

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

# 4. essener membranbau. symposium

2018

universität duisburg-essen  
fakultät für ingenieurwissenschaften  
abteilung bauwissenschaften

**institut für metall- und leichtbau  
essener labor für leichte flächentragwerke**

## **essener membranbau symposium 2018**



UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

# 4. essener membranbau- symposium

28. september 2018  
campus essen

universität duisburg-essen  
fakultät für ingenieurwissenschaften  
abteilung bauwissenschaften

**institut für metall- und leichtbau  
essener labor für leichte flächentragwerke**

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

**Herausgeber**

Natalie Stranghöner, Jörg Uhlemann  
Institut für Metall- und Leichtbau  
Universität Duisburg-Essen

Copyright Shaker Verlag 2018

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6177-2

ISSN 0945-067X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)





## Vorwort

Das diesjährige Essener Membranbau Symposium versucht, den Bogen von einfachen über große Zelte bis hin zu komplexen Membranstrukturen zu schlagen und so deren verbindende Elemente hervorzuheben. So zeigt ein Beitrag die Entwicklung des Zeltbaus, ein weiterer die aktuelle Normung im Zeltbau. Diese kann auch dem Membranbau als Vorlage dienen. Darüber hinaus werden auch Neuerungen beim Einsatz nichtrostender Stähle nach DIN EN 1993-1-4 sowie bei der Bemessung von Seilen nach DIN EN 1993-1-11 dargelegt, beides Themenfelder, die in der alltäglichen Praxis des Membran- und Zeltbaus von großer Bedeutung sind. Bei steigender Komplexität der Tragwerke werden zusätzlich hohe Anforderungen an Materialmodelle und Planungssoftware gestellt. Jedem dieser Teilfelder ist ein ausführlicher Beitrag gewidmet. Hinsichtlich ETFE-Folienstrukturen wird das bisher wenig ergründete Alterungsverhalten thematisiert. Die ersten Materialien konnten nun nach etwa 25-jähriger Einsatzzeit untersucht werden und offenbaren spannende Erkenntnisse. Der Bogen spannt schließlich zu sehr komplexen Membranbauprojekten: das weltweit größte „Beduinenzelt“ wird derzeit als Stadion für die FIFA Fußballweltmeisterschaft in Katar 2022 gebaut und Großschirme entstehen als wandelbare Klimadächer.

Wir freuen uns besonders, dass die namhaften Referenten den vorliegenden Tagungsband möglich machen. Die diesjährigen Beiträge umfassen (in Kurzform):

- *Stand der Normungsarbeit im Membran- / Zeltbau* – Prof. Dr.-Ing. Natalie Stranghöner und Dr.-Ing. Jörg Uhlemann
- *Experimentelle Validierung von Materialmodellen* – Dr.-Ing. Jörg Uhlemann und Prof. Dr.-Ing. Natalie Stranghöner
- *Entwicklung des Zeltbaus* – Dipl.-Ing. Stefan Regenfuß
- *Bemessung von Seiltragwerken* – Dr.-Ing. Thomas Misiek und Dr.-Ing. Martin Bechthold
- *Alterungsverhalten von ETFE-Konstruktionen* – Dr. rer. nat. Carl Maywald und Dipl.-Ing. Michael Mißfeld
- *Interaktive Formfindung und CAD-FEM-Integration* – Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger, Anna Bauer, M.Sc., Philipp Längst, M.Sc. und Dr.-Ing. Julian Lienhard
- *Innovative Materialentwicklungen für ein Stadionprojekt* – Dipl.-Ing. Christoph Paech und Dipl.-Ing. Knut Stockhusen
- *Großschirme für wandelbare Klimadächer* – Dipl.-Ing. Jürgen Bradatsch

Wir wünschen Ihnen einen hohen Erkenntnisgewinn beim Lesen der Beiträge!

Essen, im August 2018

Prof. Dr.-Ing. habil. Natalie Stranghöner

Dr.-Ing. Jörg Uhlemann



**Inhalt**

|   |     |
|---|-----|
| Vorwort   | I   |
| <b>Natalie Stranghöner, Jörg Uhlemann</b>   | 1   |
| Aktueller Stand der Normungsarbeit für den Membran- und Zeltbau:<br>Zelthallen aus PVC-beschichtetem Polyestergewebe nach aktualisierter<br>Normenreihe DIN 18204 und Einsatz nichtrostender Stähle nach<br>DIN EN 1993-1-4 |     |
| <b>Jörg Uhlemann, Natalie Stranghöner</b>   | 31  |
| Experimentelle Simulation von ebenen Membranbauteilen unter Flächenlast<br>zur Validierung von Materialmodellen   |     |
| <b>Stefan Regenfuß</b>  | 63  |
| Die Entwicklung des Zeltbaus – 5000 Jahre Ingenieursleistung  |     |
| <b>Thomas Misiek, Martin Bechtold</b>   | 85  |
| Bemessung und Konstruktion von Seiltragwerken für den Membranbau  |     |
| <b>Carl Maywald, Michael Mißfeld</b>  | 117 |
| Zum Alterungsverhalten von ETFE-Konstruktionen  |     |
| <b>Kai-Uwe Bletzinger, Anna Bauer, Philipp Längst, Julian Lienhard</b>  | 137 |
| Interaktive Formfindung und CAD-FEM-Integration hybrider und biegeaktiver<br>Tragwerke mit der Isogeometrischen Analyse (IGA)   |     |
| <b>Christoph Paech, Knut Stockhusen</b>   | 155 |
| Entwicklung eines neuartigen Membranmaterials für das größte Beduinenzelt<br>der Welt   |     |