

Dünne Schalen aus Hochleistungsbeton als Parabolrinnenkollektoren

Prof. Dr.-Ing. Peter Mark
Dipl.-Ing. Patrick Forman
Christoph Kämper, M. Sc.



Ruhr-Universität Bochum
www.massivbau.rub.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell
Dipl.-Ing. Sören Müller
Dipl.-Ing. Janna Kruppenacker



TU Kaiserslautern
www.bauing.uni-kl.de/massivbau/home/

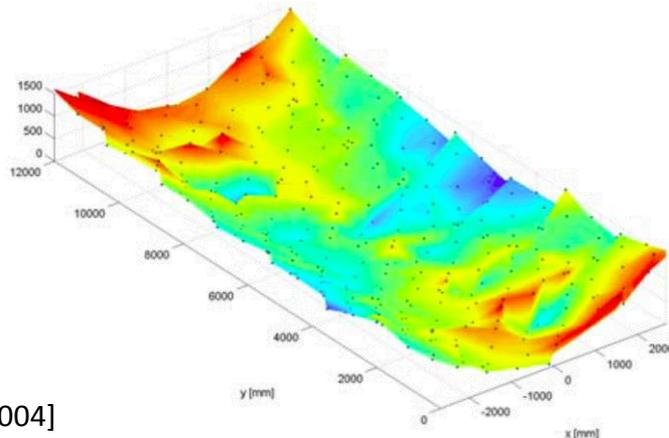
Inhalt

- Motivation & Konzepte
- Material, Formfindung & Einwirkungen
- Demonstrator

- Weiterentwicklungen
 - offene Rippenstrukturen / Composite
 - Hohlstrukturen

Motivation

- Zusammenführung von Längs- und Quersystem
- Kontinuierliche Reflexionsfläche
- Spiegel ohne eigene Steifigkeit bzw. als Composite (z. B. Aluminium)
- Automatisierte Serienfertigung
- Strukturoptimiert, „form follows force“



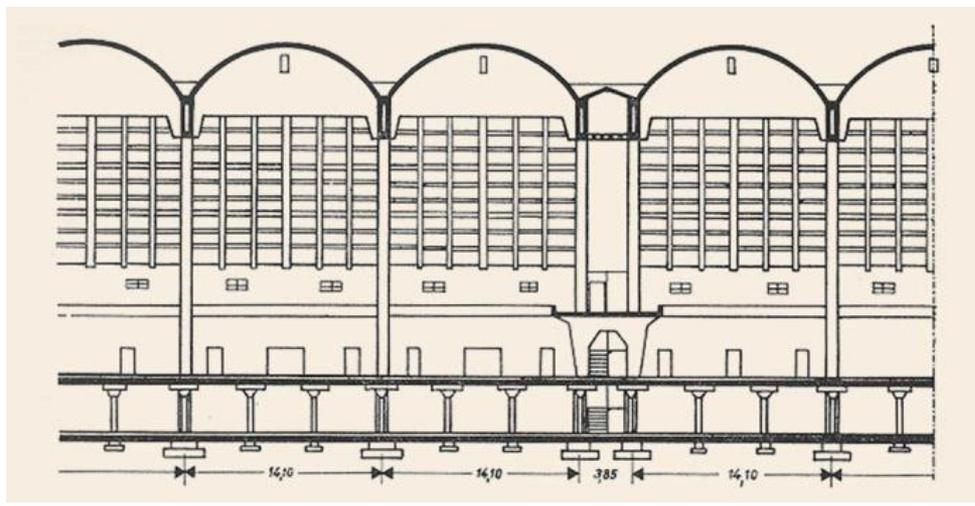
[Pottler, 2004]



art'otel

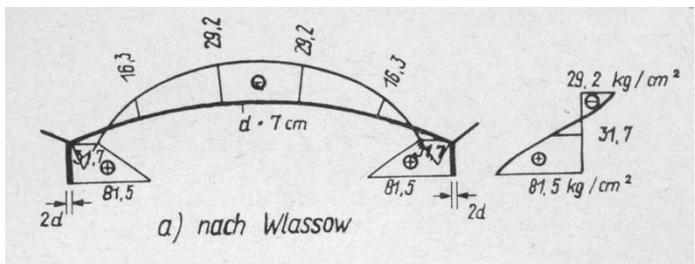


Konzept 1

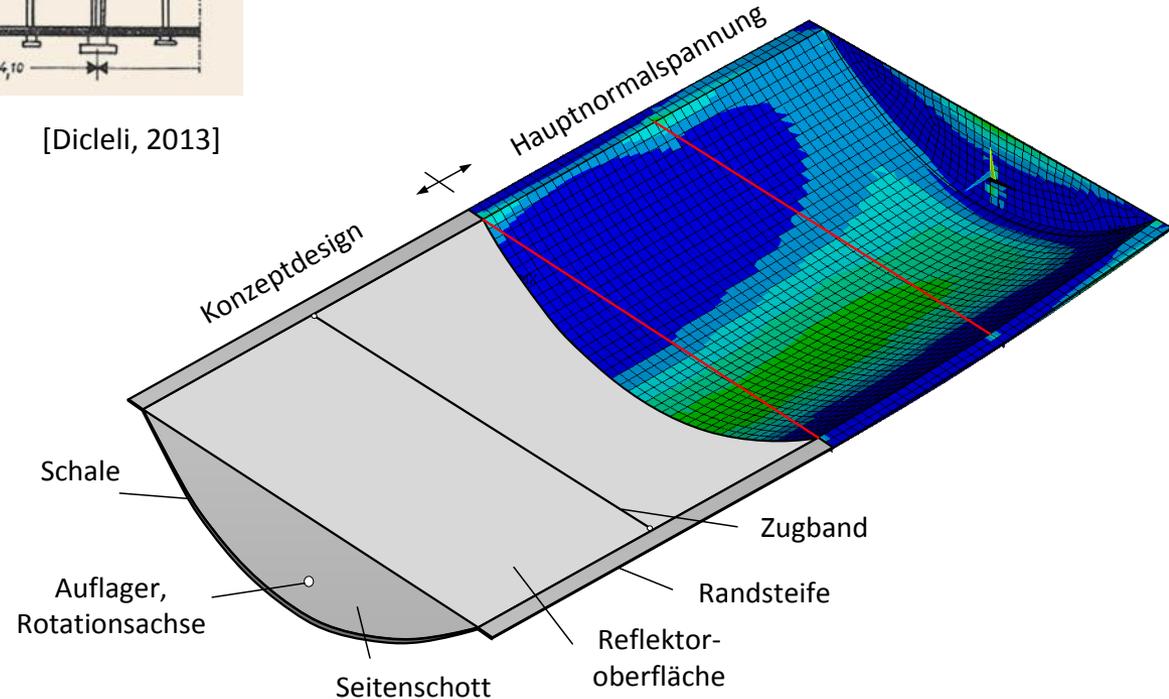


Öffnungsweite w	5,77 m
Fokallänge f	1,71 m
Kollektorelementlänge l	12,00 m
Durchmesser Absorberrohr d	70 mm
Konzentrationsfaktor C	82:1

[Diceli, 2013]



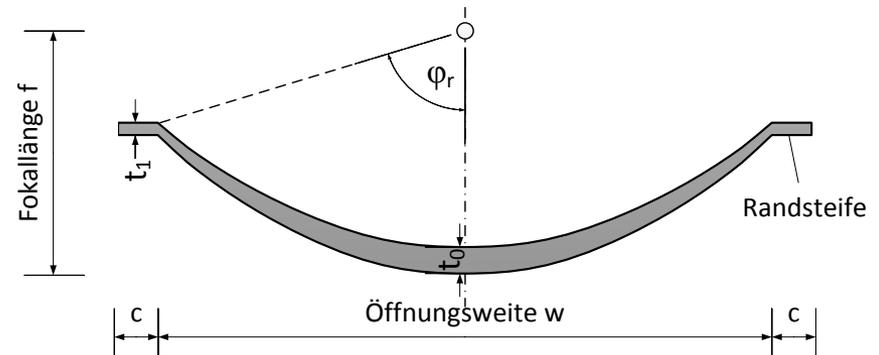
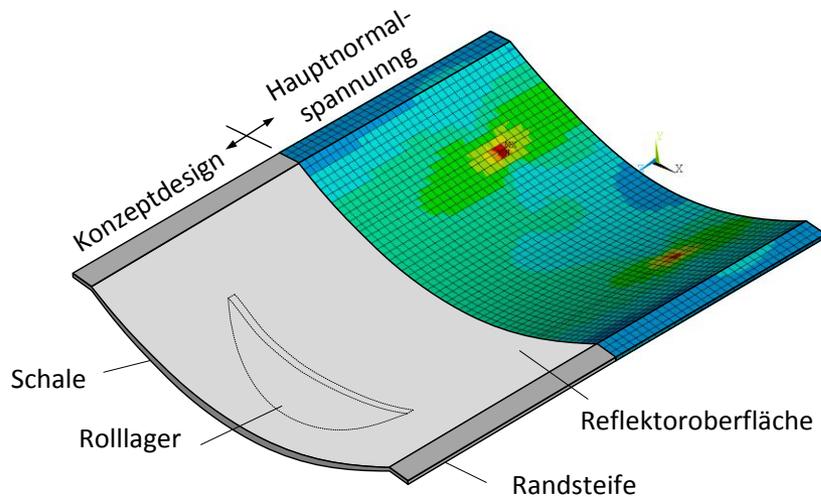
[Tetzlaff, 1953]



Konzept 2 / Demonstrator

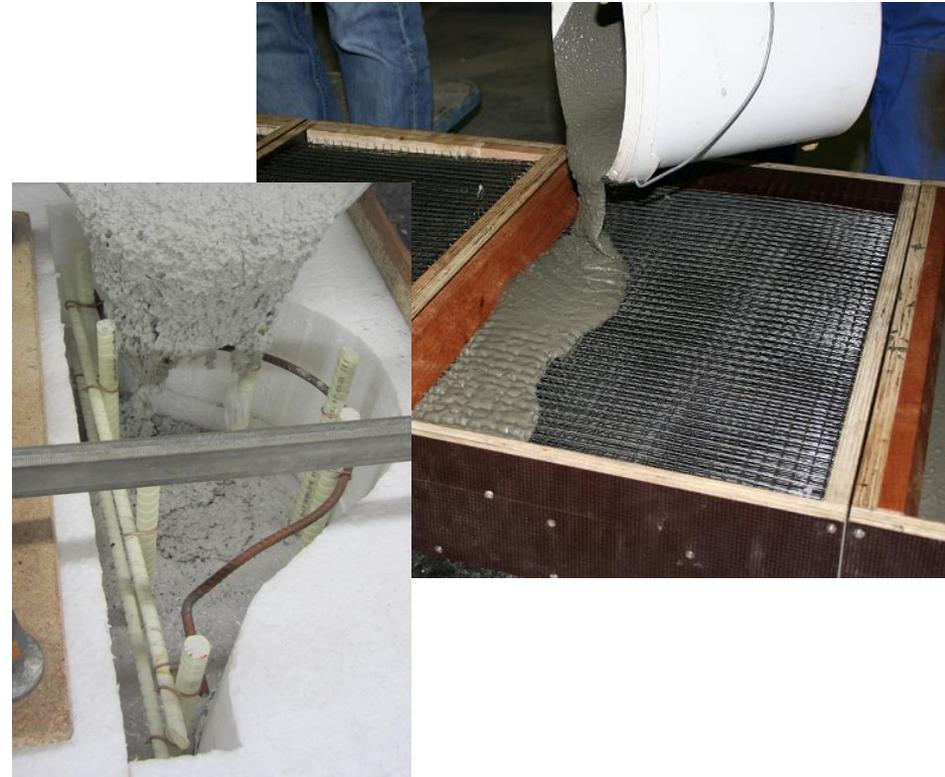


Öffnungsweite w	2,205 m
Fokallänge f	0,78 m
Kollektorelementlänge l	3,20 m
Durchmesser Absorberrohr d	51 mm
Konzentrationsfaktor C	43:1



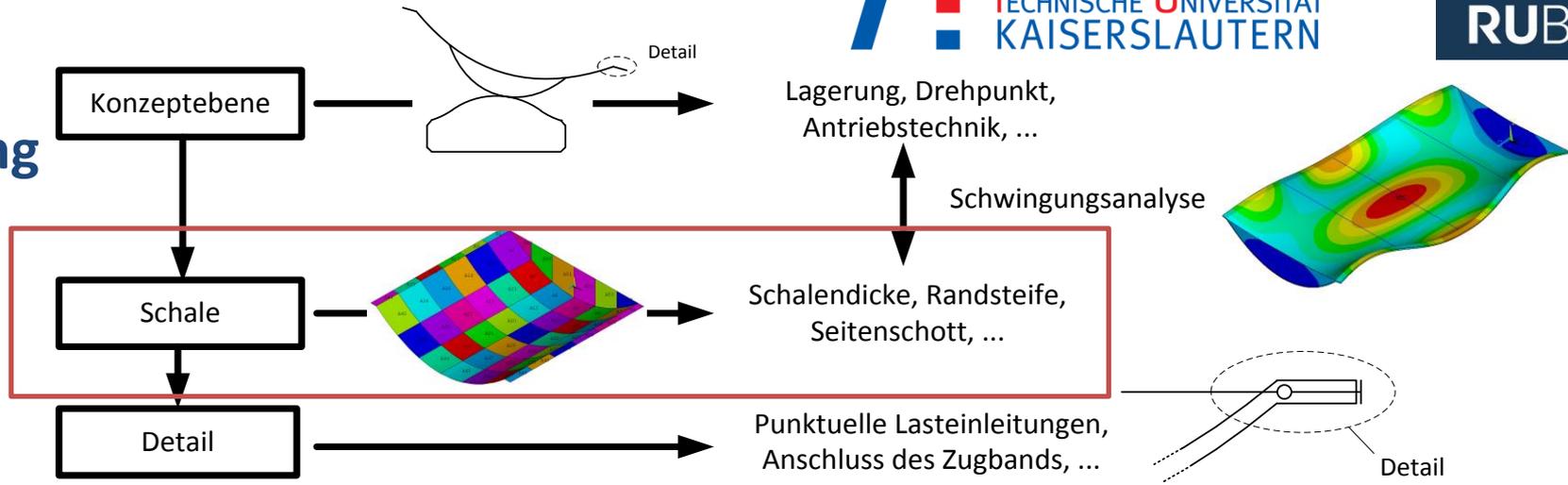
Material

Nanodur compound 5941	1042,0 kg/m ³
Wasser	160,0 kg/m ³
Splitt 1/3	882,0 kg/m ³
Sand 0/2	426,0 kg/m ³
Fließmittel	20,3 kg/m ³
Schwindreduzierer	8,0 kg/m ³



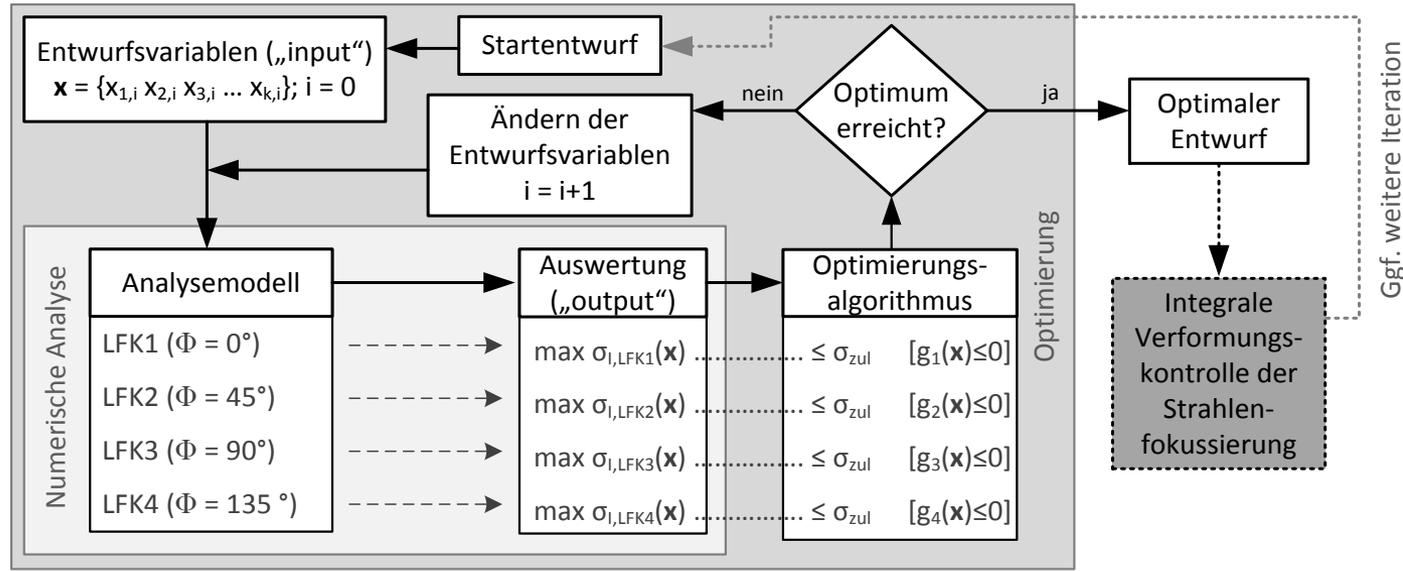
Elastizitätsmodul	47.593 N/mm ²
Biegezugfestigkeit	15 N/mm ²
Zylinderdruckfestigkeit	109 N/mm ²
Festbetonrohddichte	2524 kg/m ³

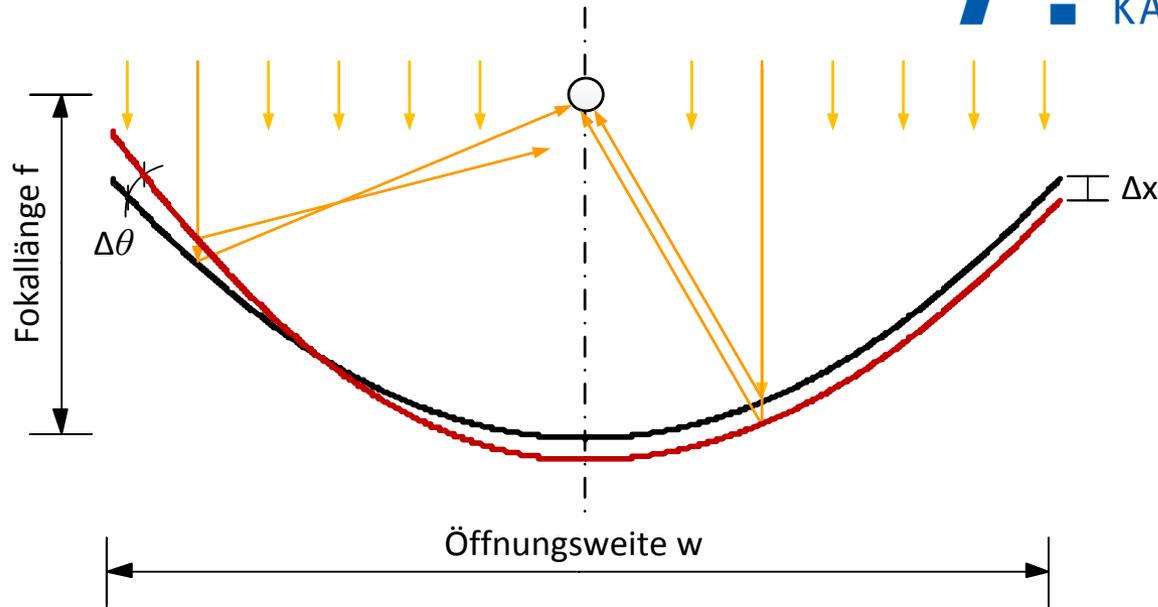
Formfindung



Formoptimierung

- Multikriterielle Problemstellung aufgelöst durch nachgeschaltete Genauigkeitsbewertung
- Restriktionen maßgeblich basierend auf der Zugfestigkeit des Betons

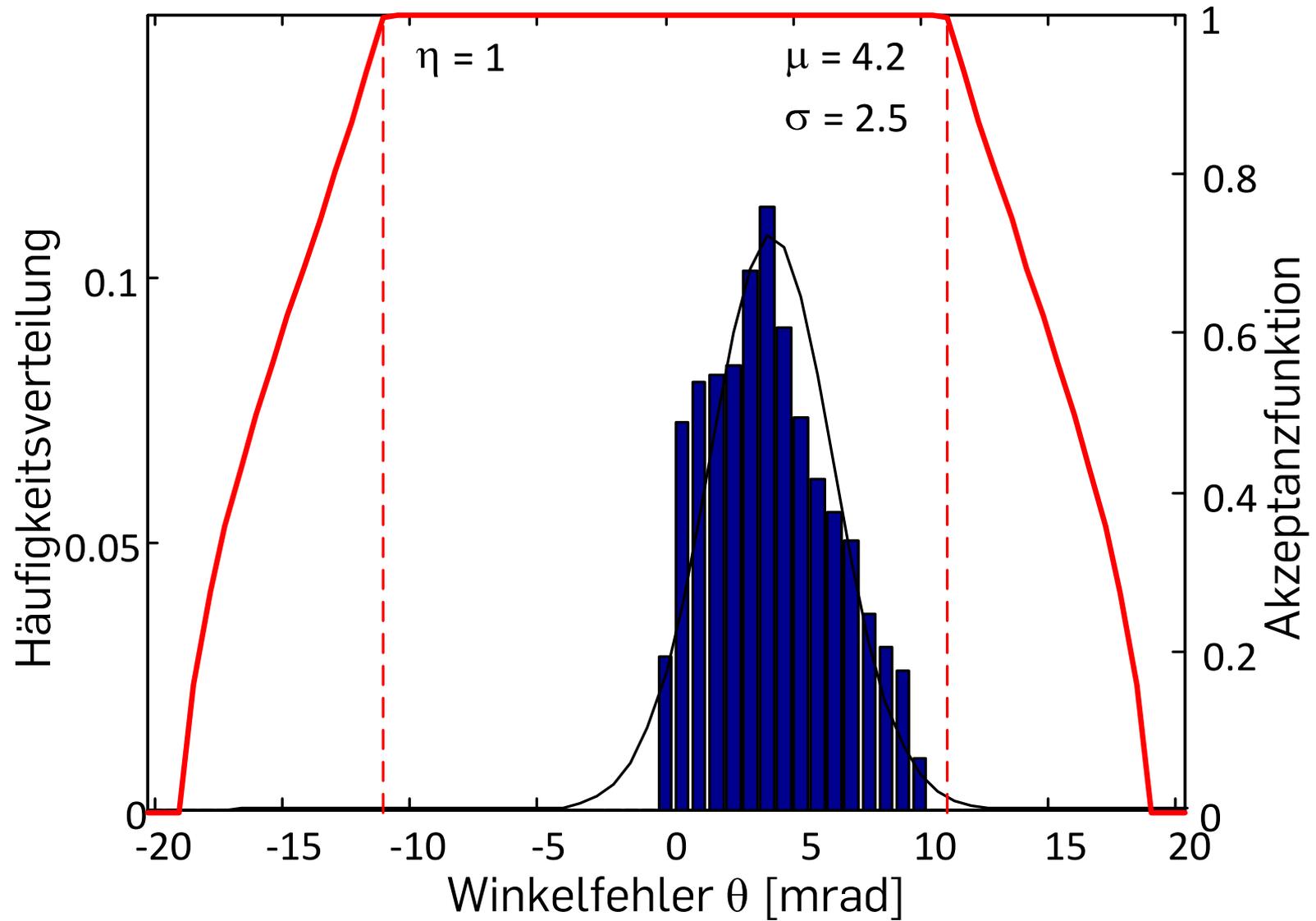




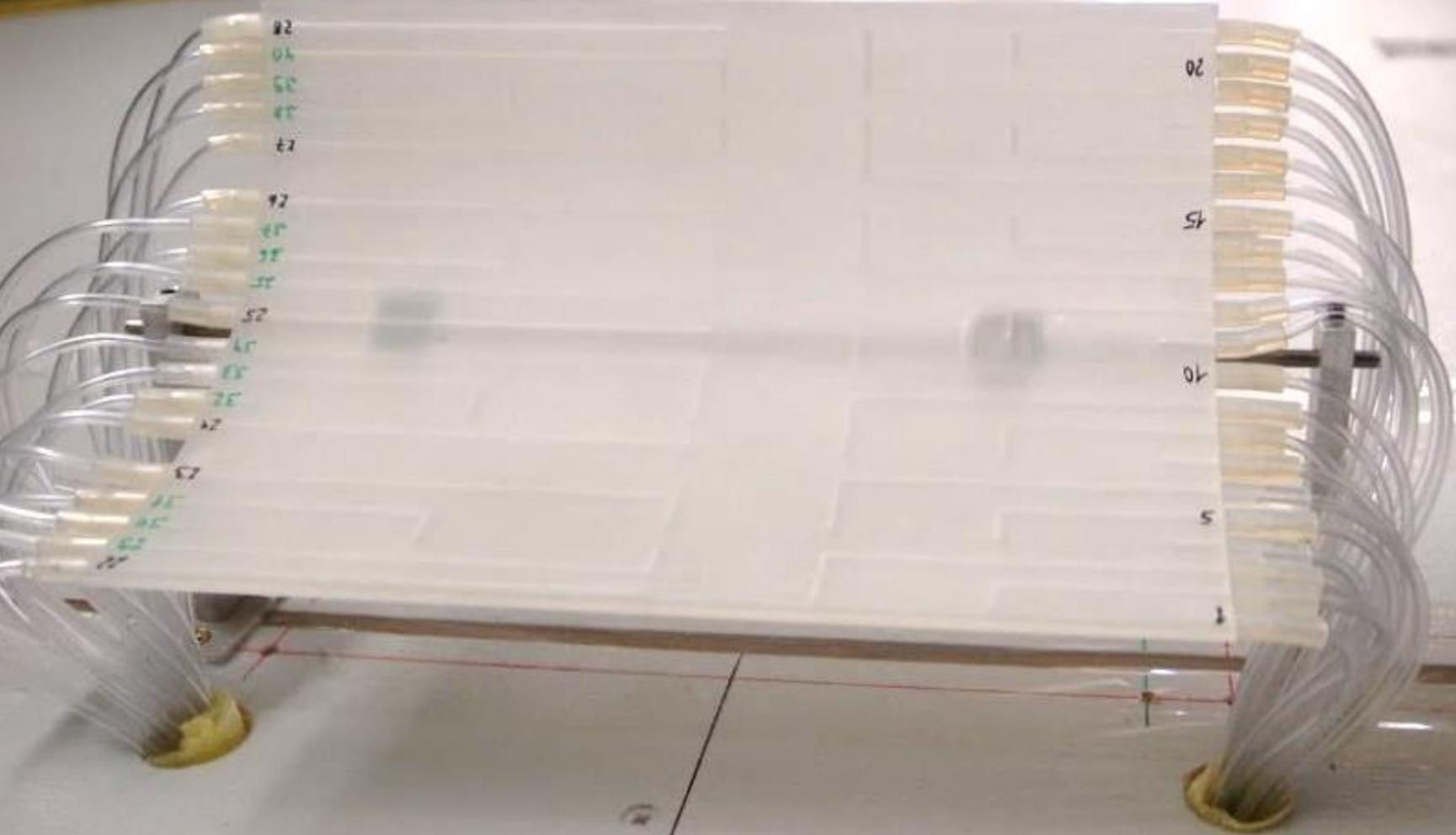
$$f_{pt}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{für } |\theta| < \theta_1 = \frac{\sin \varphi_r}{C} \\ \cot \frac{\varphi_r}{2} \cdot \left(2 \frac{\tan \frac{\varphi_r}{2}}{C \theta} - 1 \right)^{1/2} & \text{für } \theta_1 < |\theta| < \theta_2 \\ 0 & \text{für } |\theta| > \theta_2 = \frac{2 \tan \frac{\varphi_r}{2}}{C} \end{cases}$$

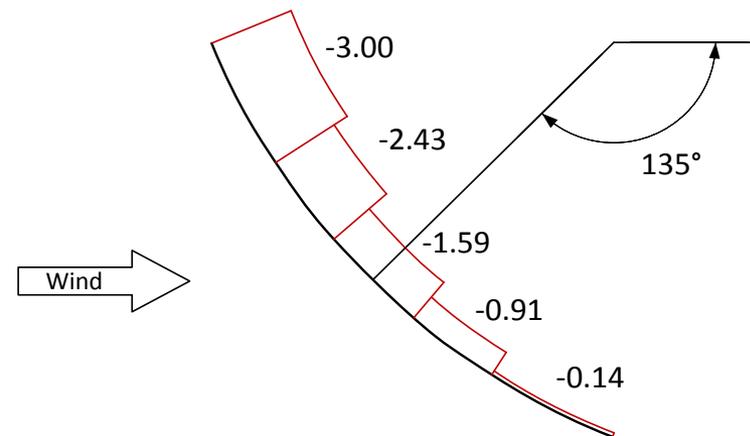
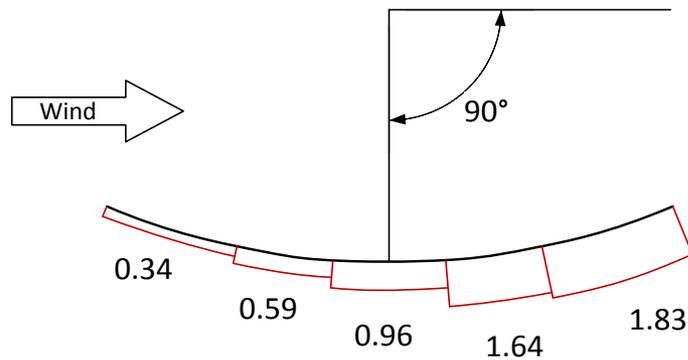
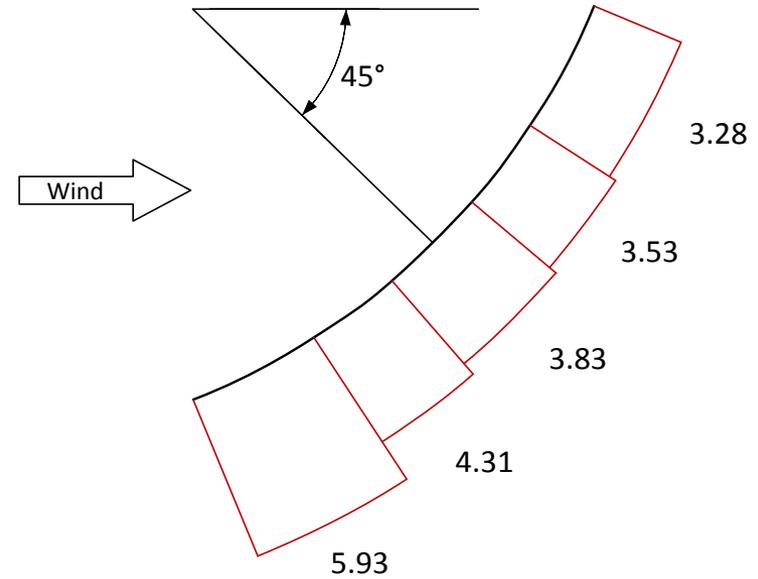
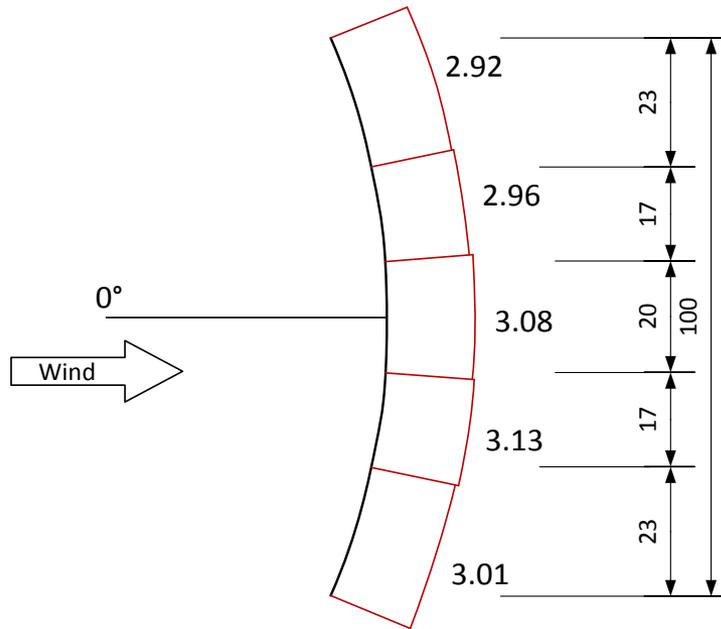
Akzeptanzkriterium für lokale Winkelfehler

Integrale Wirksamkeit über projizierte Kollektoroberfläche $\eta = \frac{1}{A} \iint_A f_{pt}(\theta) dA$



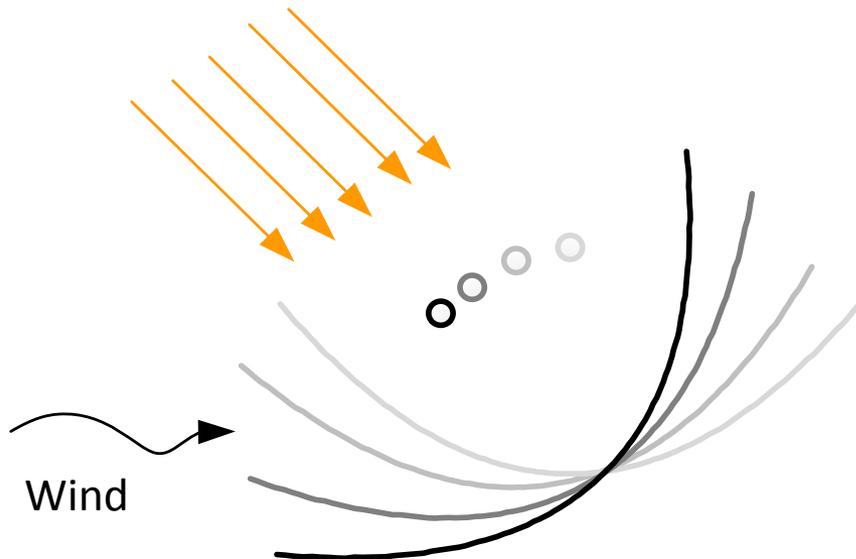
Einwirkungen





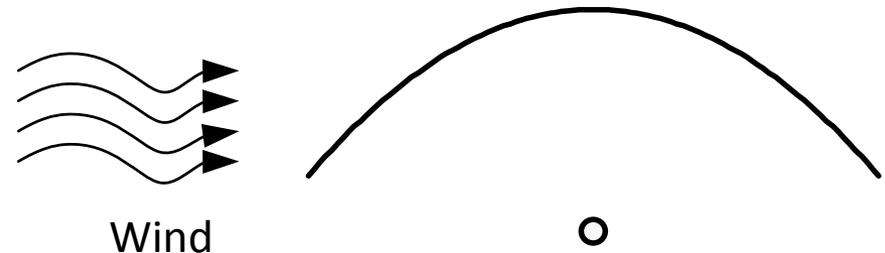
Betriebszustand

- Restriktive Verformungsbegrenzung (ungerissen)
- Maximale Energiegewinnung
- Sonnennachführung unter gemäßigten Windbedingungen



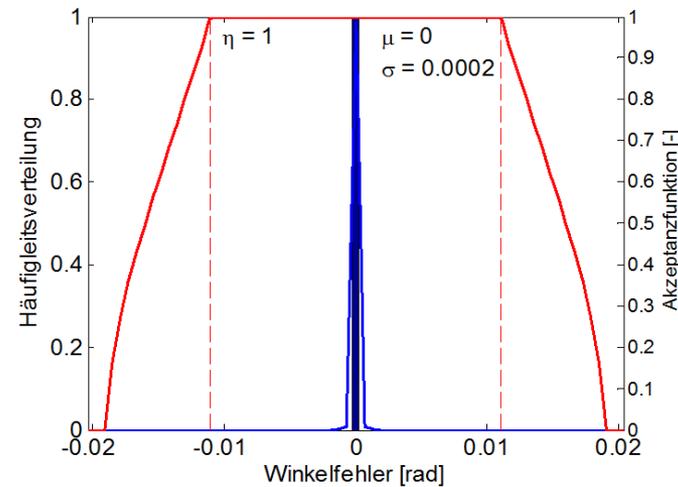
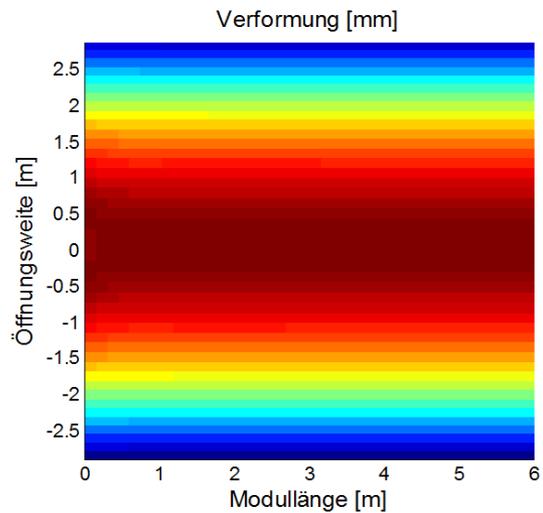
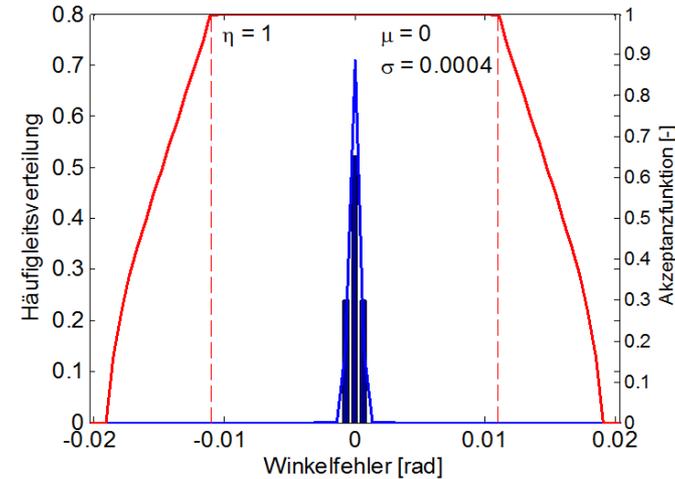
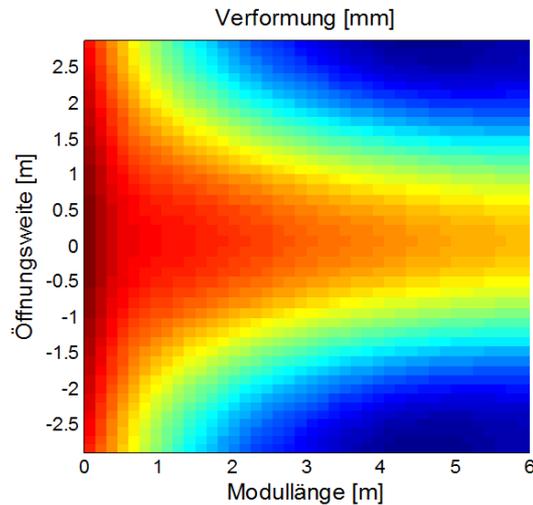
Tragfähigkeitszustand

- Ggf. Auslenkung des Kollektors in Sicherheitsposition unter Starkwindereignissen

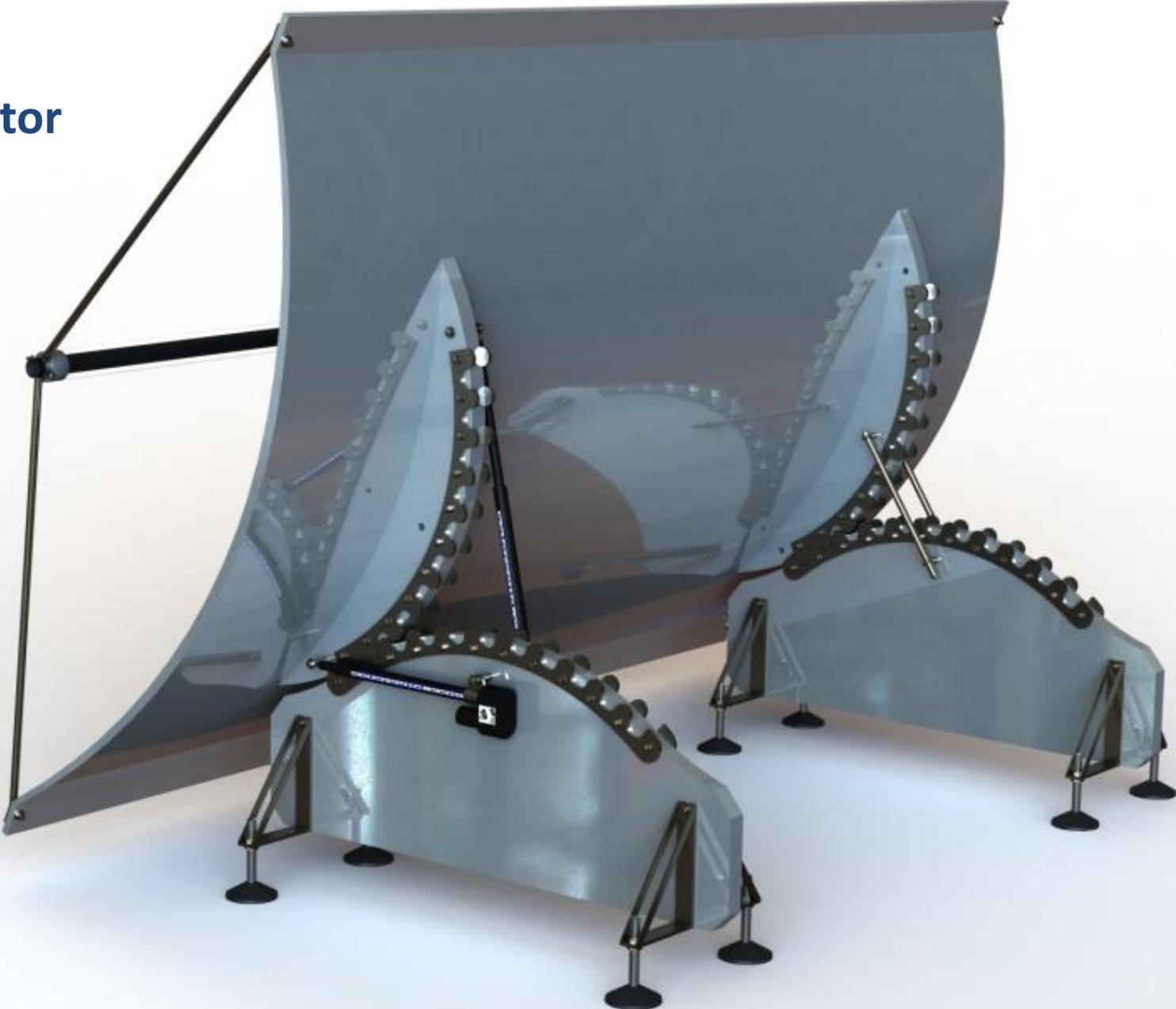


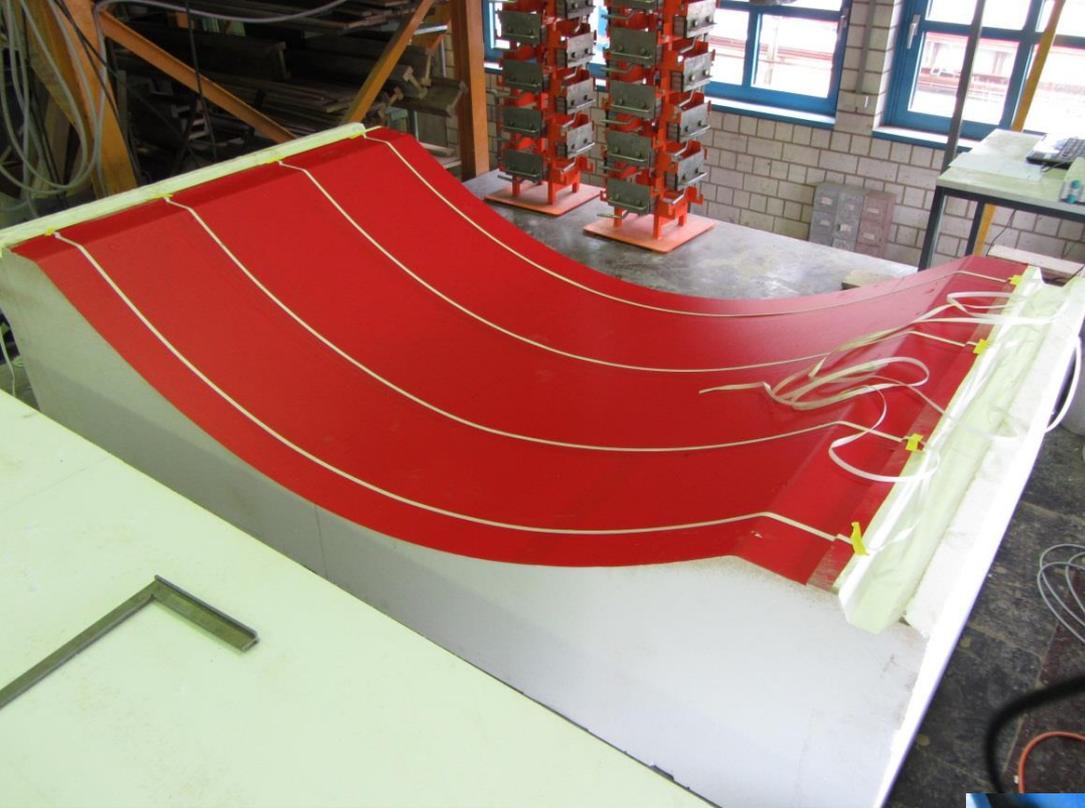
Kriechen & Schwinden

„EuroTrough“



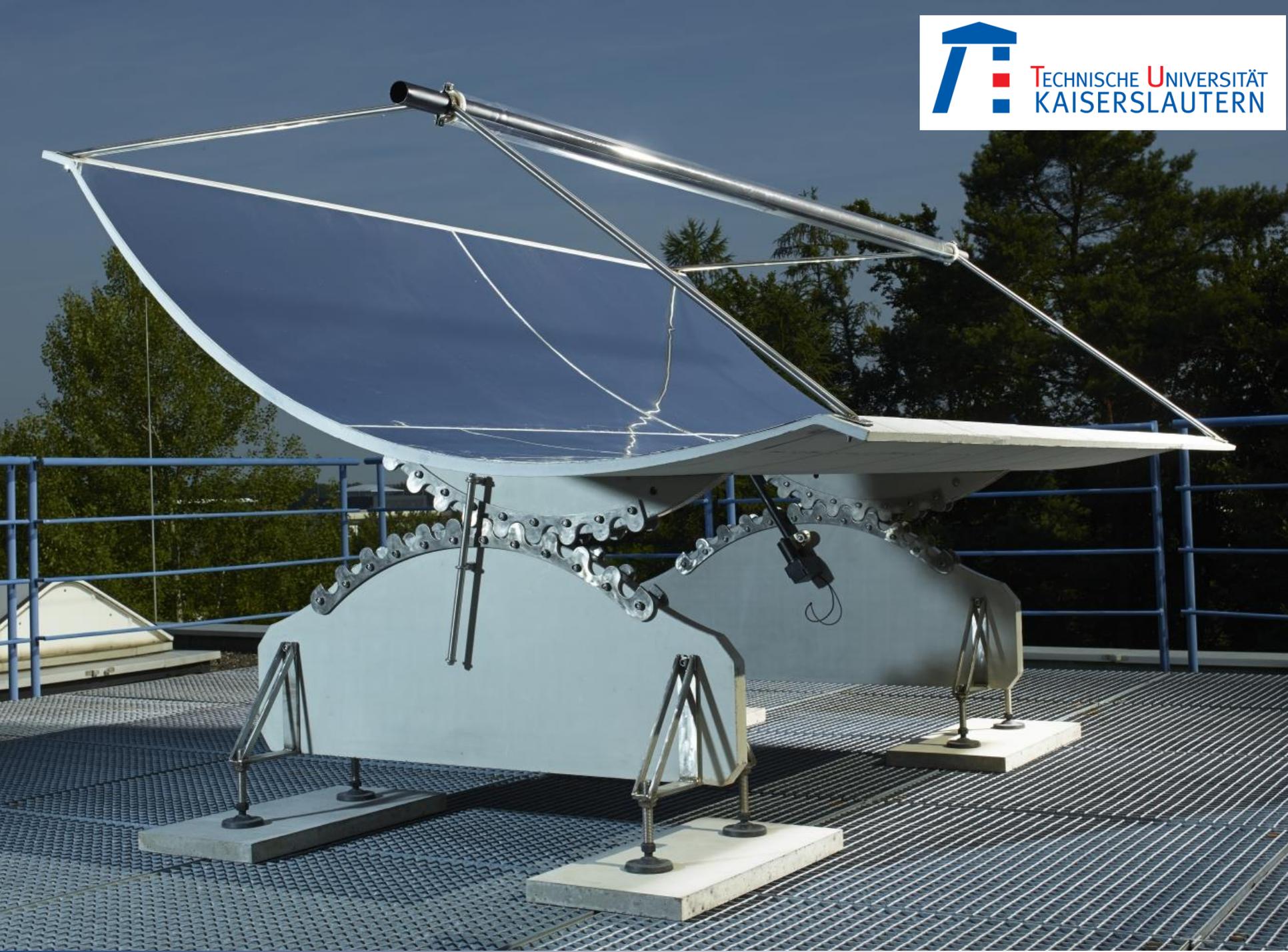
Demonstrator





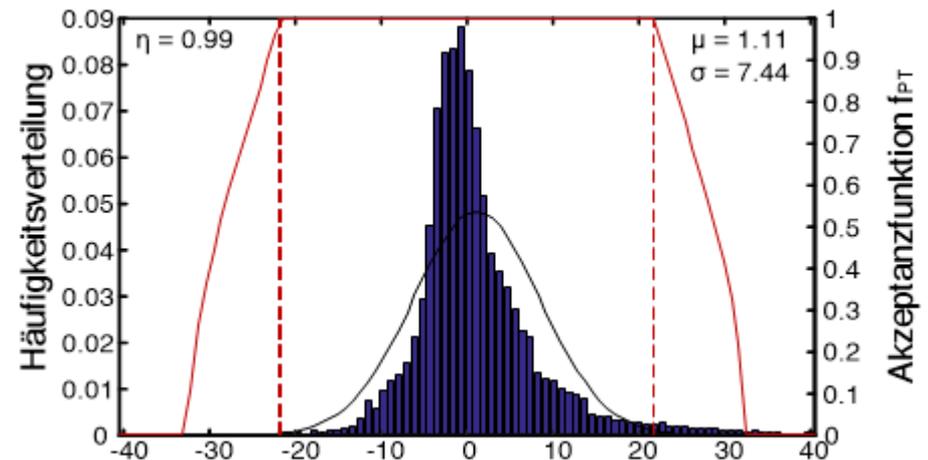
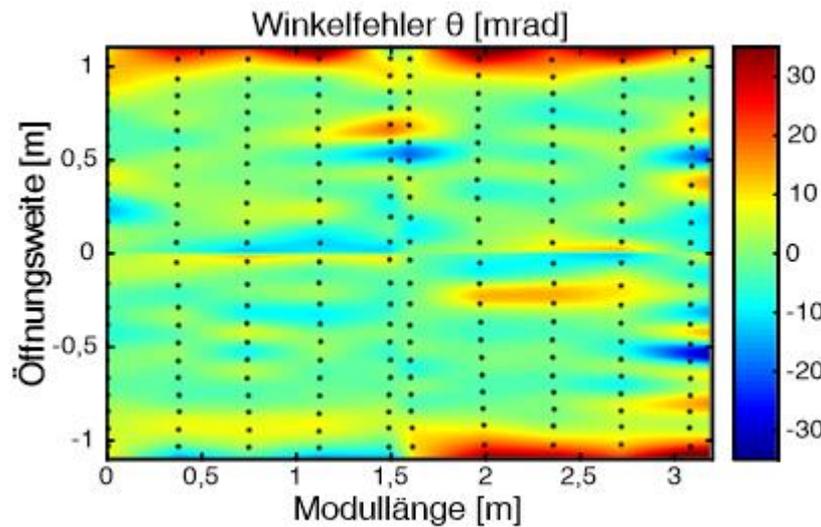
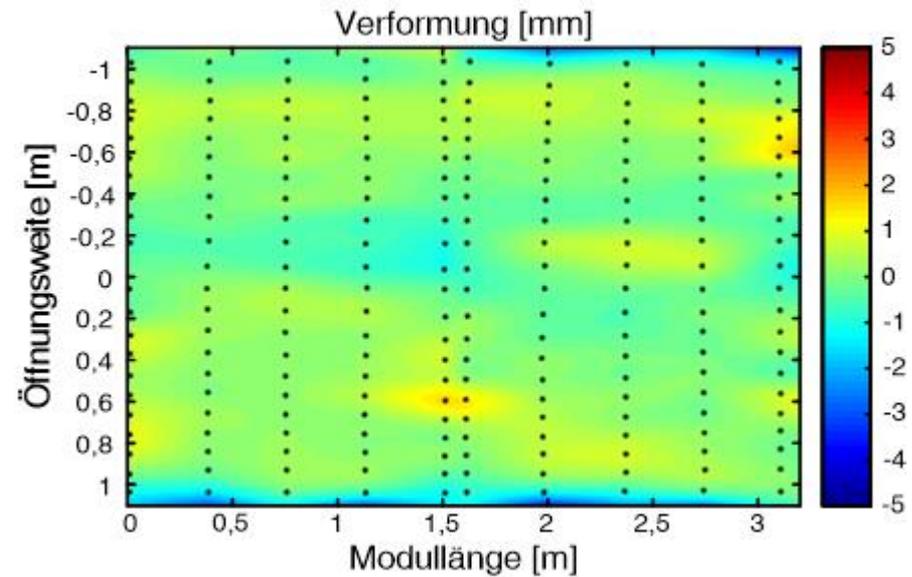
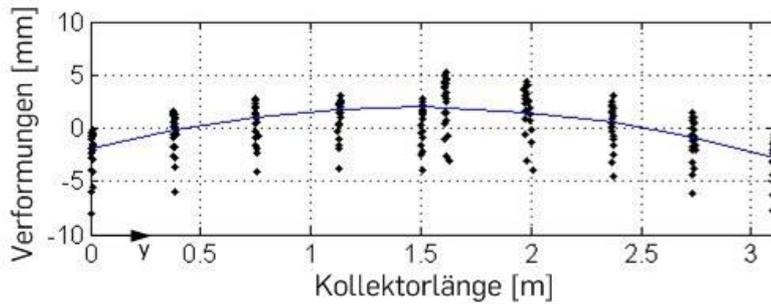
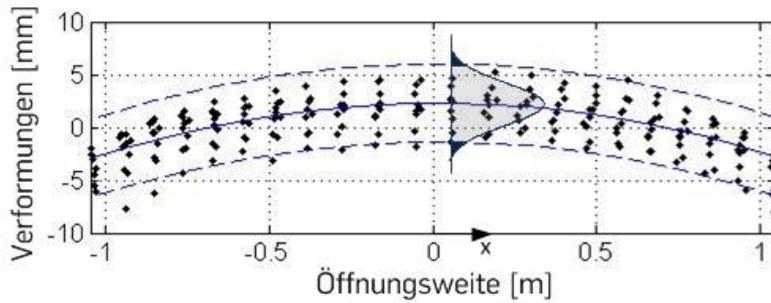


Mark: Betonschalen für Parabolrinnenkollektoren,



Photogrammetrische Vermessung

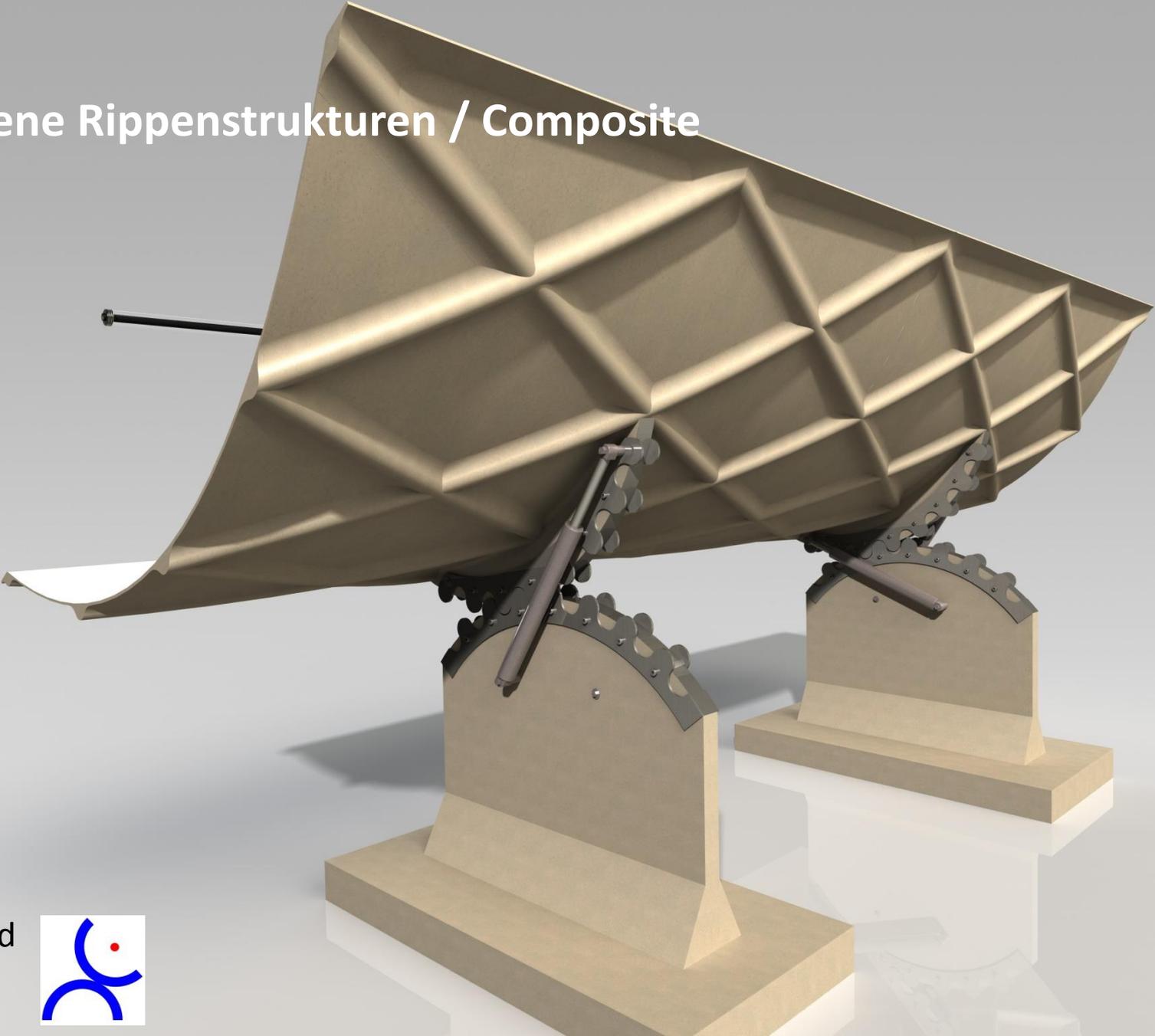




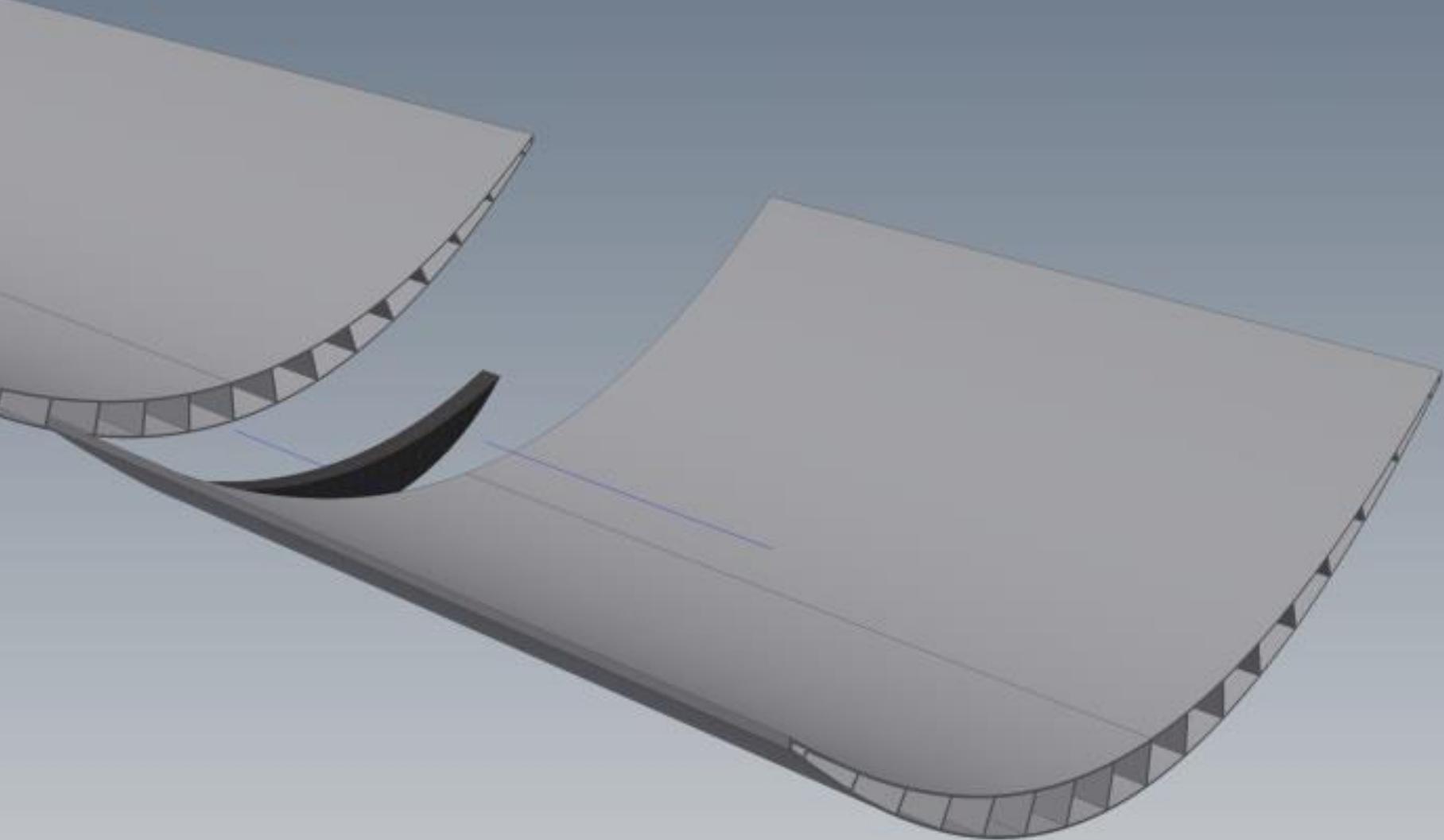


<https://www.youtube.com/watch?v=-UhI2Kvlgg>

Offene Rippenstrukturen / Composite



Hohlkörperstrukturen

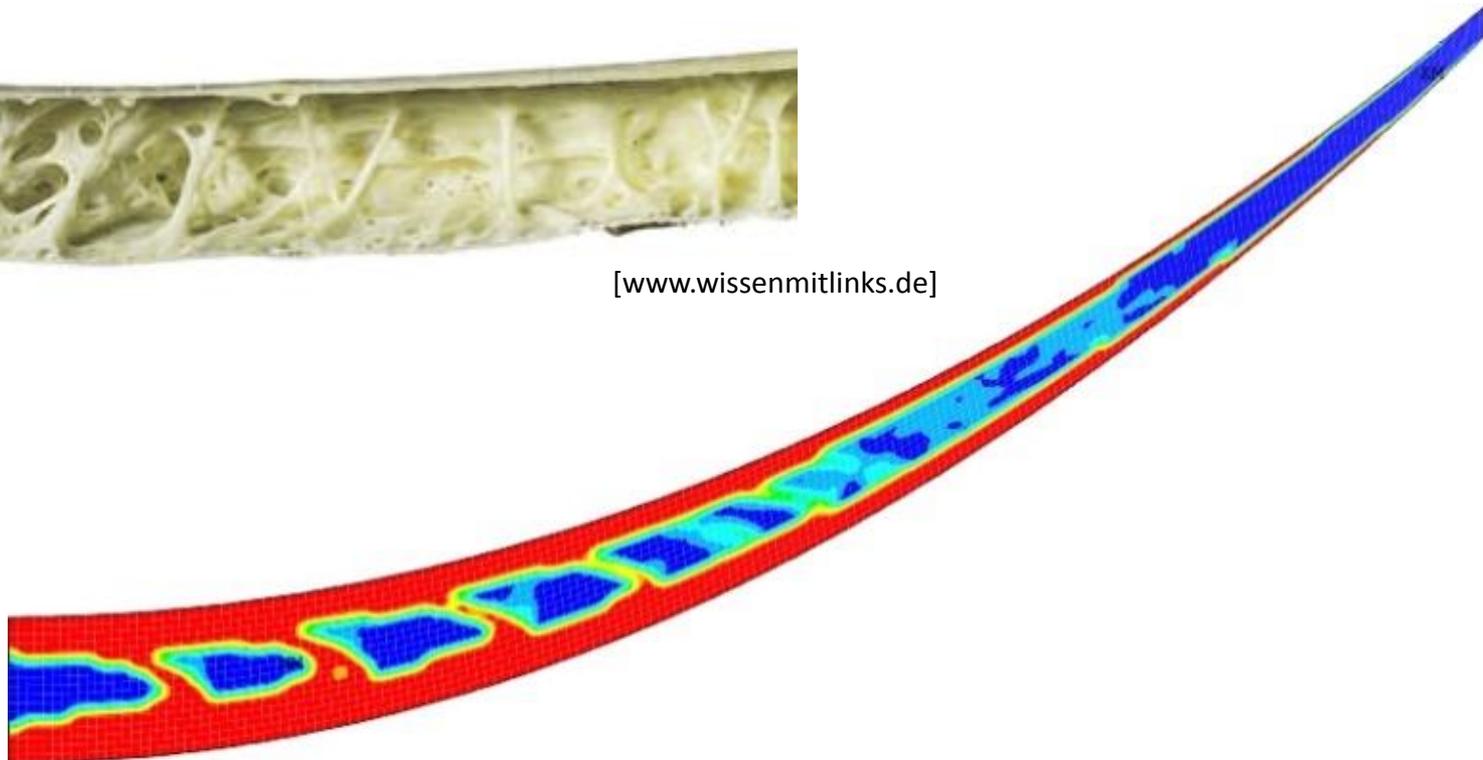




[Blüchel & Malik, 2006]

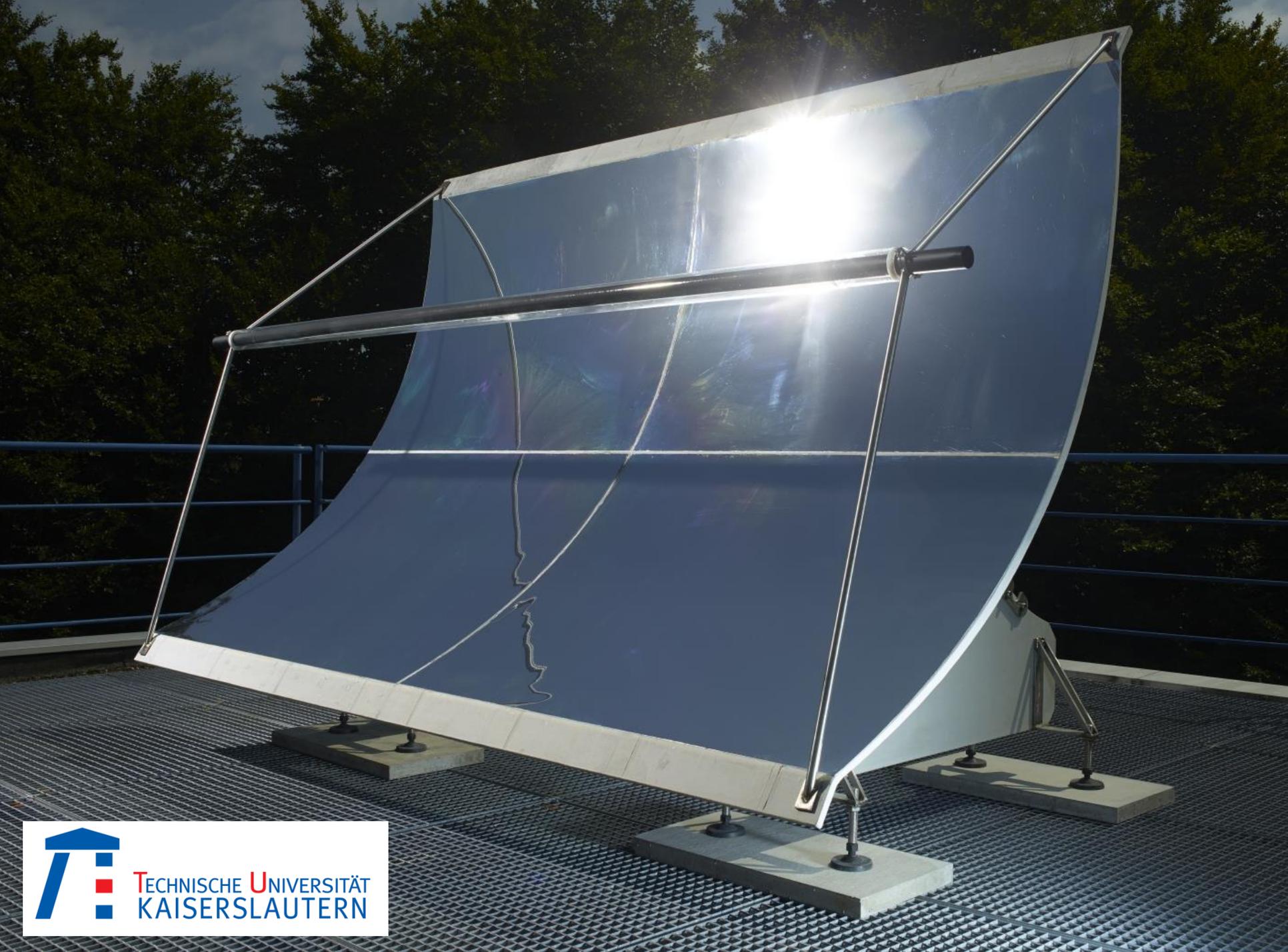


[www.wissenmitlinks.de]



Schlussfolgerungen

- Beton ganz anders (ca. 70 bis 200 kg/m²)
- Topologie- und Formoptimierung
- Serienfertigung & Prozessoptimierung
- Gesamtaufwandsreduktion über Bau- und Nutzungszeit



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN