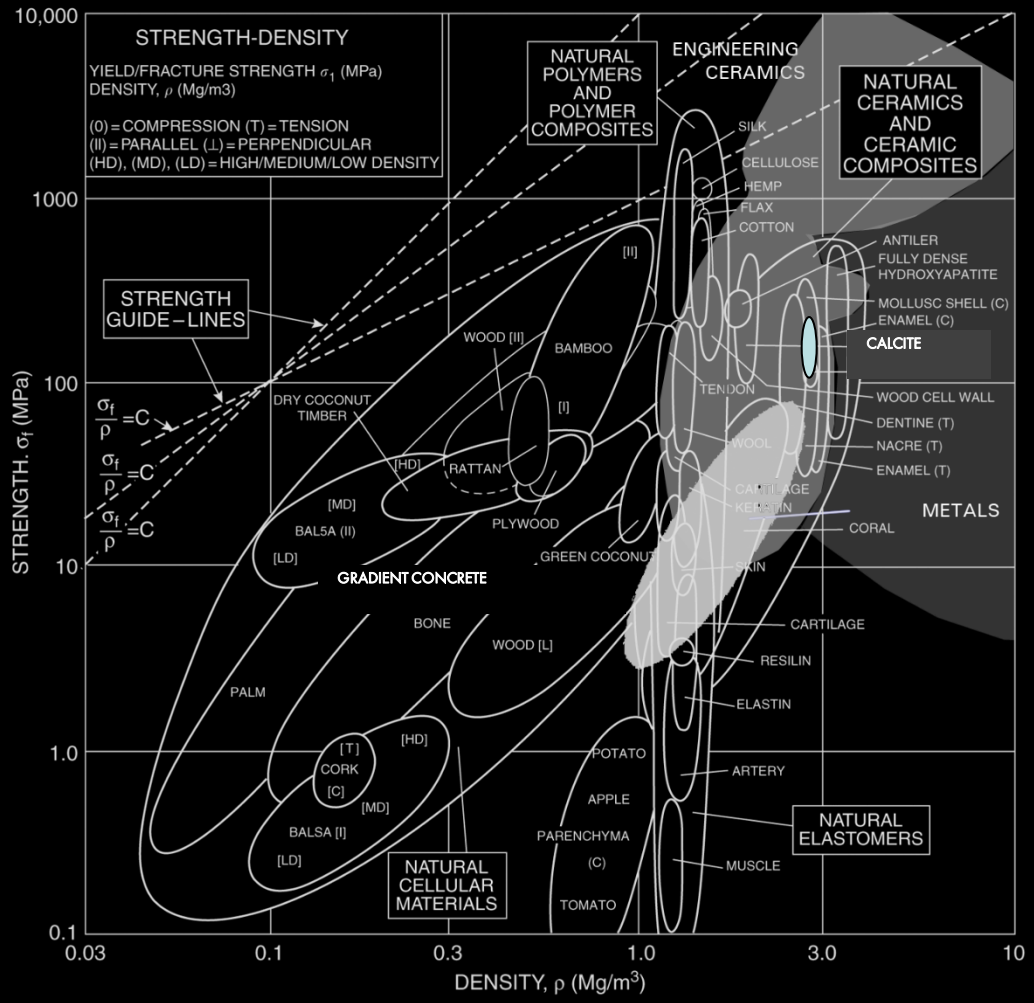
Tragwerke für die Zukunft



Cross-section of HM sea urchin spine

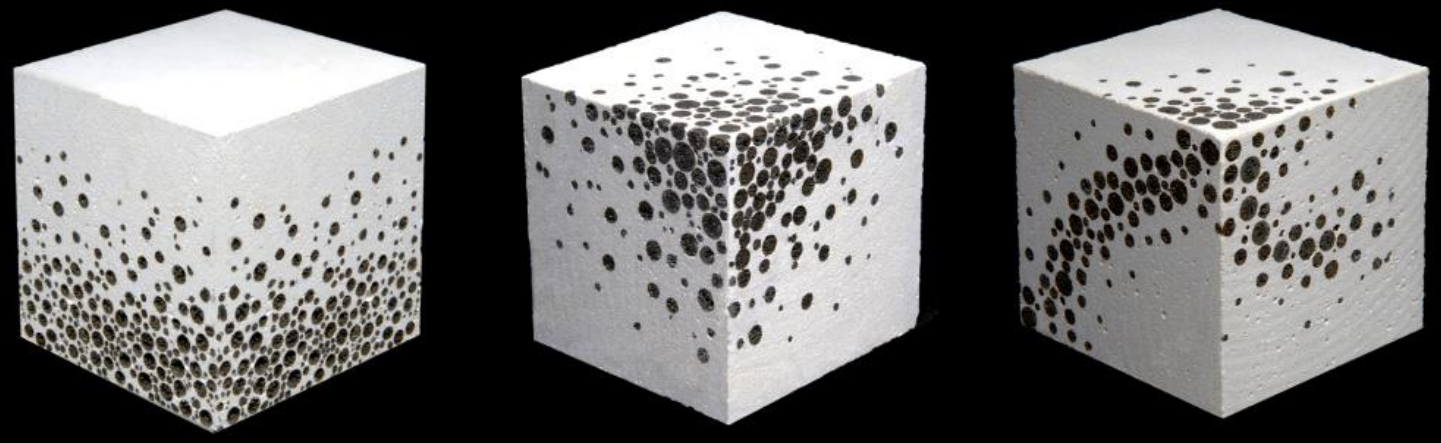


Cross-section of functionally concrete specimen



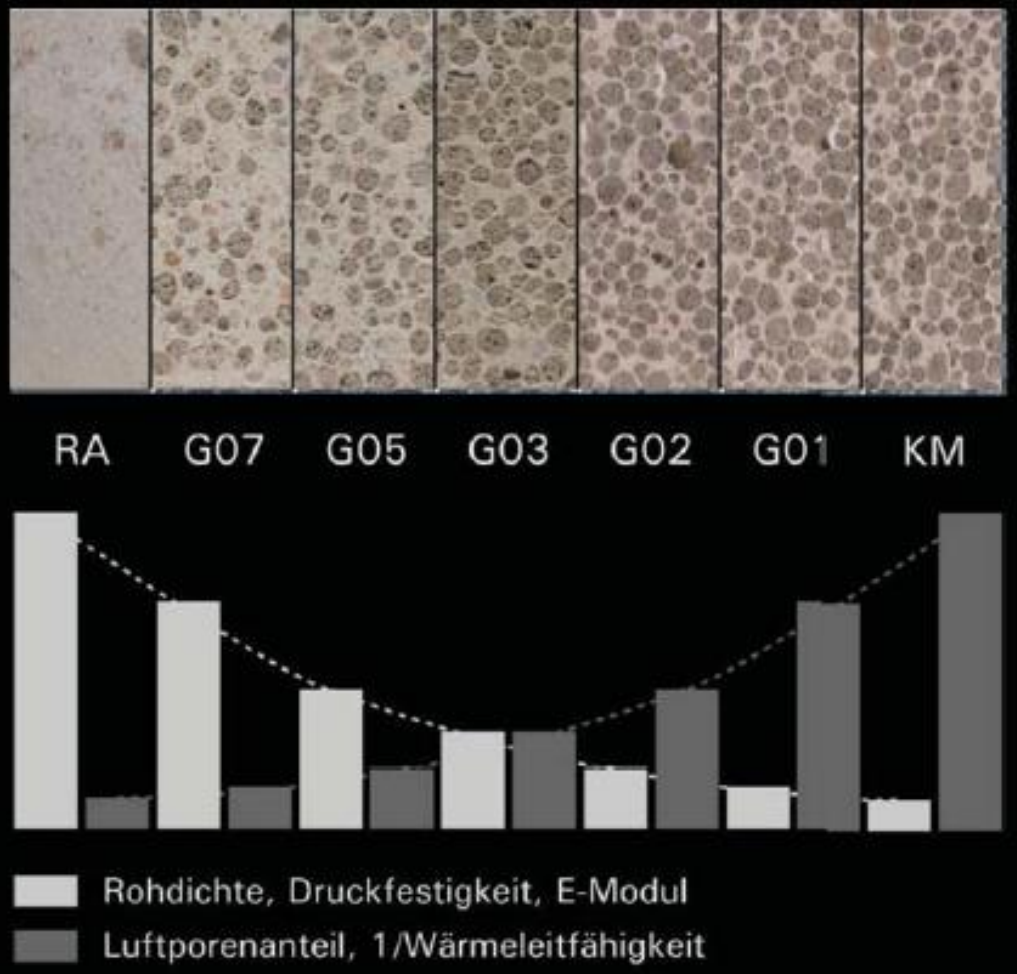
Strength-density chart, concrete vs natural materials. Modified after Ashby 1999;

Tragwerke für die Zukunft



Concept of functionally graded concrete, ILEK

Tragwerke für die Zukunft



Density, Compressive Strength, Elastic Modulus
Air content, 1/Thermal Conductivity

Material development of gradient mixtures

Tragwerke für die Zukunft

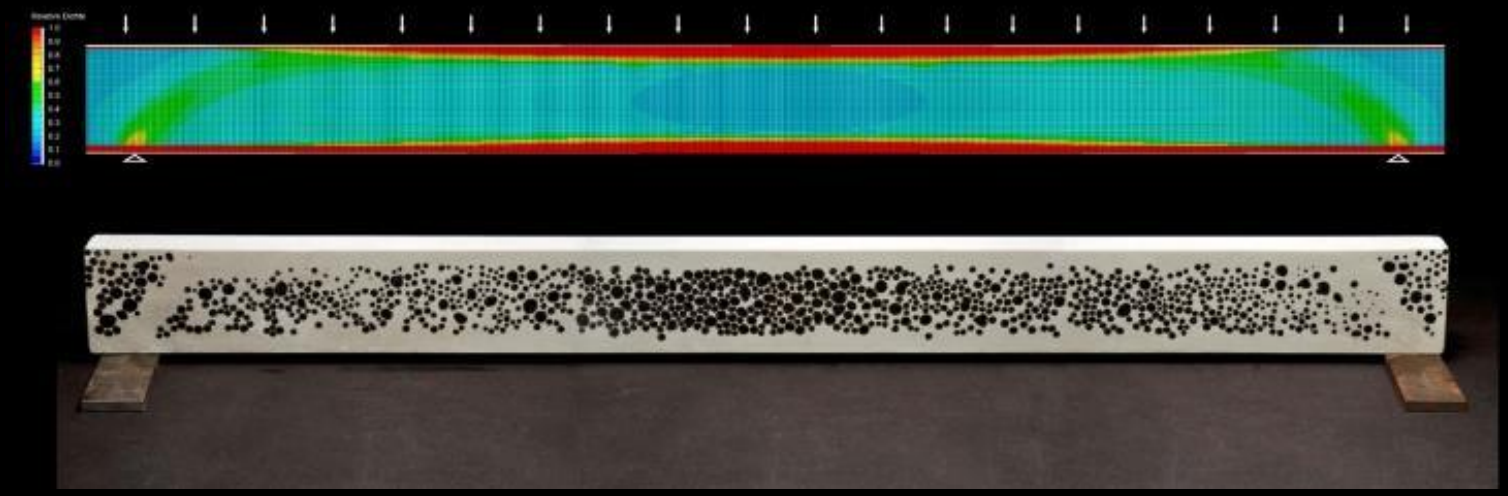
finishing

finishing

load-bearing insulation load-bearing

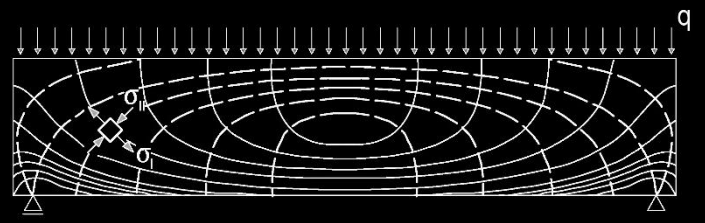
Functionally graded wall, U-value – 0,275 W/m^2 with wall thickness of 40 cm.

Tragwerke für die Zukunft

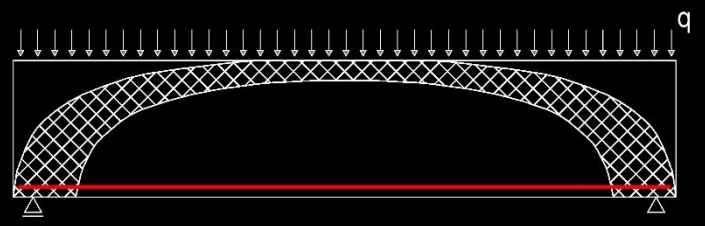


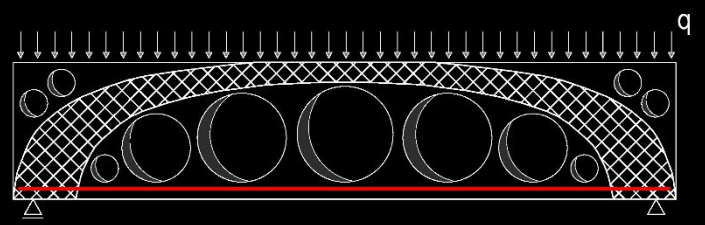
Numerical optimization and it`s implementation as porosity distribution. Source: M.Herrmann

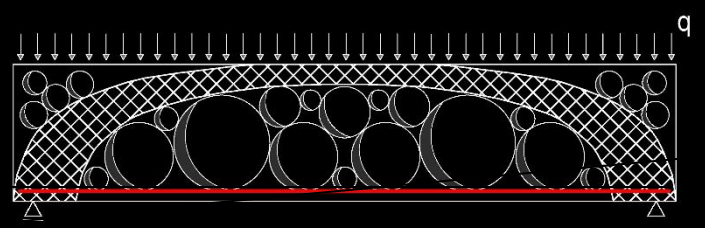
Tragwerke für die Zukunft



σ_I = tensile stresses
σ_{II} = compressive stresses

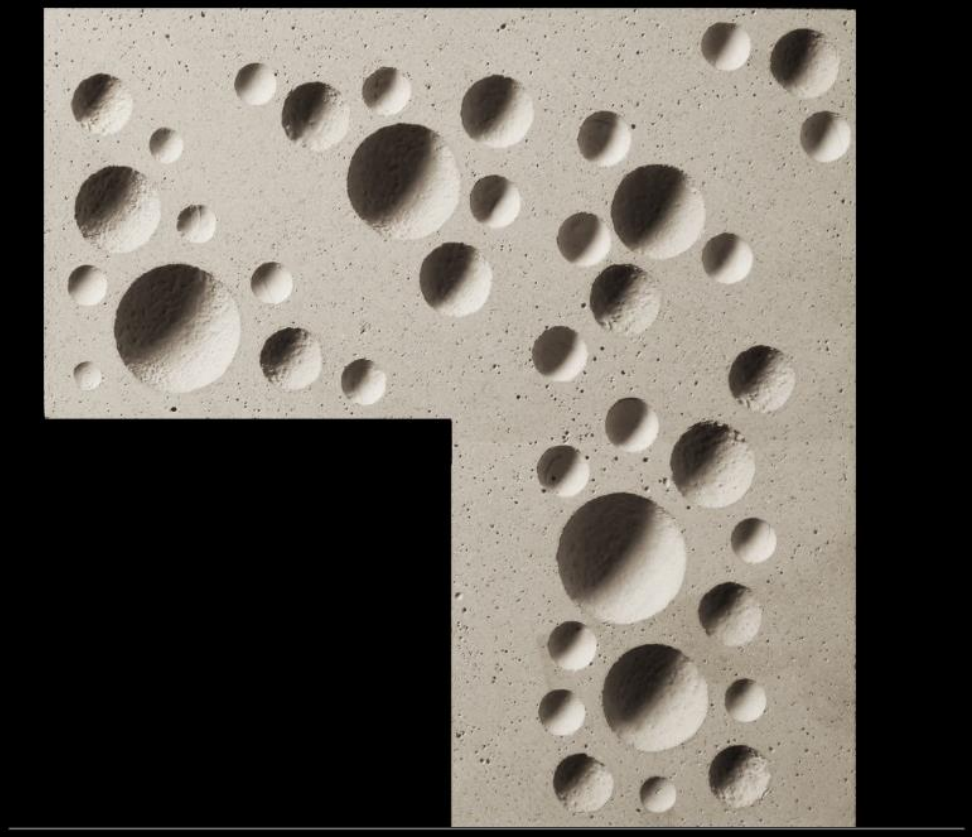






Optimized reinforced concrete beam with circular cavities inside

Tragwerke für die Zukunft



Mono-material functionally graded cantilever with hollow cavities

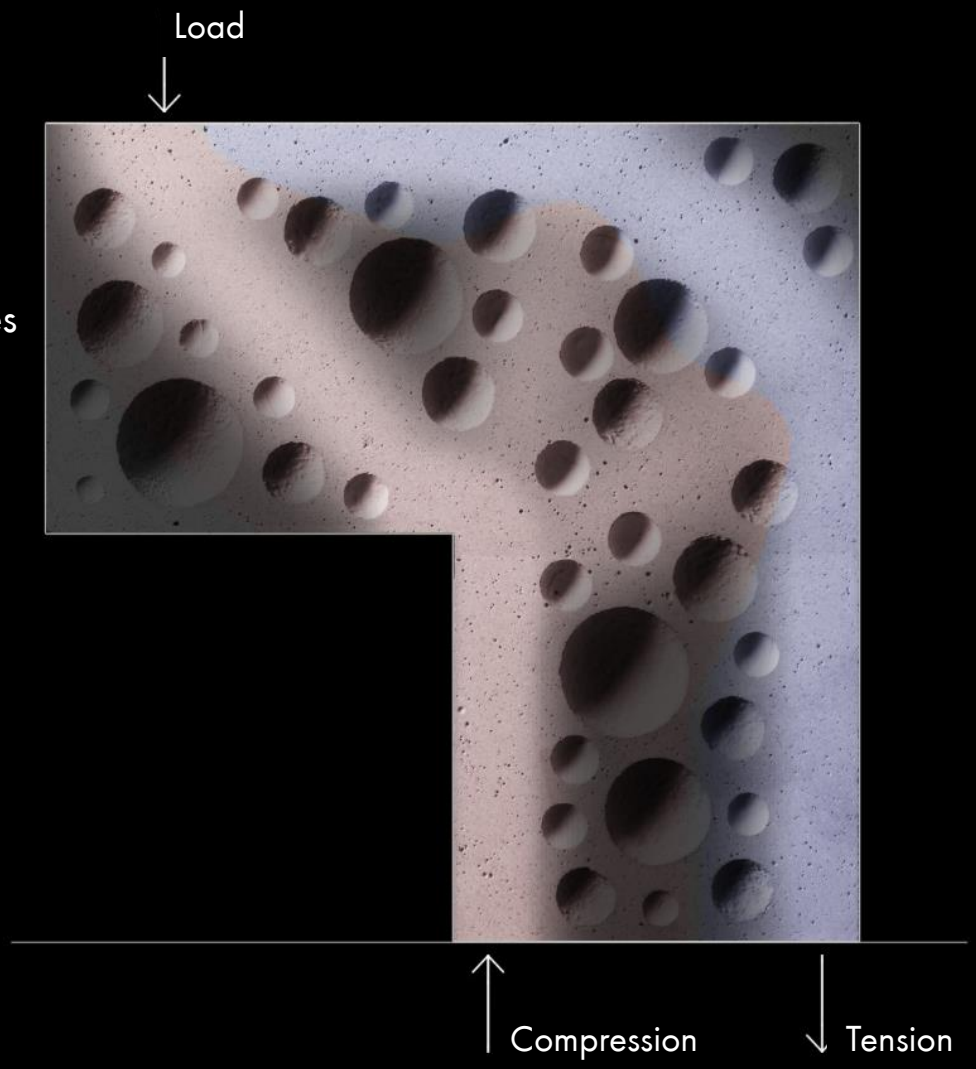
Tragwerke für die Zukunft

Mass reduction

- reduction of consumption of ressources
- reduction of embodied energy

Mono-material and multifunctional components

- monolithic concrete construction
- Improved recyclability
- higher profitability



Mono-material functionally graded cantilever with hollow cavities

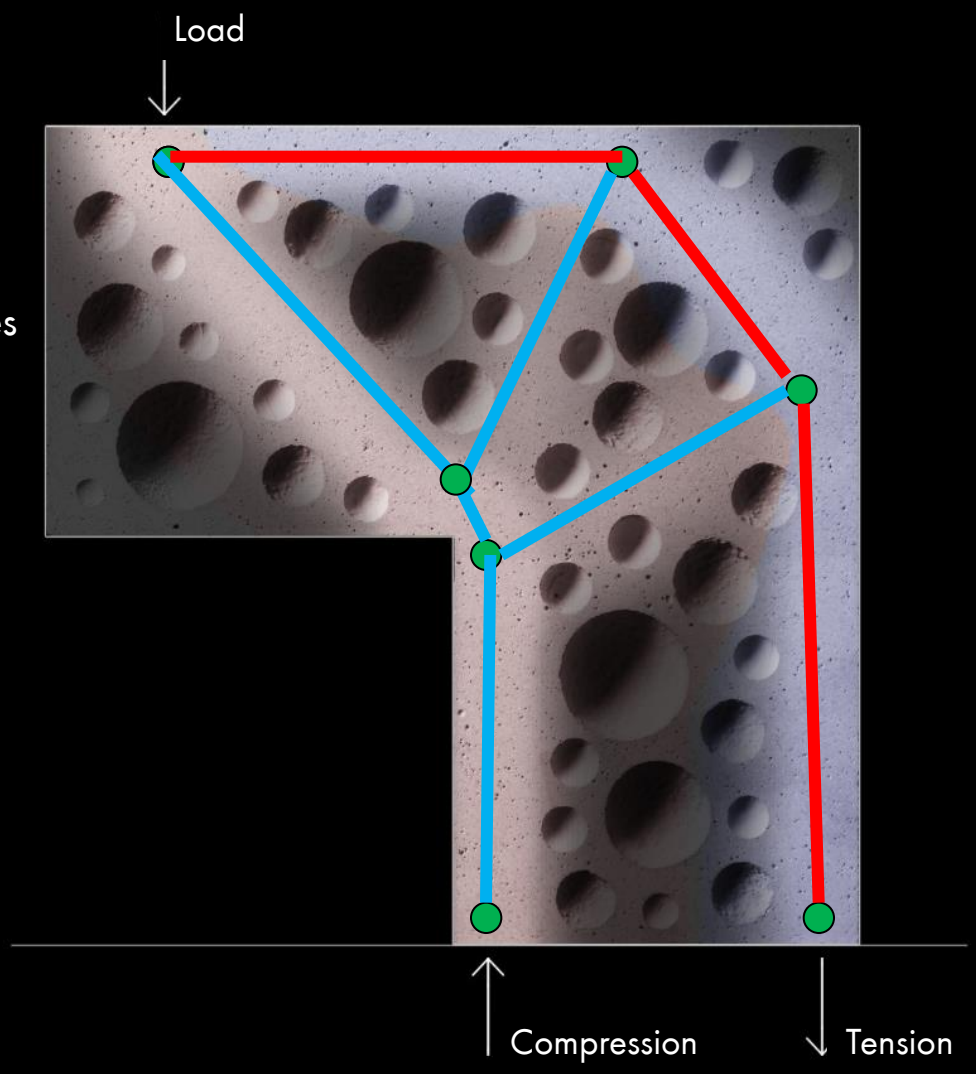
Tragwerke für die Zukunft

Mass reduction

- reduction of consumption of ressources
- reduction of embodied energy

Mono-material and multifunctional components

- monolithic concrete construction
- Improved recyclability
- higher profitability



Mono-material functionally graded cantilever with hollow cavities

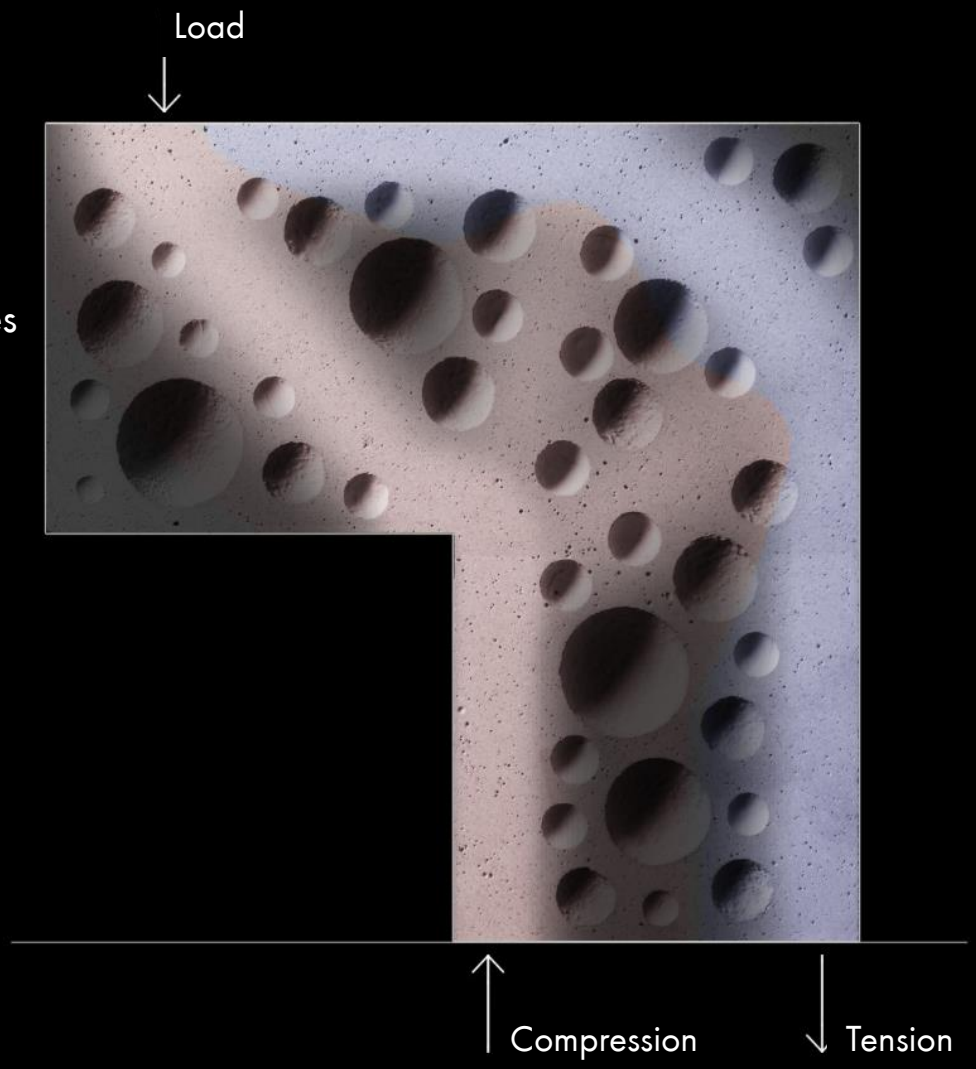
Tragwerke für die Zukunft

Mass reduction

- reduction of consumption of ressources
- reduction of embodied energy

Mono-material and multifunctional components

- monolithic concrete construction
- Improved recyclability
- higher profitability



Mono-material functionally graded cantilever with hollow cavities

Tragwerke für die Zukunft

Die Optimierung von Tragwerken
durch die Überwindung der konstanten physikalischen
Eigenschaften der Werkstoffe und der Bauteile

- Vom Leichtbau
- Zum Ultraleichtbau

Tragwerke für die Zukunft

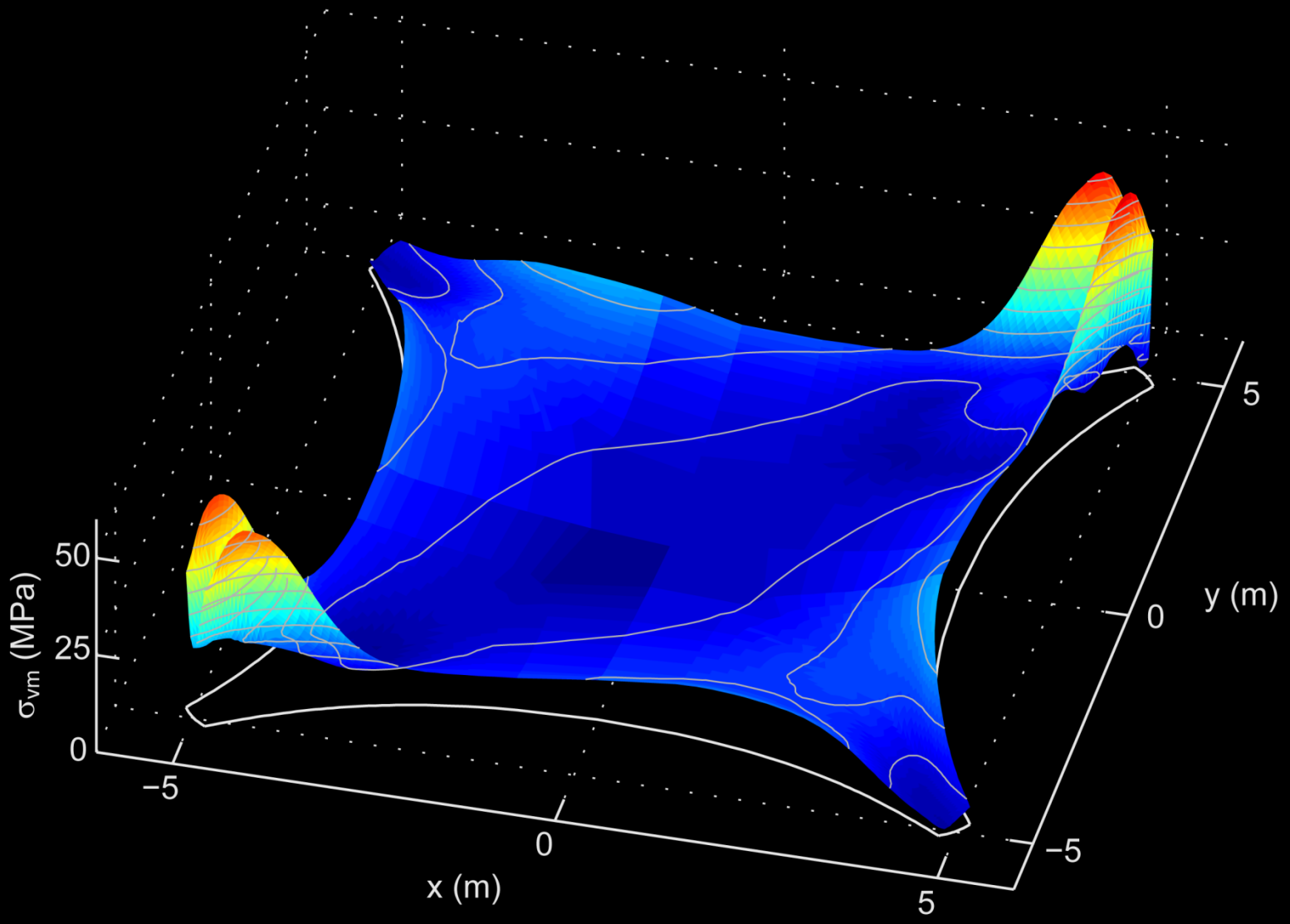
Betonschalen an der Raststätte Deitingen/CH. A / Ingenieur: Heinz Isler

.

Tragwerke für die Zukunft

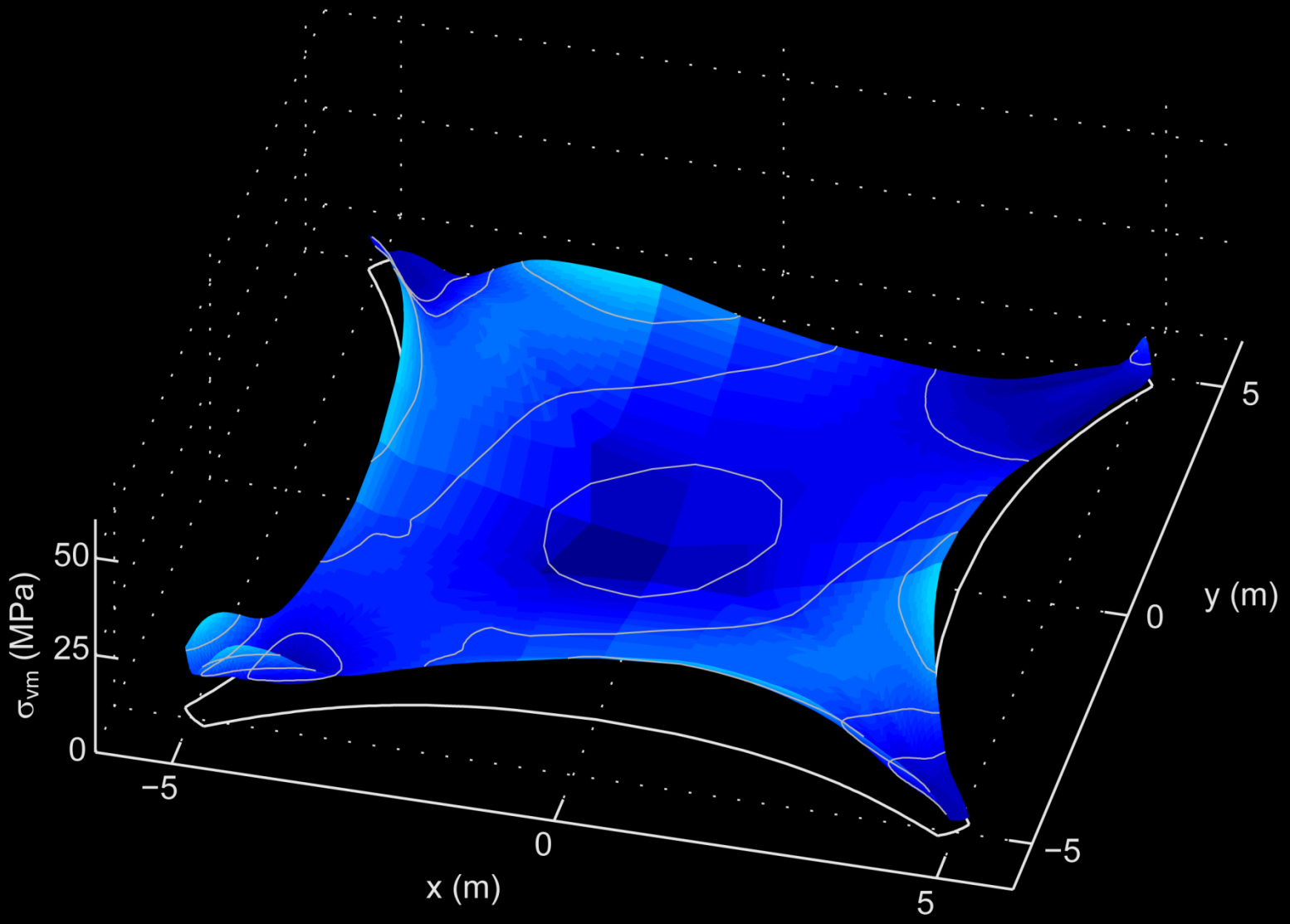
The *Stuttgart SmartShell*. Neuhäuser, Sawodny, Sobek, Weickgenannt, Witte et al. @ ILEK and ISYS. In cooperation with BOSCH Rexroth. 2012

Tragwerke für die Zukunft



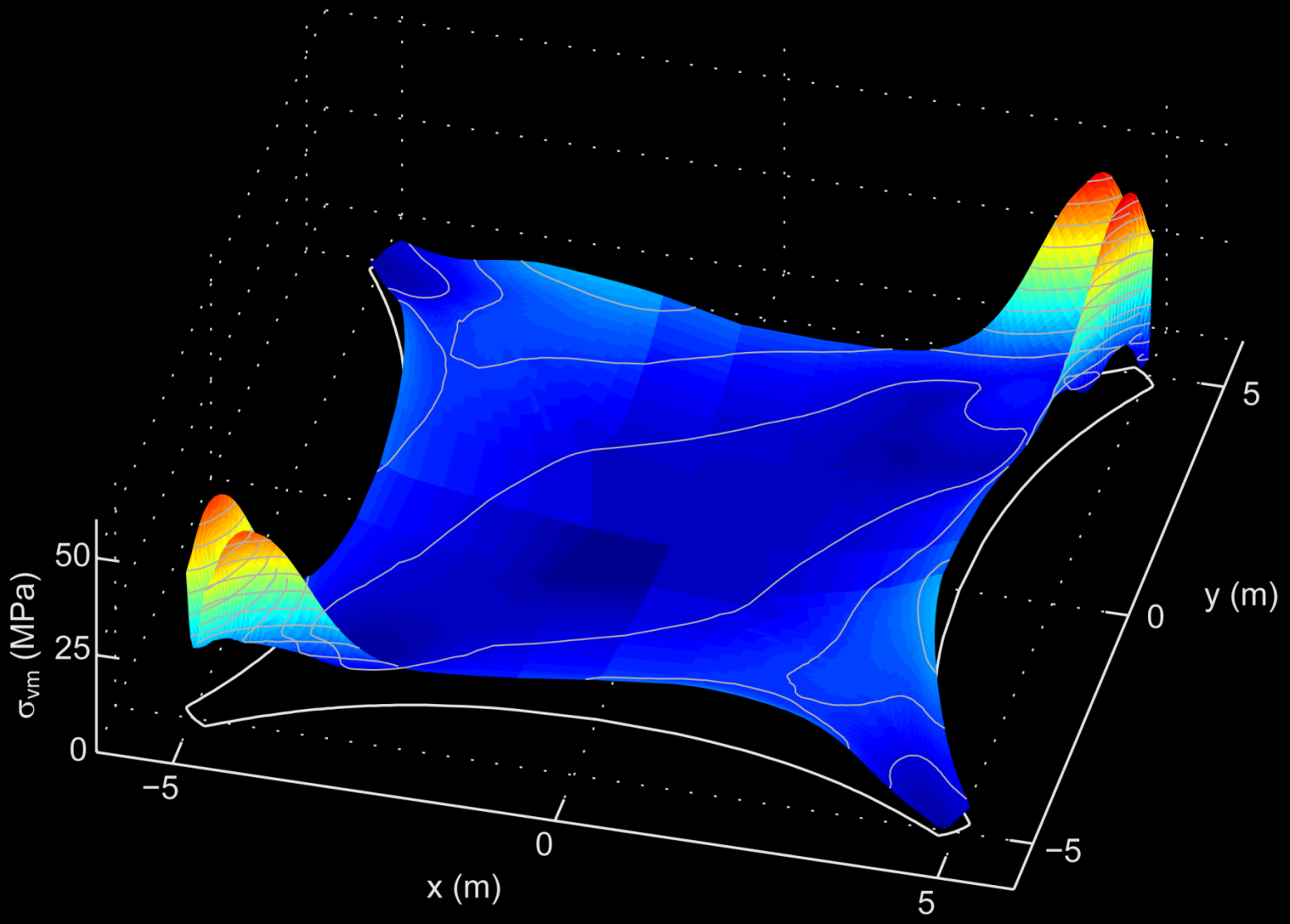
Stuttgart SmartShell. Von-Mises-Stresses in the unmanipulated system. Source: Stephan Neuhäuser. © ILEK

Tragwerke für die Zukunft



Stuttgart SmartShell. Von-Mises-Stresses in the manipulated system. Source: Stephan Neuhäuser. © ILEK

Tragwerke für die Zukunft



Stuttgart SmartShell. Von-Mises-Stresses in the unmanipulated system. Source: Stephan Neuhäuser. © ILEK

Tragwerke für die Zukunft

The *Stuttgart SmartShell*. Neuhäuser, Sawodny, Sobek, Weickgenannt, Witte et al. @ ILEK and ISYS. In cooperation with BOSCH Rexroth. 2012

Tragwerke für die Zukunft

The *Stuttgart SmartShell*. Neuhäuser, Sawodny, Sobek, Weickgenannt, Witte et al. @ ILEK and ISYS. In cooperation with BOSCH Rexroth. 2012

Tragwerke für die Zukunft

ThyssenKrupp tower for high-speed elevator testing.
A: Werner Sobek & Helmut Jahn. E: Werner Sobek Stuttgart

WERNER SOBBEL.