



Manfred Rübner

Silke Scheerer · Ulrich van Stipriaan (Herausgeber)

Festschrift
zu Ehren von
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.
Manfred Curbach

Dresden, 28. September 2016

Impressum

Herausgeber	Silke Scheerer, Ulrich van Stipriaan	
Redaktion	Silke Scheerer	
Autorenfotos	<i>Fotostudio Jünger</i>	<i>S. 124 oben</i>
	<i>Edvard Krikourian</i>	<i>S. 124 unten rechts</i>
	<i>Kirsten J. Lassig</i>	<i>S. 12</i>
	<i>Bertram Lubiger</i>	<i>S. 192</i>
	<i>Juri Paulischkis</i>	<i>S. 104</i>
	<i>A. T. Schaefer, Stuttgart</i>	<i>S. 62</i>
	<i>Sylke Scholz, Dresden</i>	<i>S. 256</i>
	<i>Ulrich van Stipriaan</i>	<i>S. 80, 90, 104, 124 Mitte rechts, 146, 150, 152, 160, 216, 228, 234 Mitte links und unten links/rechts, 292, 320</i>
	<i>Nic Vermeulen</i>	<i>S. 280</i>
	<i>Irina Westermann</i>	<i>S. 42 oben</i>
	<i>Von Autoren zur Verfügung gestellt: S. 16, 24, 42 unten, 124 (2x), 178, 234 (3x)</i>	
Layout, Satz	Ulrich van Stipriaan	
Titelbild	Ulrich van Stipriaan	
Korrektur	Birgit Beckmann, Angela Heller	
Druck	addprint AG, Bannewitz	

Redaktionsschluss für dieses Buch war der 28. August 2016.

Inhalt

<i>Silke Scheerer, Ulrich van Stipriaan und Wolfgang Leiberg</i> Zum Geleit	8
Teil I – Texte zum Kolloquium	11
<i>Hans Müller-Steinhagen</i> Grußwort	12
<i>Harald Budelmann</i> Laudatio	16
<i>Konrad Bergmeister</i> Weniger ist manchmal mehr – ein Beitrag zur Mindestbewehrung	24
<i>Harald S. Müller und Michael Haist</i> Opus Caementitium Optimum – Der nachhaltige Beton des 21. Jahrhunderts	42
<i>Werner Sobek</i> Über die Gestaltung der Bauteilinnenräume	62
Teil II – Weitere Beiträge	79
<i>Thomas Bösche</i> Mehr Mut im Ingenieurbau.....	80
<i>Harald Budelmann und Sven Lehmborg</i> Von der Küchenarbeitsplatte zum leichten Tragwerk – Was kann ultrahochfester faserverstärkter Feinkornbeton?	90

<i>Luna Manolia Daga und Udo Wiens</i>	
Mehr als nur schwarze Buchstaben auf weißem Papier – Ein Essay	104
<i>Ulrich Häußler-Combe</i>	
Aspekte der Modellierung von Stahlbetontragwerken	108
<i>Josef Hegger, Norbert Will, Rostislav Chudoba, Alexander Scholzen und Jan Bielak</i>	
Bemessungsmodelle für Bauteile aus Textilbeton	124
<i>Frank Jesse</i>	
Über die Länge der Leine	146
<i>Peter Mark</i>	
Mit Leichtigkeit	150
<i>Steffen Marx</i>	
Gute Lehre im Konstruktiven Ingenieurbau	152
<i>Viktor Mechtcherine</i>	
Hochduktiler Beton – eine Konkurrenz zu Textilbeton?	160
<i>Karl Morgen</i>	
Deutschlands größte Kamera	178
<i>Peter Offermann</i>	
Wie alles begann	188
<i>Dirk Proske</i>	
Ist die Energiewende ein technischer Hype?	192
<i>Mike Schlaich</i>	
Die Hommage als Quelle der Inspiration	216

<i>Jürgen Schnell</i>	
Fashion Statement	228
<i>Mario Smarslik, Christoph Kämper, Patrick Forman, Tobias Stallmann, Peter Mark und Jürgen Schnell</i>	
Topologische Optimierung von Betonstrukturen	234
<i>Jürgen Stritzke</i>	
Leipziger Großmarkthalle – ein „Historisches Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst in Deutschland“	256
<i>Luc Taerwe</i>	
Self-anchored suspension bridges with prestressed concrete deck: historic examples	280
Teil III – Institut für Massivbau	291
<i>Silke Scheerer (Text) · Ulrich van Stipriaan (Fotos)</i>	
Massivbau an der TU Dresden gestern und heute	292
<i>Angela Schmidt</i>	
Die eingeschlichenen Fehler	320
<i>Manfred Curbach</i>	
Habilitation / Promotionen	326
<i>Ulrich van Stipriaan (Fotos)</i>	
Institut für Massivbau Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	330

Teil II
Weitere Beiträge



*Prof. Dr. sc. techn.
Mike Schlaich*

*Professur an der TU Berlin,
Fachgebiet Entwerfen und
Konstruieren, Partner bei
schlaich bergemann partner*

Mike Schlaich

Die Hommage als Quelle der Inspiration

Für Manfred Curbach zum 60. Geburtstag

Tragwerk und Hülle, Funktion und Form, Technik und Kunst, Vernunft und Emotion, diese Seiten einer Medaille stimmen überein, wenn Ingenieur und Architekt erfolgreich zusammenarbeiten. Diese Fusion zu üben, ist ein Schritt zum guten Bauen.

Inspiration für qualitativvolles Bauen, das einen Beitrag zur Baukultur leistet, kann aus verschiedenen Quellen gezogen werden. Das Erkennen und Befolgen gewisser Prinzipien des guten Bauens, das Verstehen der eigenen Ingenieurgeschichte und die Würdigung, die Hommage an unsere Vorbilder sind besonders ergiebig. Beispiele aus dem Büro des Autors sollen dies illustrieren.

1 Einführung

Gelegentlich wird man gefragt, was die eigene Arbeit auszeichne, welcher Überzeugung man sei, ob es gar eine Entwurfsphilosophie gäbe. Wodurch unterschei-

den sich verschiedene Entwurfsansätze? Auf solche Fragen soll im Folgenden eingegangen werden.

Wir Bauingenieure entwerfen und konstruieren zusammen mit Architekten, mit Landschaftsplanern, mit Künstlern und manchmal – wenn es um Brücken geht – auch alleine. Idealerweise entsteht unser Tragwerk als Resultat eines bewussten iterativen Entwurfsprozesses aus dem Kontext, aus den lokalen Randbedingungen heraus [1]. Wir streben das Gesamtkunstwerk an, suchen im Team nach ganzheitlicher Qualität, guter Funktion und guter Form. Ein Bauwerk ist dann gelungen, wenn alle seine Komponenten – die des Ingenieurs und die des Architekten – qualitativvoll geplant sind. In diesem Fall lässt sich dann gar nicht mehr erkennen, welche Person der Projektautor war.

„Bewusst“ heißt hier, dass das *design team* den dauernden Diskurs pflegt und einer ganzen

Reihe von Entwurfsprinzipien folgt, nicht nur den Normen. Eine Wortwolke fasst die Entwurfsprinzipien einiger Bau- und Lehrmeister – Vitruv, Jörg Schlaich, Volkwin Marg und David Billington –, von denen der Autor profitiert hat, zusammen [2].

2 Prinzipien des Leichtbaus

Auch wenn Leichtbau keinesfalls immer die Lösung für eine gestellte Entwurfsaufgabe sein kann, kommen in unserem Büro Leichtbauten doch recht oft vor. Nach Jörg Schlaich sind Leichtbauten (u. a. dargelegt in [3]):

- ❑ kulturell wertvoll: Leichtbau ist transparent und bildet den Kraftfluss auf natürliche Weise ab. Wir mögen leichte Bauwerke, weil wir Eleganz assoziieren, weil sie den Blick wenig versperren, filigran und unbedrohlich wirken.
- ❑ wirtschaftlich sinnvoll: Leichtbauten verbrauchen ein Minimum an Material. Sie sind ressourcenschonend und damit nachhaltig.
- ❑ sozial gerechtfertigt: Die Komplexität der Tragwerke setzt gut ausgebildete Ingenieure und Arbeiter voraus. Das Ergebnis bereichert also nicht nur die Baukultur, sondern schafft auch qualifizierte Arbeitsplätze.

Beim Entwurf eines Leichtbaus sollten folgende fünf Grundsätze berücksichtigt werden:



Die Prinzipien guten Bauens [2]

- ❑ Maßstäblichkeit und angemessene Spannweiten: Weil die Biegemomente mit dem Quadrat der Spannweite ansteigen und die Masse sogar kubisch, wenn die Dimensionen skaliert werden, führen nur kleine Spannweiten zu schlanken Biegeträgern. Wo Biegung nicht vermieden werden kann, wird werkstoffgerechtes Arbeiten, Stahl in zugbeanspruchten und Beton in druckbeanspruchten Bereichen, besonders wichtig.
- ❑ Wenig Biegung: Querschnitte können nur rein zug- oder druckbeansprucht optimal ausgenutzt werden. Deshalb sind Fachwerke immer leichter als Biegetragwerke.
- ❑ Materialien mit großer Reißlänge: Ein möglichst großer Quotient β/γ , wobei β die Festigkeit und γ die Wichte des Materials ist, führt zu Leichtigkeit. In dieser Hinsicht ist Carbon mit einem Verhältnis von β zu γ von ca. 200 km sehr vielversprechend.



Anwendung der Prinzipien des Leichtbaus, hier beim Dach des Olympiastadions in München, 1972

(Foto links: Christian Kandzia, Foto oben: Michael Zimmermann)

- ❑ **Vorspannung:** Sie erlaubt es Zugelementen, auch Druckkräfte aufzunehmen, indem sie ihre Vorspannung abbauen. So werden die Steifigkeit des Tragwerks erhöht und seine Verformungen reduziert.
- ❑ **Doppelte Krümmung:** Leichte, doppelt gekrümmte Flächentragwerke können so Lasten allein über Normalkräfte in ihrer Ebene, über Membrankräfte, abtragen. Auf diese

Art entsteht enorme Leichtigkeit und es tut sich eine Vielfalt an Tragwerksmöglichkeiten auf, deren Potential noch lange nicht ausgeschöpft ist.

Über die Jahre haben wir versucht, diese Prinzipien des Leichtbaus – wo immer sinnvoll – auf alle möglichen Tragwerke, Brücken, Türme, Beton- und Glasgitterschalen, Seilnetze und Membranbauten, anzuwenden.



Einfache Prinzipien für große Tragwerke, von links oben nach rechts unten:

*Glasdach, Leipzig:
Salatsieb*

(Foto: sbp)

*Membrandach, Stuttgart:
Speichenrad*

(Foto: Manfred Storck)

*Glasfassade, Málaga:
Tennisschläger*

(Foto: Fa. Roschmann)

*Fußgängerbrücke,
Sassnitz: Kreisringträger*
(Foto: Wilfried Dechau)



3 Übertragung kleiner Tragwerke

Bei der Planung von Leichtbauten haben immer wieder alltägliche Gebrauchsgegenstände, wie das Speichenrad, der Tennisschläger, das Salatsieb oder ein einfacher Ring, Pate für eine Übertragung in die Welt der Großbauten gestanden [4].

Oft haben wir, bewusst oder unbewusst, aus dem riesigen Fundus der Werke unserer Vorgänger geschöpft. Dieser Aspekt unserer Arbeit soll im folgenden Abschnitt beleuchtet werden.



*Félix Candela:
von Xochimilco (rechts) nach Stuttgart (oben)
(Foto rechts: Universidad Politécnica
de Madrid, Foto oben: sbp)*

4 Hommage

„Als Hommage werden vor allem alle Verweise gesehen, die im Rahmen eines künstlerischen Werks gegeben werden und jemanden hervorheben, dem der Künstler besondere Anregungen für sein Werk verdankt“ [5]. Die Hommage ist mehr als Kopieren. Aus der Sicht des Autors ist es vollkommen in Ordnung, ja wichtig, die großartigen Bauten unserer Vorgänger zu studieren und ihre Ideen aufzunehmen, weiterzuentwickeln, mit heutigen Mitteln modern umzusetzen oder sie zu variieren, mit ihnen zu spielen. Das Rad kann nicht dauernd neu erfunden werden, oft können wir nur fortschreiten, wenn wir auf den Errungenschaften Anderer aufbauen.

Bei der Betrachtung der Projekte des eigenen Büros wird offensichtlich, dass die Hommage oft bewusst als

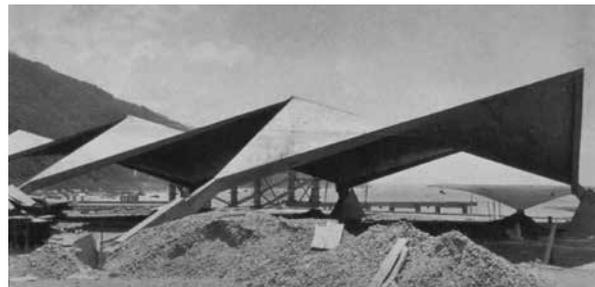


Entwurfsgrundlage eingesetzt wurde und wird. Natürlich nicht im Sinne von *copy and paste*, sondern als Anwendung der oben beschriebenen Grundsätze und von Übertragungen auf Klassiker, die man bewundert. Vielleicht kann dies mit dem *cover song* in der Popmusik verglichen werden? Wenn die Übersetzung einer „alten“ Idee auf andere Randbedingungen, in einen neuen Kontext, vielleicht mit neuen Werkstoffen oder anderer Nutzung, gelingt, können überraschend „neue“ Tragwerke entstehen.

Eine Reihe von Beispielen soll dies illustrieren:

Die 1974 in Stuttgart gebaute temporäre Versuchsschale aus glasfaserverstärktem Spritzbeton war nur 1,5 cm stark. Jörg Schlaich übernahm dafür die Form von Félix Candelas berühmter Betonschale in Xochimilco in Mexico. Félix Candela kam nach Stuttgart, um die Schale zu besichtigen, und war gerührt, dass seine Arbeit deutsche Ingenieure beeinflusst hatte.

Viel früher schon, 1967, hatte Jörg Schlaich, damals noch als Ingenieur im Büro Leonhardt Andrá und Partner, mit 96 m Spannweite eines der größten hyperbolischen Paraboloiden für die Überdachung des Schwimmbades Sechslingspforte in Hamburg entworfen. Es hat eine verblüffende Ähnlichkeit mit der, allerdings viel kleineren, Betonschale für die Strandbar Playa Azul, Venezuela, von Félix Candela.



Candela noch einmal: Playa Azul (links) und Hamburg Sechslingspforte (Architekt: Niessen und Strömer, Hamburg)

(Foto oben: sbp, [19])

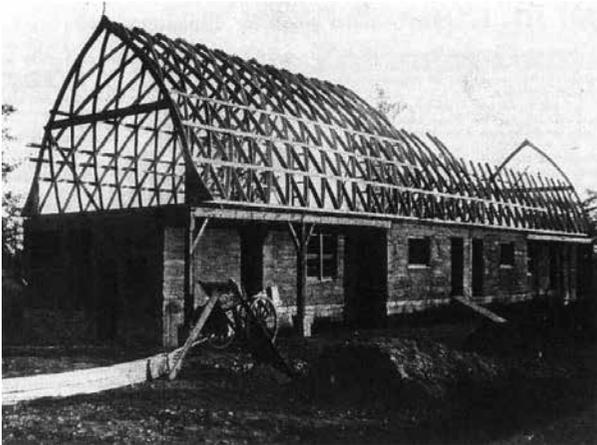
Foto links: [6])

Die Auerbachbrücke in Stuttgart ist eine vollintegrale und damit robuste und fast wartungsfreie Bogenbrücke [7], die wie die Schwandbachbrücke des Schweizer Robert Maillart einen im Grundriss gekrümmten Überbau mit einem gerade Bogen trägt.

Das Brettschichtholzdach der Messehalle in Rostock mit einer Spannweite von 65 m zeigt, dass



Robert Maillart: Schwandbachbrücke (Foto: FBM studio Ltd.) und Auerbachbrücke (Foto: Gert Elsner)



*Friedrich Zollinger: Dachstuhl aus den 1920er Jahren und Warnow Messehalle in Rostock
(Architekt: von Gerkan, Marg und Partner)*

(Foto links aus [8], rechts: Heiner Leiska, [9])

mit modernen Verbindungsmitteln sogar weitgespannte Hallendächer nach dem Zollingerprinzip, das in den 1920er Jahren von Friedrich Zollinger erfolgreich für kleine Dächer angewendet wurde, möglich sind, [8].

Der als Landmarke für die Messe Rostock geplante Tensegrity-Turm beweist, dass mit dieser vom US-Amerikaner Buckminster Fuller eingeführten Bauweise Turmhöhen von 50 m erreicht werden können. Allerdings sind solche Türme so weich, dass außer dem Eigengewicht nur noch Windlasten aufgenommen werden können (Architekt: von Gerkan, Marg und Partner).

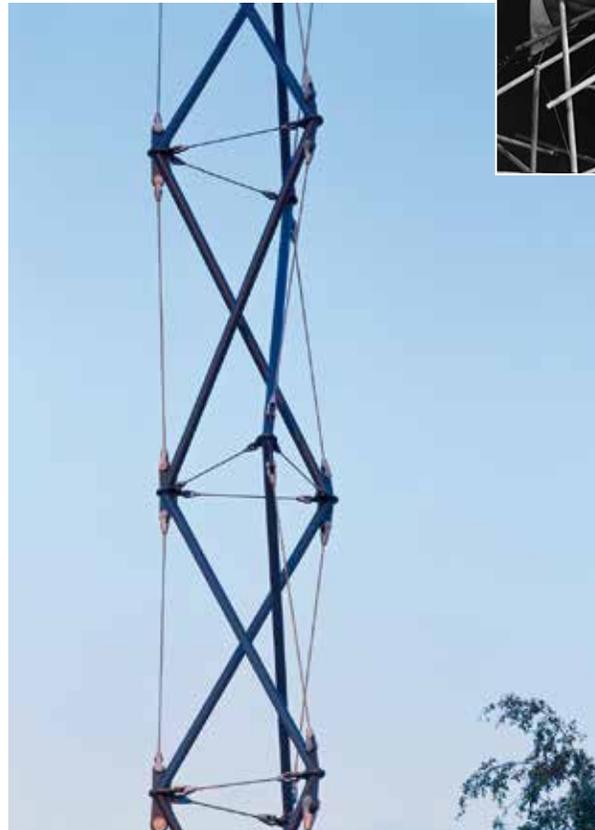
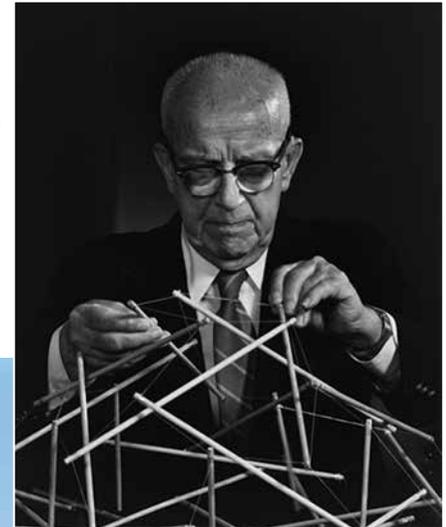
Der deutsche Ingenieur Albert Fink hat einem unterspannten Trägersystem, das im 19. Jahrhundert vor allem in den USA gebaut wurde, seinen Namen gegeben. Die Umkehrung dieses Trägers führte zur gekrümmten Fußgängerbrücke in La Defense in Paris (Architekt: Dietmar Feichtinger Architectes).

Wieder ist es die Umkehrung, die von Wladimir Schuchows schlankem druckbeanspruchten rotationshyperbolischen Turm zum ähnlich geformten vorgespannten Seilnetzühlturm mit zentralem Mast in Schmehausen geführt hat, [11], [12].

Das mit Beton eingedeckte Seilnetzdach von Nowicki und Severud der früher Rayleigh-Arena genannten Dorton-Arena in den USA wurde durch Frei Ottos berühmtes Buch „Das hängende Dach“ [13]

Buckminster Fuller: Tensegrity im Modell und der Messeturm in Rostock [10]

*(Foto rechts: National Portrait Gallery, Smithsonian Institution; gift of Estrellita Karsh in memory of Yousuf Karsh
Foto unten: HG Esch)*



*Albert Fink: Bahnbrücke (unten, Postkarte)
und Passerelle La Défense, Paris
(Foto: Michael Zimmermann), [14]*



in Deutschland bekannt. Das membraneingedeckte Seilnetzdach am Kundencenter der Autostadt in Wolfsburg zeigt, dass solche doppelt gekrümmten Flächentragwerke auch ohne Randträger auskommen können (Architekt: GRAFT Architekten).

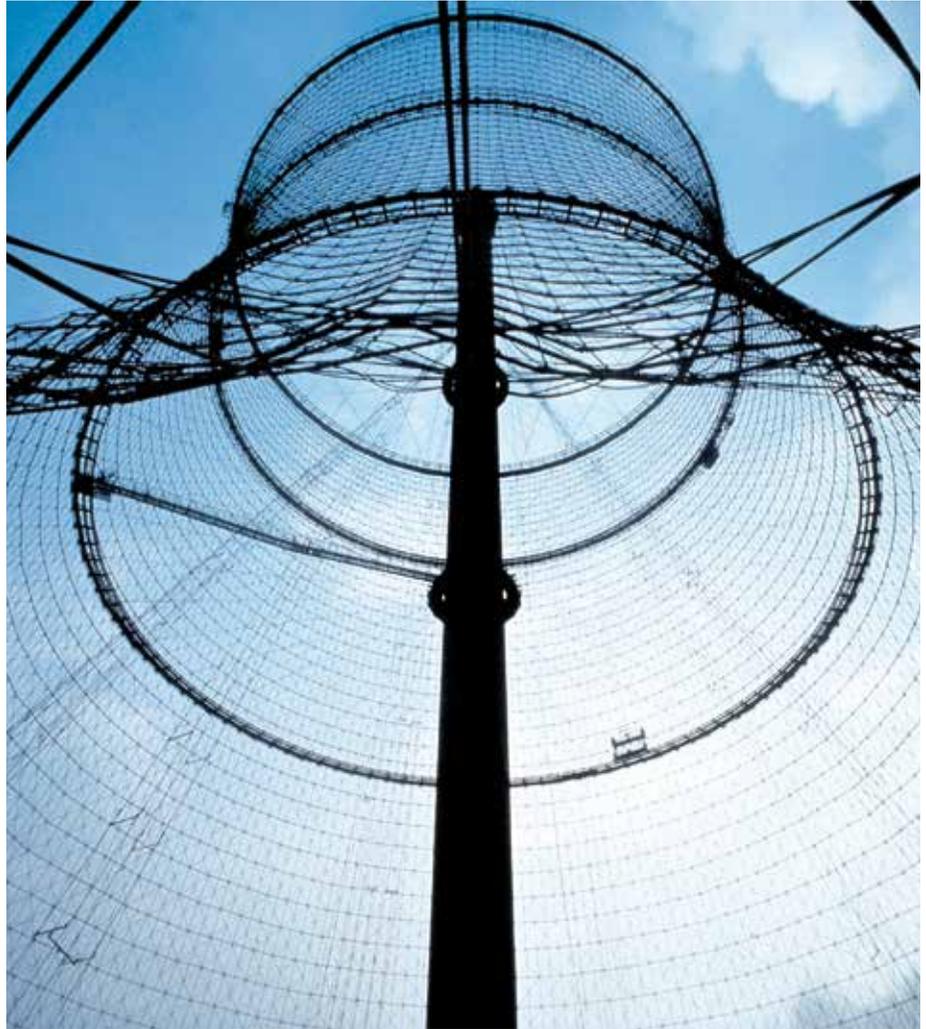
Die Schriften von Frei Otto, neben dem erwähnten Buch mehr als 40 Bücher, die am Institut für leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart veröffentlicht wurden, haben bis heute einen enormen Einfluss auf den Leichtbau weltweit. Tatsächlich ist es sehr schwierig, auf ein Tragwerk zu kommen, das Frei Otto nicht irgendwo schon einmal skizziert hat. Viele der von Schlaich Bergermann

partner entwickelten beweglichen Tragwerke [16] haben von diesem Ideenüberfluss profitiert.

Heute, nach über 35 Jahren Schlaich Bergermann partner, sind uns die frühen Arbeiten von Jörg Schlaich und seinem Team selbst zur Quelle der Inspiration geworden. So versuchen wir, den Herausforderungen der Zeit mit Innovationen und gestützt auf unsere eigene berufliche Geschichte zu begegnen.



*Wladimir Schuchow: Schabolowka-Radioturm
(Foto: Sergei Arsenyev)*



Kühlturm Schmehausen

(Foto: sbp)

5 Zusammenfassung

Der Beitrag der Bauingenieure zu qualitativem Bauen, zur Baukultur ist vielgestaltig. Unsere Entwürfe entstehen aus dem lokalen Kontext und basieren auf robusten technisch-wissenschaftlichen Grundlagen. Das Befolgen genereller (Leichtbau-) Prinzipien und das Übertragen von „Tragwerken“ aus baufremden Gebieten sind hilfreich, vielleicht sogar Voraussetzung für erfolgreiches Arbeiten. Wenn wir dabei unseren großen Vorgängern Tribut zollen, uns auf ihre Werke berufen, kann überraschend Neues und Fortschrittliches entstehen.

Literatur

- [1] Bögle, A.; Schmal, P.; Flagge, I. (Hrsg.): leicht weit – Light Structures, Jörg Schlaich, Rudolf Bergemann. München: Prestel, 2003
- [2] Schlaich, M.: Eleganz und gutes Bauen. Bau-technik, Sommer 2016 (Beitrag angenommen)
- [3] Schlaich, J.: Leichtbau – wieso und warum? In: Bögle, A.; Schmal, P.; Flagge, I. (Hrsg.): leicht weit – Light Structures, Jörg Schlaich, Rudolf Bergemann. München: Prestel, 2003, 298–310
- [4] DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation: DETAIL engineering 1, schlaich bergemann und partner, 2011
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hommage> (Zugriff am 2.5.2016)
- [6] Faber, C.: Candela / The Shell Builder. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1963



Nowicki: Dorton Arena und Dach am Kundencenter der Autostadt in Wolfsburg, [14], [15] (Foto: Tobias Hein)

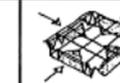
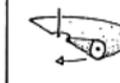
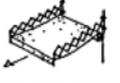
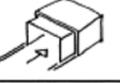
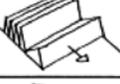
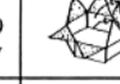


- [7] Schlaich, J.; Meese, L.: Die Auerbachbrücke in Stuttgart – eine fugen- und lagerlose, leichte und transparente Betonbrücke. Bauingenieur 79 (2004) 7/8, 253–256
- [8] Winter, K.; Rug, W.: Innovationen im Holzbau – Die Zollinger-Bauweise. Bautechnik 69 (1992) 4, 190–197
- [9] Schlaich, M.; Stavenhagen, L.; Krüger, G.: Die Hanse Messe in Rostock – Zollinger mit moderner Technik. Bautechnik 80 (2003) 5, 279–284
- [10] Schlaich, M.: The Messeturm in Rostock – A Tensegrity Tower. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures IASS 45 (2004) n.2, August n. 145, 93–98
- [11] Mayr, G.; Schlaich, J.: The lightweight cable-net cooling tower at Schmehausen. In: Proceedings of the IASS-Congress Alma-Ata (UdSSR), 9/1977
- [12] Holgate, A.: The Art of Structural Engineering. Edition Axel Menges, 1997.
- [13] Otto, F.: Das hängende Dach: Gestalt und Struktur, Nachdruck der 1954 im Bauwelt Verlag erschienenen Ausgabe. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1990
- [14] Keil, A.; Zimmermann, M.: Passerelle sur Nanterre – spatial play of forces. Steel Construction 2 (2009) 2, 95–103
- [15] Schlaich, M.; Behnke, R.: Selbstverankerte Seilnetze – ein leichtes Dach in der Autostadt Wolfsburg. Bauingenieur 89 (2014) 6, 235–245
- [16] schlaich bergemann partner, 2015: moveab-

les. available online at <http://www.moveables.sbp.de/> (Zugriff am 2.11.2015)

- [17] Otto, F.: Wandelbare Dächer/Convertible Roofs. IL5, New York: Wittenborn and Company, 1972

Vorschläge für bewegliche Tragwerke von Frei Otto, aus [17]

BAUART/ CONSTRUCTION SYSTEM	ART DER BEWEGUNG/ TYPE OF MOVEMENT	BEWEGUNGSRICHTUNG/DIRECTION OF MOVEMENT			
		PARALLEL/PARALLEL	ZENTRAL/CENTRAL	ZIRKULÄR/CIRCULAR	PERIPHER/PERIPHERAL
MEMBRANEN, TRAGKONSTRUKTION FESTSTEHEND/ MEMBRANES, SUPPORTING STRUCTURE STATIONARY	RAFFEN/ BUNCHING				
	ROLLEN/ ROLLING				
MEMBRANEN, TRAGKONSTRUKTION BEWEGLICH/ MEMBRANES, SUPPORTING STRUCTURE MOVABLE	SCHIEBEN/ SLIDING				
	KLAPPEN/ FOLDING				
	DREHEN/ ROTATING				
STEIFE KONSTRUKTIONEN/ RIGID CONSTRUCTIONS	SCHIEBEN/ SLIDING				
	KLAPPEN/ FOLDING				
	DREHEN/ ROTATING	