

6

90. Jahrgang
Juni 2013
ISSN 0932-8351
A 1556

Bautechnik

Zeitschrift für den gesamten Ingenieurbau



- Fallstudie zur seismischen Auslegung einer U-Bahnlinie
- Kinetische Fassade für den Themenpavillon 'One Ocean' EXPO 2012
- Die neue indische Forschungsstation auf den Larsemann Hills, Antarktis
- Zur Erweiterung der grafischen Statik in die 3. Dimension
- Alterung von Bewehrungsgittern aus Polyester
- Deutschlands älteste Betonbrücken
- Ganzheitliche Planung eines Hochwasserrückhaltebeckens

Bio-inspirierte kinetische Fassade für den Themenpavillon „One Ocean“ EXPO 2012 in Yeosu, Korea

Der von SOMA Architecture aus Wien, Österreich entworfene Themenpavillon „One Ocean“ ist eines der wichtigsten Gebäude der Expo 2012 in Yeosu, Korea. Die dem Expo-Gelände und dem Haupteingang zugewandte Seite ist von einer kiemenartigen, mit LED bestückten beweglichen Medienfassade geprägt. Sie stellt einen gestalterischen Bezug zum Meer her und ermöglicht die Lichtsteuerung des Gebäudes.

Grundlage der Entwicklung der kinetischen Fassade war die Analyse natürlicher Bewegungsprinzipien. Die Verwendung von glasfaserverstärkten Kunststoffen (GfK) erlaubt große reversible elastische Verformungen und ermöglicht somit eine komplett neue Interpretation wandelbarer Strukturen.

Keywords GfK; Fassade, kinetische; Strukturen, wandelbare; Entwurfsprozesse, biomimetische; Bewegungsprinzipien, pflanzliche

Bio-inspired kinetic façade for the thematic pavilion “One Ocean” EXPO 2012 in Yeosu, Korea

The Thematic Pavilion “One Ocean”, designed by SOMA Architecture, Vienna, is a major and permanent building for the Expo 2012 in Yeosu, Korea. The façade facing the expo area and the main entrance is conducted as kinetic media façade symbolizing the gills of a fish. The façade therefore illustrates the theme of the Expo “The living ocean and coast” very well.

Development of the kinetic media façade was inspired by flexible deformation principles found in plant movements. The project is a role model for a novel application of glass fiber reinforced polymers (GFRP) for deployable structures as well as for advanced biomimetic research and design.

Keywords GFRP; kinetic façade; deployable structures; biomimetic research; plant movements

1 Einleitung

Wandelbare Strukturen in der Architektur werden üblicherweise durch eine Kombination von steifen Tragelementen oder weichen Textilien mit speziellen beweglichen Elementen, wie Gelenken, Rollen, usw., realisiert. Die Verwendung von glasfaserverstärkten Kunststoffen erlaubt dagegen große reversible elastische Verformungen und ermöglicht somit eine komplett neue Interpretation wandelbarer Strukturen. In der Natur haben Pflanzen eine Vielzahl beweglicher Funktionen basierend auf elastischen Verformungen ohne Gelenke entwickelt, um z.B. das Öffnen und Schließen von Blüten, die Orientierung von Blättern, usw. zu ermöglichen [1]. Grundlage der Entwicklung der kinetischen Fassade für den Themenpavillon war die Analyse dieser natürlichen Bewegungsprinzipien [2].

Die Fassade besteht aus 108 Lamellen, sie ist insgesamt 140 m lang und zwischen 3 und 13 m hoch (Bild 1).

Grundidee des konstruktiven Konzepts ist es, eine Lamelle aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit definierter Steifigkeit einzusetzen. Die 13 m hohen Lamellen haben eine Laminatstärke von lediglich 9 mm, sie sind an den vertikalen Kanten jeweils durch eine 200 mm bzw. 30 mm tiefe Steife verstärkt. Mittels Stellantrieben am oberen und unteren Ende jeder Lamelle wird eine Druckbeanspruchung aufgebracht, welche eine elastische Biegeverformung der Lamellen verursacht – die Fassade öffnet sich.

Das Tragverhalten und Verformungsverhalten wurde im Windkanal für verschiedene Öffnungswinkel untersucht und die anzusetzenden Windlasten konnten somit exakt ermittelt werden. Unter hohen Windgeschwindigkeiten wird die Fassade automatisch geschlossen.

Jede Lamelle kann einzeln angesteuert werden. Somit ist es möglich, die Fassade den Lichtbedingungen und bauphysikalischen Gegebenheiten optimal anzupassen. Die Kinematik der Fassade ermöglicht die Inszenierung von speziellen Choreografien und ist damit ein beweglicher Blickfang für die Besucher der Expo. Sie dient zusätzlich als Medienfassade. Zahlreiche LEDs beleuchten die Fas-



Bild 1 Themenpavillon “One Ocean” mit geöffneter Fassade
Thematic pavilion “One Ocean” with opened façade

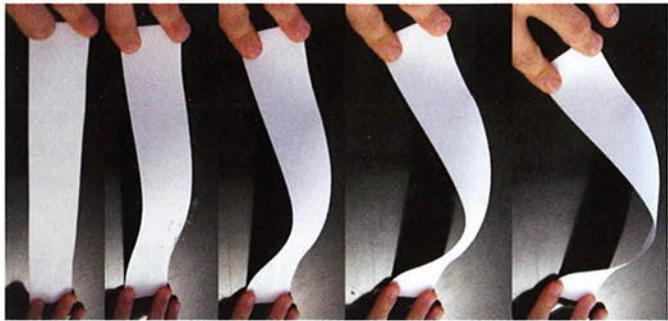


Bild 2 Von Knippers Helbig entwickeltes Bewegungsprinzip
Movement concept by Knippers Helbig

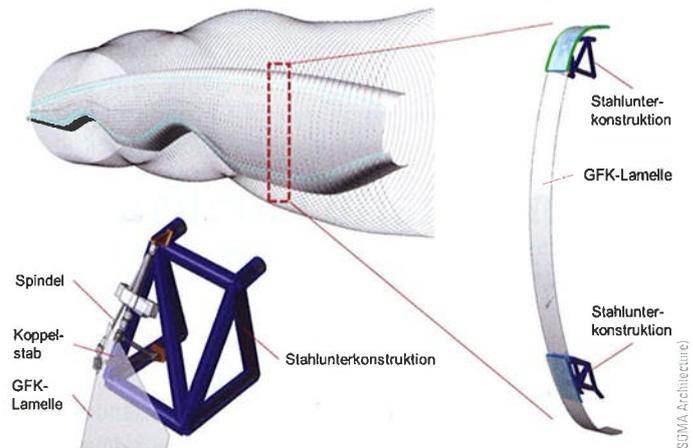


Bild 3 Antriebe am oberen und unteren Ende der GFK-Lamellen [3]
Screw spindle used as actuator at top and bottom of GFRP-lamellas [3]

sade während der Nacht und betonen somit die Verformung.

2 Bewegungsprinzip

2.1 Allgemeines

Während der Vorentwurfsphase wurden verschiedene technische Lösungsansätze unter Berücksichtigung ästhetischer Aspekte und architektonischer Einflüsse auf die kinetische Medienfassade untersucht. Das Ergebnis dieses Prozesses ist eine Lösung, welche die Wettbewerbsidee – die Schaffung einer fugenlosen Oberfläche, die in weichen Bewegungen ihre Form ändert – mit einer konzeptionell einfachen Bewegungslogik umsetzt (Bild 2).

2.2 Technisches Konzept

Das technische Konzept der Fassade ist durch die drei Kernaspekte elastische Verformung, adaptive Vorspannung und Energierückgewinnung gekennzeichnet.

a) Großflächige elastische Verformung von GFK-Lamellen mit minimierter Kinematik

Am oberen und unteren Ende jeder Lamelle wird mittels Stellantrieben (Bild 3) eine Druckbeanspruchung aufgebracht, die eine elastische Biegeverformung der Lamellen verursacht – die Fassade öffnet sich.

Der Mechanismus ist jeweils am oberen und unteren Ende jeder Lamelle angeordnet und besteht aus einer Kugelgewindespindel, die von einem Synchronservomotor angetrieben wird. Die Spindel ist an beiden Enden gelenkig gelagert, wobei der Kopfpunkt der Lamelle von einem ebenfalls gelenkig gelagerten Koppelstab geführt wird.

Die Fassade ist somit an erforderliche Lichtbedingungen und bauphysikalische Gegebenheiten anpassbar. Ferner ermöglicht die Kinematik die Inszenierung von speziellen, vorprogrammierten Choreografien und ist damit ein beweglicher Blickfang für die Besucher der Expo. Um die Choreografie in Bewegungsabläufe der Lamellen umzu-

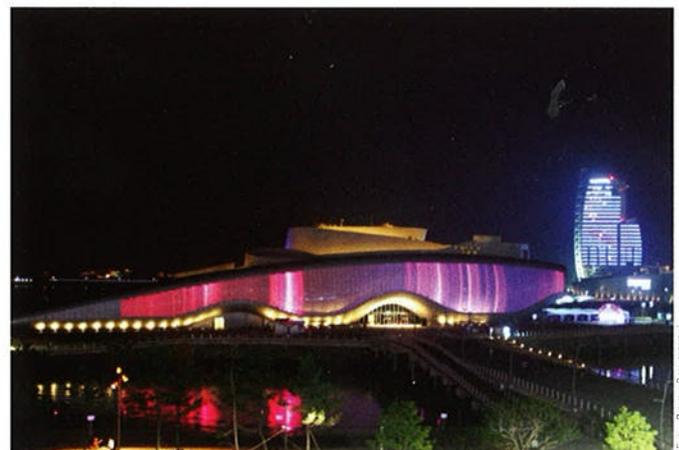


Bild 4 Themenvavillon „One Ocean“ nach Einbruch der Dunkelheit
Thematic pavilion „One Ocean“ after nightfall

setzen, werden alle 216 Motoren von der Steuerungsanlage koordiniert angesteuert. Die Motoren einer Lamelle werden dabei synchronisiert, wobei Sensoren die Funktionstüchtigkeit der Lamelle laufend prüfen und entsprechende Daten an die Rechenanlage zurückmelden.

Um die Lamellen als Medienfassade zu nutzen, ist sie in einem 10cm-Raster mit LEDs versehen (Bild 4). Zusätzliche LED-Lichtbänder an den Innenkanten betonen die Verformungsvorgänge.

b) Adaptive Vorspannung der Fassade gegen Windlasten

Um die biegeweichen Lamellen bei hohen Windlasten zu stabilisieren, werden diese gegeneinander vorgespannt. Dabei wird der weiche Rand mittels der Aktuatoren gestreckt und durch die Krümmung der Fassade auf den steifen Rand der Nachbarlamelle gepresst. Die dabei aufgebrauchte Vorspannung wird sukzessive der zunehmenden Windlast angepasst und von 10 kN Vorspannung im geschlossenen Zustand im Normalbetrieb auf bis zu 50 kN bei maximaler Windlast gesteigert.

Die adaptive Anpassung erfolgt aus zwei Gründen: Das nur kurzzeitige starke Vorspannen der Lamellen reduziert die Belastung des Materials und damit die Ermüdungsbeanspruchung, dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer der Lamellen aus. Des Weiteren wird die Gesamtzeit der maximalen Leistungsaufnahme der Antriebe auf ein Minimum reduziert, weshalb sich die Anlagen zur Energiebereitstellung auf eine Gesamtleistung von 80 kW reduzieren ließen. So können im Normalbetrieb alle und während des Vorspannprozesses bis zu 13 Lamellen gleichzeitig bewegt werden.

c) Rückgewinnung der Verformungsenergie

Da an einer Lamelle stets ein Aktuator aufwärts und einer abwärts arbeitet, ist die Leistungsaufnahme beider Antriebe stets gegensätzlich. Daher sind die Servomotoren so ausgestattet, dass sie auch als Generator arbeiten können. So kann sowohl Energie während einer Abwärtsbewegung als auch Rückstellenergie der verformten Lamellen zumindest teilweise zurückgewonnen werden und direkt für den Betrieb jeweils anderer Aktuatoren verwendet werden.

3 Dimensionierung

3.1 Bemessungskonzept

Der Einsatz von faserverstärkten Verbundwerkstoffen im Bauwesen ist in den letzten Jahren aufgrund überzeugender Vorteile bei speziellen Anforderungen erheblich gewachsen. Für den Entwurf und die Tragwerksplanung sind national und international jedoch häufig nur unvollständige oder unwirtschaftliche Bemessungskonzepte verfügbar.

Daher wird hier ein kombiniertes Konzept angewendet; alle relevanten Lasten und Lastfallkombinationen werden nach lokalen koreanischen Normen [4] bzw. EN 1990 [5] angesetzt. Zunächst werden die richtungsabhängigen Materialeigenschaften für die gewählten Laminattypen nach DIN 18820 [6] ermittelt. Die Abminderungsbeiwerte zur Berücksichtigung von Temperatur- und Medieneinflüssen sowie der Lasteinwirkungsdauer werden dann gemäß BÜV-Richtlinie „Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen“ angesetzt [7]. Des Weiteren werden die Anzahl der Öffnungsvorgänge, der Einfluss auf das Ermüdungsverhalten sowie ein dynamischer Erhöhungsfaktor entsprechend berücksichtigt.

$$f_d = \frac{f_{k0,05}}{\gamma_M A(t) A_1 A_2 A_3 A_{dyn} A_{fat}} \quad (1)$$

- wobei: $f_{k0,05}$ charakteristischer Widerstand für t_0
 γ_M Teilsicherheitsbeiwert
 $A_1(t)$ Berücksichtigung der Einwirkungsdauer
 A_2 Berücksichtigung von Medieneinflüssen
 A_3 Berücksichtigung der Umgebungstemperatur

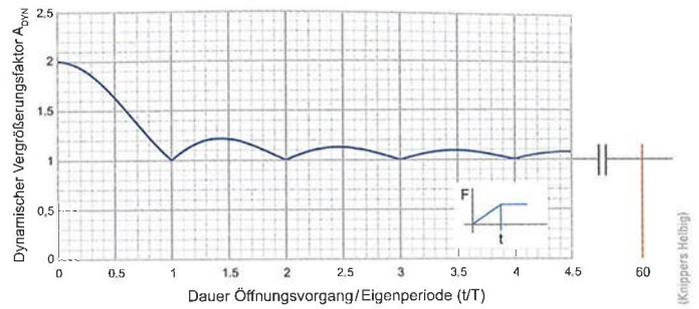


Bild 5 Dynamischer Vergrößerungsfaktor A_{DYN}
 Dynamic amplification factor A_{DYN}

- A_{DYN} Berücksichtigung dynamischer Effekte infolge Öffnungsvorgang
- A_{FAT} Berücksichtigung Ermüdungsverhalten infolge Öffnungsvorgang

Es wird davon ausgegangen, dass die Lamellen maximal 1/3 Ihrer Lebensdauer geöffnet sind, der Einflussfaktor A_1 wird somit für eine Einwirkungsdauer von 20 Jahren ermittelt und entsprechend berücksichtigt. Der Abminderungsbeiwert A_2 zur Berücksichtigung der Medieneinflüsse wird für den „normalen Anwendungsfall“ mit 1,1 angesetzt. Die maximale Umgebungstemperatur beträgt 45 °C, sie wird um 25 °C aus der Erwärmung der Oberfläche infolge direkter Sonneneinstrahlung erhöht. Daraus resultiert eine maßgebende Betriebstemperatur von 70 °C.

Aus der Dauer des Öffnungsvorgangs von 30 Sekunden in Kombination mit der ersten Eigenfrequenz der Lamellen sind keine dynamischen Effekte zu erwarten (Bild 5). Daher kann der dynamische Vergrößerungsfaktor A_{DYN} zu 1,0 gesetzt werden.

Mittels A_{FAT} werden Ermüdungseinflüsse berücksichtigt, welche durch eine zyklische Beanspruchung hervorgerufen werden. Da die relative Belastung σ_0 für 10^6 Lastwechsel und einer Eigenfrequenz f_1 von 0,03 Hz bei ca. 45% der maximalen Beanspruchbarkeit liegt (Bild 6), wird A_{FAT} auf der sicheren Seite liegend mit 2,0 angesetzt.

Somit ergibt sich eine globale Sicherheit zwischen 1,9 für Kurzzeitbeanspruchung (Windlast) und 9,6 für Beanspruchungen senkrecht zur Faser infolge des Öffnungsvorgangs.

3.2 Lastannahmen

Die Fassade muss gemäß koreanischer Norm für eine maximale Windgeschwindigkeit von 35 m/s, wie sie an der Küste von Südkorea bei Taifun nicht unüblich ist, bemessen werden. Das Trag- und Verformungsverhalten wurde im Windkanal für verschiedene Öffnungswinkel untersucht und die anzusetzenden Windlasten konnten somit exakt ermittelt werden [8].

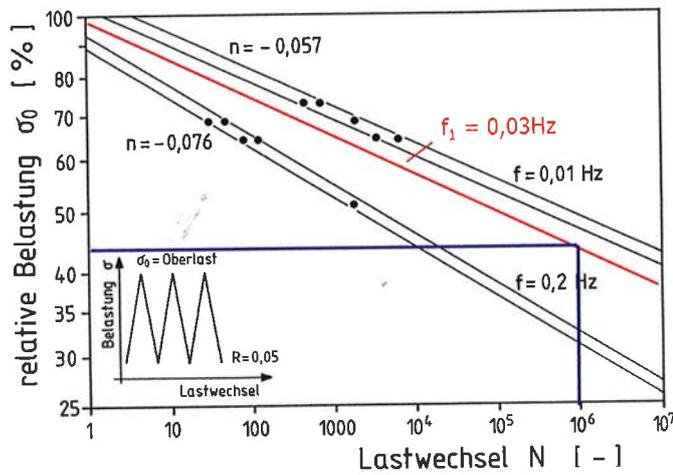


Bild 6 Grundlage zur Ermittlung des Abminderungsbeiwertes A_{FAT} [9]
Basis for determination of amplification factor A_{FAT} [9]

Aus den durchgeführten Untersuchungen wurden zwei verschiedene Situationen abgeleitet: Bei Windgeschwindigkeit kleiner 15 m/s (6 Beaufort) kann die Fassade geöffnet werden. Ist der Wind stärker als 15 m/s (6 Beaufort), wird die Fassade automatisch geschlossen und die Lamellen werden mit bis zu 50 kN statt 10 kN wie im Normalbetriebsmodus stufenweise gegeneinander vorgespannt.

3.3 Numerische Berechnung

Die statische Analyse wird für die größte (13,6 m) und kleinste (6,0 m) Lamelle durchgeführt. Diese Lamellen wurden ausgesucht, da davon ausgegangen werden konnte, dass die Werte für Verschiebungen, Eigenfrequenzen, Auflagerkräfte und auftretende Spannungen maßgebend und somit repräsentativ für die gesamte Fassade sowie die Bemessung der Unterkonstruktion sind.

Um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu überprüfen und der Situation Rechnung zu tragen, dass es im asiatischen Raum kein Vieraugenprinzip bei der Prüfung der statischen Berechnung gibt, wurden unabhängige Berechnungen mit den Softwareprogrammen SOFISTIK 23 der Sofistik AG, Deutschland und MSC Nastran von MSC Software, USA durchgeführt, die Ergebnisse wurden anschließend vergleichend gegenübergestellt.

In MSC Nastran werden unter Verwendung geschichteter Schalenelemente alle Spannungen und Dehnungen in jeder Einzelschicht ermittelt und können getrennt voneinander ausgegeben werden (Bild 7).

Der hier dargestellte Versagensindex ist das Ergebnis eines Maximalspannungskriteriums. Die vorhandenen Spannungen werden mit den Bemessungswerten der Materialfestigkeiten verglichen, wobei sowohl die Spannungen in den einzelnen Laminatschichten als auch die Schubspannungen zwischen den Schichten berücksichtigt werden.

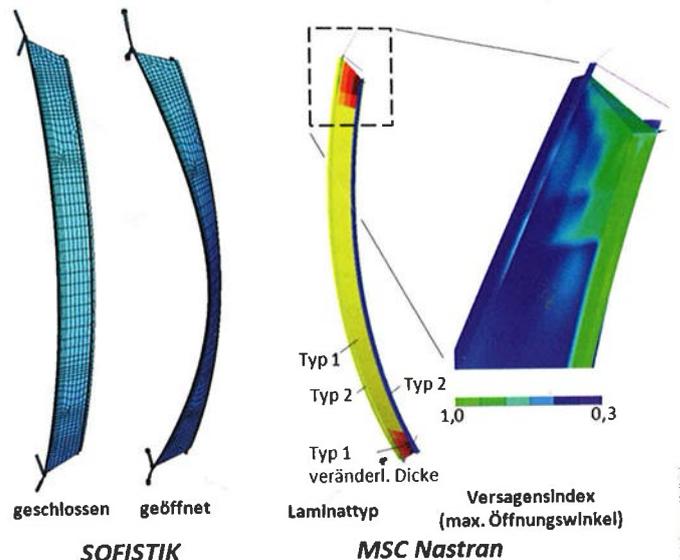


Bild 7 Numerische Modelle und Ergebnisse für größte Lamelle
Numerical models and calculation results for louver with max. length

$$\max = \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{x,Rd}}, \frac{\sigma_{y,Ed}}{f_{y,Rd}}, \frac{\tau_{12,Ed}}{\tau_{12,Rd}} \right) \quad (2)$$

- wobei:
- $\sigma_{x,Ed}$ Bemessungswert „Normalspannung in lokaler x-Richtung“
 - $\sigma_{y,Ed}$ Bemessungswert „Normalspannung in lokaler y-Richtung“
 - $\tau_{12,Ed}$ Bemessungswert „Schubspannung in der Ebene“

Im Rahmen der statischen Berechnungen wurden die folgenden drei Bemessungssituationen genauer betrachtet.

- 1) „Geschlossen“
Fassade ist komplett geschlossen und vorgespannt
- 2) „Nahezu geschlossen“
Fassade ist geschlossen aber nicht vorgespannt
- 3) „Maximal geöffnet“
Die Lamellen sind bis zum maximal möglichen Winkel geöffnet

Des Weiteren wurden außergewöhnliche Lastfälle, wie der Ausfall der Steuerungseinheit und die Tatsache, dass die Lamellen dann nicht mehr geschlossen werden können, untersucht.

3.4 Querschnitt

Für die 13 m langen Lamellen wird ein orthotropes Laminat (Typ 1) mit einer Stärke von 9 mm gewählt, die Lamellen sind an beiden Längskanten durch 200 mm bzw. 30 mm tiefe Steifen (Laminattyp 2) verstärkt (Bild 8).

Ein Hartgummipuffer schützt das GfK-Laminat bei geschlossener Fassade, wenn eine Lamelle auf der nächsten aufliegt.

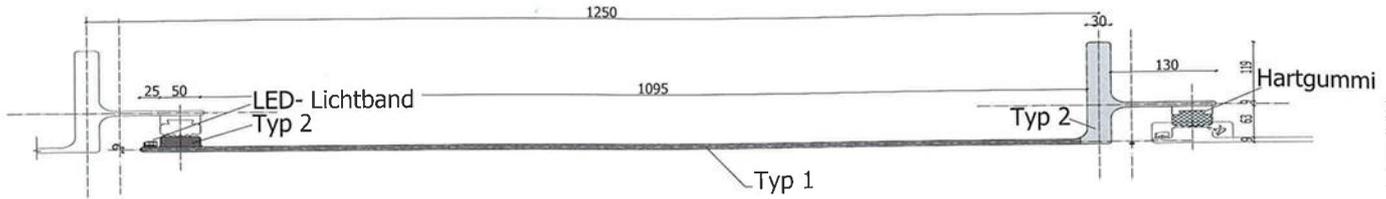


Bild 8 Horizontalschnitt – Abmessungen der größten Lamelle
Horizontal section – dimensions of lamella with max. length

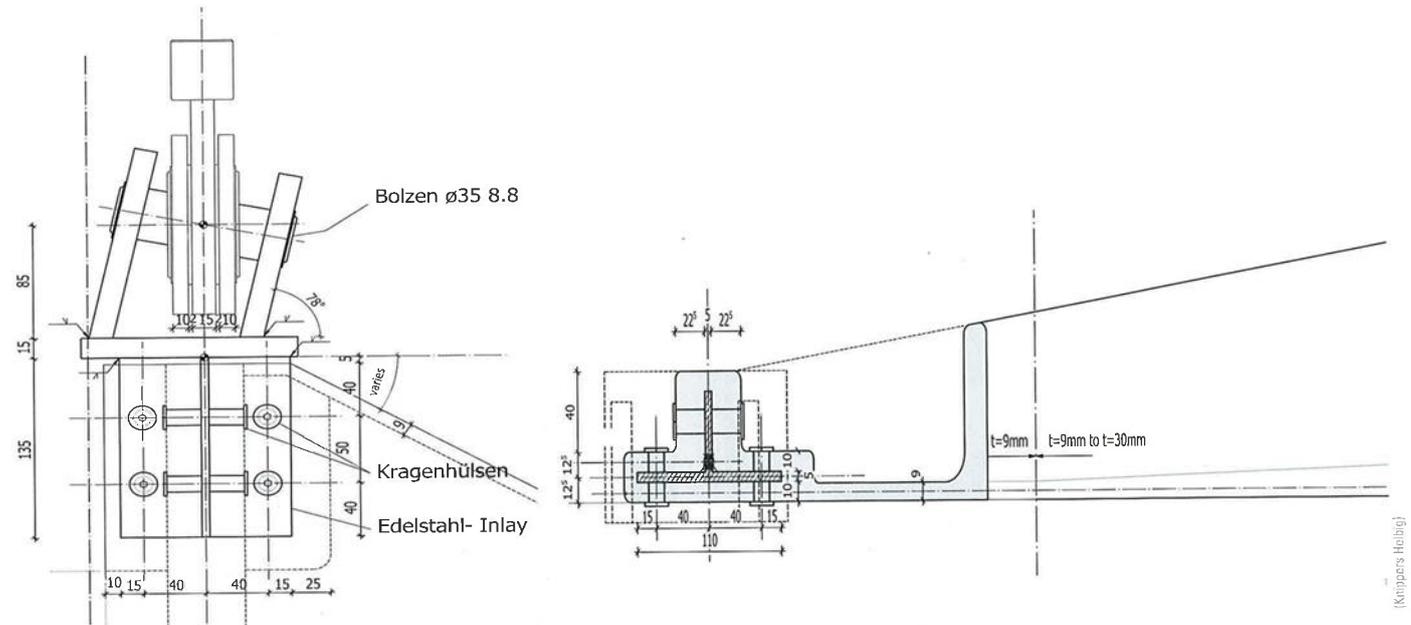


Bild 9 Anschlussdetail „Oberkante Lamelle an Aktuator“
Connection Detail "top connection of louver to actuator"

Die Verbindung zwischen GFK-Lamellen und Antrieb wird mittels eines Inlays aus Edelstahl in Kombination mit einlamierten Kragenhülsen realisiert (Bild 9). Somit gelingt es, die hohen lokalen Kräfte im Bereich der Anschlusskonstruktionen ins Material einzuleiten.

In der Vorentwurfsphase wurden zunächst verschiedene Laminataufbauten für orthotropes und unidirektionales Laminat, wie in der DIN 18820 spezifiziert, angesetzt (Tab. 1). In der Entwurfsphase war eine weitere Optimierung des Trag- und Verformungsverhaltens und damit des maximalen Öffnungswinkels unter Verwendung des Laminataufbaus möglich.

4 Bauteilversuche, Herstellung und Montage

Das Gesamttragverhalten der kleinsten und größten Lamelle wurde zunächst in Bauteilversuchen getestet.

Um dabei die Steifigkeit und den Einfluss der Stahlunterkonstruktion auf das Verformungsverhalten zu berücksichtigen, wurden die Lamellen an einer Unterkonstruktion aus Stahlhohlprofilen befestigt (Bild 10).

Tab. 1 Laminataufbau Typ 1 ($t = 9 \text{ mm} - 45^\circ/-45^\circ$) bzw. Typ 2 ($t = 30 \text{ mm} - 0^\circ$)
Laminat layout for Type 1 ($t = 9 \text{ mm} - 45^\circ/-45^\circ$) and Type 2 ($t = 30 \text{ mm} - 0^\circ$)

	TYP 1 (orthotrop)	TYP 2 (UD Laminat)	
Glasmassegehalt [%]	40	45	
Laminatstärke t [mm]		8,96	29,84
Lagenanzahl n [-]		11	55
Orientierung [$^\circ$] ¹	$45^\circ/-45^\circ$	$0^\circ/90^\circ$	
Laminataufbau			
Wirrfaserlaminat [g/m^2] ²	450	450	
gewebte Matte [g/m^2] ²	580	5 mal	
Verhältnis $[x - y]$	2,2 : 2,3		
gewebte Matte [g/m^2] ²	450		
UD-Laminat [g/m^2] ²		480	26 mal
gewebte Matte [g/m^2] ²		300	
UD-Laminat [g/m^2] ²		480	
gewebte Matte [g/m^2] ²		450	



Bild 10 Lamellen im Bauteilversuch
Louvers during performance mock-up tests



Bild 12 Themenpavillon mit geöffneten Lamellen
Thematic pavilion with opened louvers



Bild 11 Lamellen während Fertigung/Montage vor Ort
Louvers during fabrication/installation on site



Bild 13 Montage vor Ort
Installation on site

Nach erfolgreichem Abschluss der Bauteilversuche werden die insgesamt 108 Lamellen von einer koreanischen Firma gemäß der Vorgaben von Knippers Helbig im Handlaminierungsverfahren hergestellt und vor Ort montiert (Bild 11).

5 Zusammenfassung

Während der Vorentwurfsphase wurden verschiedene technische Lösungsansätze unter Berücksichtigung ästhetischer Aspekte und architektonischer Einflüsse auf die kinetische Medienfassade untersucht. Das Ergebnis dieses Prozesses ist eine Lösung, welche die Wettbewerbsidee – die Schaffung einer fugenlosen Oberfläche, die in weichen Bewegungen ihre Form ändert – mit einer konzeptionell einfachen Bewegungslogik, welche auf einer elastischen, graduell adaptierbaren Verformung beruht, umsetzt (Bild 12).

Das bio-inspirierte Konzept erfüllt dabei den Wunsch der Bauherren, den Themenpavillon „One Ocean“ zum Herzstück der Expo 2012 zu machen und eine Architektur zu präsentieren, die von der Natur lernt.

Das für die Entwicklung und Dimensionierung der GFK-Lamellen zugrunde gelegte Bemessungskonzept basiert auf einem kombinierten Sicherheitskonzept, bei dem verschiedene Abminderungs- sowie Einflussfaktoren Berücksichtigung finden.

Im Rahmen der statischen Berechnungen wurden verschiedene kritische Bemessungssituationen genauer betrachtet. Des Weiteren wurden außergewöhnliche Lastfälle, wie der Ausfall der Steuerungseinheit und die Tatsache, dass die Lamellen dann nicht mehr geschlossen werden können, untersucht. Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wird durch unabhängige Vergleichsrechnungen überprüft.

Vor Beginn der Fertigung der Lamellen wird das Lastverformungsverhalten in Bauteilversuchen untersucht.

Am Ende steht einmal mehr die Erkenntnis, dass die Umsetzung einer solchen Konstruktion nur möglich ist, wenn auf Bauherren- und Firmenseite die Bereitschaft vorhanden ist, Neuland zu betreten und die Genehmigungs- bzw. Vorschriftenlage es zulässt.

Literatur

- [1] LIENHARD, J.; et al: *Form-finding of Nature Inspires Kinematics for Pliable Structures*. Proceedings of the IASS Symposium: Spatial Structures Temporary and Permanent 2010, Shanghai, CN.
- [3] KNIPPERS, J.; SPECK, T.: *Design and Construction Principles in Nature and Architecture*. Bioinspiration and Biomimetics. Volume 7, 2012.
- [3] SCHINEGGER, K.; RUTZINGER, S.; KNIPPERS, J.; SCHEIBLE, F.: *Biomimetic Media Façade*. Proceedings of the International Conference on Adaptive Architecture, Building Centre London, 2011.
- [4] KBC 2009: *Korean Building Code*.
- [5] EN 1990: *Basis of Structural Design*. CEN European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2001.
- [6] DIN 18820: *Laminat aus textilfaserverstärkten ungesättigten Polyester und Phenacrylatharzen für tragende Bauteile (GF-UP, GFPFA)*. Teil 1-4, Berlin: Beuth-Verlag, März 1991.
- [7] BÜV-Empfehlungen: *Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen [TKB] – Entwurf, Bemessung und Konstruktion*. August 2010.
- [8] WACKER, J.: *Investigation of aerodynamic stability*. Wind-tunnel test Report, June 2010.
- [9] MEYER, H.-J.: *Zur Bemessung von GFK-Bauteilen unter Zuhilfenahme der Linear-Elastischen Bruchmechanik und probabilistischer Versagenskriterien*. Phd-thesis TU Hamburg-Harburg, Dezember 1992.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers

Dipl.-Ing. Florian Scheible

Dr.-Ing. Matthias Oppe

Knippers Helbig GmbH

Tübinger Straße 12-16

70178 Stuttgart

j.knippers@knippershelbig.com

f.scheible@knippershelbig.com

m.oppe@knippershelbig.com

MSCE, MA ETH Hauke Jungjohann

Knippers Helbig Inc.

155 Avenue of the Americas

New York City

h.jungjohann@knippershelbig.com

AUS DEN HOCHSCHULEN

Ein „EKG“ für Bauwerke

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt haben die HTWK Leipzig, die Materialprüfanstalt Leipzig (MPPA Leipzig) und die Gesellschaft für Geomechanik und Baumesstechnik (GGB mbH) ein Messsystem für Bauteiloberflächen entwickelt, das das Verhalten der Bauteile unter Belastung – z.B. unter Schnee auf Hallendächern – messen, in Echtzeit auswerten und bei kritischen Zuständen Alarm auslösen kann. Damit können rechtzeitig vor Versagen von Bauteilen Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Das neuartige System wurde in einem erfolgreichen Feldversuch getestet. Der Prototyp wurde auf der Messe „Sensor+Test“ in Nürnberg präsentiert.

„Ein System wie das von uns entwickelte könnte dabei helfen, tragfähigkeitsrelevante Bauteile in Echtzeit und zuverlässig zu überwachen: wir wissen so, welchen Belastungen ein Bauwerk ausgesetzt ist – und wie hoch die Tragfähigkeitsreserven einzuschätzen sind. Daraus können sich wirtschaftliche Vorteile ergeben, z.B. lassen sich so kostenintensive Ertüchtigungsmaßnahmen vermeiden“, sagt Prof. KLAUS HOLSCHMACHER (HTWK Leipzig).

Das von den Projektpartnern in einem gemeinsamen Forschungsvorhaben entwickelte System wurde im Winter 2012/2013 in einem Feldversuch getestet. Überwacht wurde die Belastung durch Schneefall auf einem vorgeschädigten Hallendach im Vogtland. „Parallel zum Test des Systems haben wir herkömmliche Messverfahren zur Überwachung des Daches eingesetzt und die Schneelast durch einen Belastungsversuch simuliert“, erklärt Prof. Dr.-Ing. ELKE REUSCHEL (MPPA Leipzig). „Bei laufender Produktion haben wir in der Industriehalle ein Messsystem aus konventionellen Dehnungsmessstreifen und das neuartige System aus Faser-Bragg-Gittern installiert und über 5 Monate betrieben. Dabei zeigte sich, dass das neuartige optische Messsystem sicher und zuverlässig misst.“ Die bekannte Langzeitstabilität, das geringe Gewicht und die hohe Strapazierfähigkeit sind große Vorteile des neuen Verfahrens.

Das dazugehörige Monitoringsystem wurde von der GGB mbH entwickelt: „Durch die Einbindung der neuartigen Sensoren in unser Monitoringsystem können die Messwerte in Echtzeit aus-

gewertet werden“, erläutert MARIA BARBARA SCHALLER (GGB mbH). „Wird ein zuvor definierter, kritischer Wert überschritten, sendet das System eine Warnung. Die Daten sind jederzeit online abrufbar.“

Das Sensorsystem besteht aus Faser-Bragg-Gittern (FBGs) – optischen Sensoren, die in ein Glasfaserkabel eingebrennt werden. Bei Bauteilverformungen oder Temperaturänderungen verändert sich die Wellenlänge des reflektierten Lichts, die gemessen und ausgewertet werden kann. Die empfindlichen Glasfaserkabel werden in dem neuen Verfahren auf ein technisches Textil aus Glas oder Kohlefaser aufgesteckt, das mit Kleberharz durchtränkt und auf die Bauteiloberfläche aufgebracht wird. Dadurch wird die FBG-Technik auch in rauer Baustellen- und Industrieumgebung einsetzbar. Im Forschungsvorhaben wurde darüber hinaus die wichtige Frage der Temperaturkompensation vollständig gelöst.