

Medienfassade auf Basis nachwachsender Werkstoffe

Multifunktionale Gebäudehülle aus naturfaserverstärktem Kunststoff und Wellpappenkern

Faser-Kunststoff-Verbunde sind aufgrund ihrer hervorragenden spezifischen Materialeigenschaften ein idealer Werkstoff für Leichtbauanwendungen. Insbesondere Naturfaser-Kunststoff-Verbunde haben Vorteile, die bisher im Bauwesen noch wenig zum Tragen kommen. An dem multifunktionalen Fassadensystem NFK-BioLight wurden diese nun demonstriert.



Die 50 m² große, biobasierte, dreidimensionale Fassade mit integrierten LEDs. Sie ist frei programmierbar und kann Bilder sowie Videos abspielen

(© Silvia Giardino Photography)

Auch im Bauwesen kann Leichtbau die Ressourcen- und Energieeffizienz entscheidend steigern. Eine Gebäudehülle aus effizient genutzten regenerativen Rohstoffen verbessert zudem die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Dabei spart der Einsatz biobasierter Materialien fossile Ressourcen ein und verbessert die Ökobilanz. An der Tech-

nischen Universität Chemnitz wurde gemeinsam mit den ortsansässigen Unternehmen Fiber-Tech Construction GmbH und richter & heiß Verpackungs-Service GmbH aus naturfaserverstärktem Kunststoff (NFK) und Wellpappenkern das multifunktionale Fassadensystem NFK-BioLight entwickelt und als Referenzobjekt umgesetzt.

Neben dem neuen Sandwichverbund aus Naturfasern und biobasiertem Harz, in Kombination mit dem biogenen Kernwerkstoff Wellpappe, ist in den einzelnen Fächern des Pappkerns eine interaktive Beleuchtung integriert. Die LED-Leuchten sind separat ansteuerbar und eignen sich zur medialen Darstellung. Die

nachhaltige Fassade fungiert als großer fugenloser Monitor, der frei programmierbar ist und Bilder sowie Videos abspielen kann. Den Projektpartnern ist es gelungen, das neue Fassadensystem erstmalig an einem Produktionsgebäude einzusetzen, nach dem Design des Chemnitz-er Architekten Mario Friedrich.

Nachhaltiger Sandwichverbund

Sandwichverbunde bestehen in der Regel aus dünnen Deckschichten, die meist schubfest mit einem leichten Sandwichkern verbunden sind. Diese Bauweise ist prädestiniert für Leichtbauanwendungen, da hohe Steifigkeiten und Festigkeiten mit geringem Materialaufwand einhergehen.

Für das neue Fassadensystem NFK-BioLight wurden nachhaltige, biobasierte Werkstoffe nach den Anforderungen an moderne Fassaden als Sandwichverbund kombiniert. So besteht das System aus einer vorderen dreidimensional-geformten Deckschicht mit Beleuchtung, einem Kern und einer hinteren Deckschicht (**Bild 1, links**). Die hintere Deckschicht ist aus Flachfasergeweben und Brandschutzharz aufgebaut. Die vordere gestaltgebende Deckschicht im dreidimensionalen Faltdesign besteht aus Flachfasergeweben und biobasiertem Epoxidharz. Flachfasern (9,7 MJ/kg) zeichnen sich gegenüber Glasfasern (55 MJ/kg) durch einen wesentlich geringeren Energiebedarf bei der Herstellung aus. Soll das Fasadenelement transluzent sein, so können die Flachfasern mit lichtleitenden Glasfasern kombiniert werden. Des Weiteren bestehen die Harzsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen, wobei die zumeist pflanzlichen Grundkomponenten (Soja- oder Leinöl) chemisch zu Epoxiden synthetisiert werden (56% biobasierter Anteil) und damit eine deutlich verringerte Emission und langfristige CO₂-Bindung resultieren.

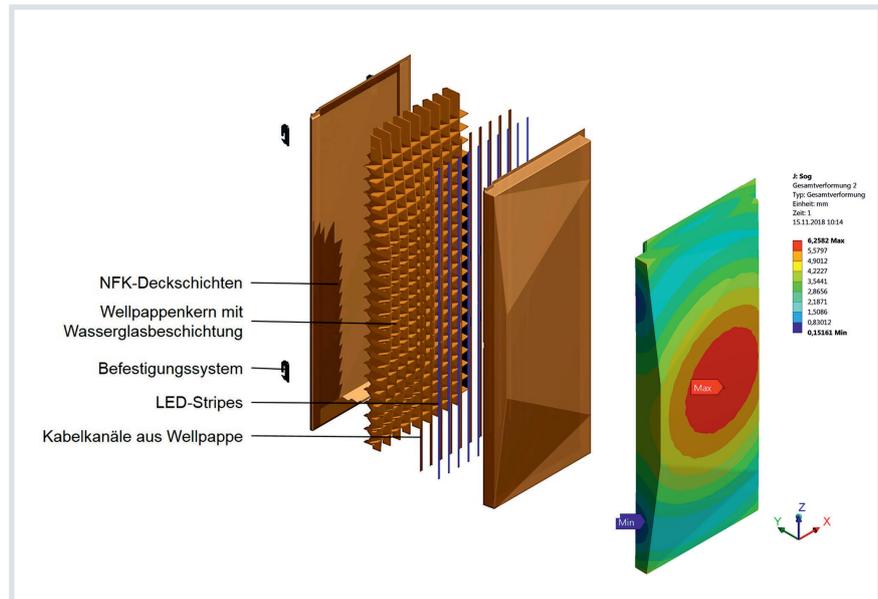


Bild 1. Schematische Darstellung des biobasierten Fassadenmoduls. Links der Aufbau, rechts das Ergebnis der FEM-Analyse zur maximalen Verformung (© TU Chemnitz)

Kernwerkstoff des Sandwichverbundes ist der biogene Werkstoff Wellpappe, der aus recyceltem Material hergestellt wird. Die verwendete zweireihige Wellpappe (BC-Welle) erreicht eine Berstfestigkeit von 2,3 kPa bei 6,9 mm Materialdicke und einem Flächengewicht von 1200 g/m². Aus der Wellpappe werden Gefache mit variablem Abstand hergestellt. Zum Schutz der Wellpappe gegen das Eindringen von Feuchte und zur Beständigkeit gegenüber Feuer kann eine Wasserglas-Beschichtung aufgetragen werden. Um die LED-Beleuchtung zu integrieren und zu positionieren, laufen mittig durch die Gefache Kabelkanäle aus Wellpappe. Im Zuge der statischen Bemessung wurde die maximale Verformung infolge Eigengewichts, Temperaturspannung im Sommer und Windlast im Grenzzustand der Tragfähigkeit bestimmt. Mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) wurde hier eine maximale Durchbiegung von 6 mm berechnet (**Bild 1, rechts**). Somit erfüllt das neue Fassaden-

element die Kriterien an die Durchbiegungsbegrenzung nach [1] für Tragwerke mit hohen Anforderungen.

Materialeigenschaften des biobasierten Sandwichverbundes

Im Rahmen des umfangreichen Versuchsprogramms wurden Zug- und Druckfestigkeiten sowie Steifigkeiten der Komponenten (Lamine, beschichtete Wellpappe) sowie des Verbundes nach DIN EN ISO 527-4 richtungsabhängig ermittelt. Um die Verbundfestigkeit des Sandwichs zu bestimmen, wurden 4-Punkt-Biegeversuche durchgeführt (**Bild 2, links**). Alle Probekörper zeigten ein Schubversagen des Kerns bei lokalem Ablösen der Deckschicht vom Pappenkern (**Bild 2, rechts**). Die mechanischen Kennwerte sind in der **Tabelle** zusammengefasst. Die Dauerhaftigkeit des biobasierten Sandwichs wird maßgeblich von der Wasserabsorption beeinflusst. Um die Feuchteaufnahme der Wellpappe zu reduzieren, wur- ➤



Bild 2. Bestimmung der Schubfestigkeit im 4-Punkt-Biegeversuch (links) und des Schubversagens des Kerns (rechts) (© TU Chemnitz)

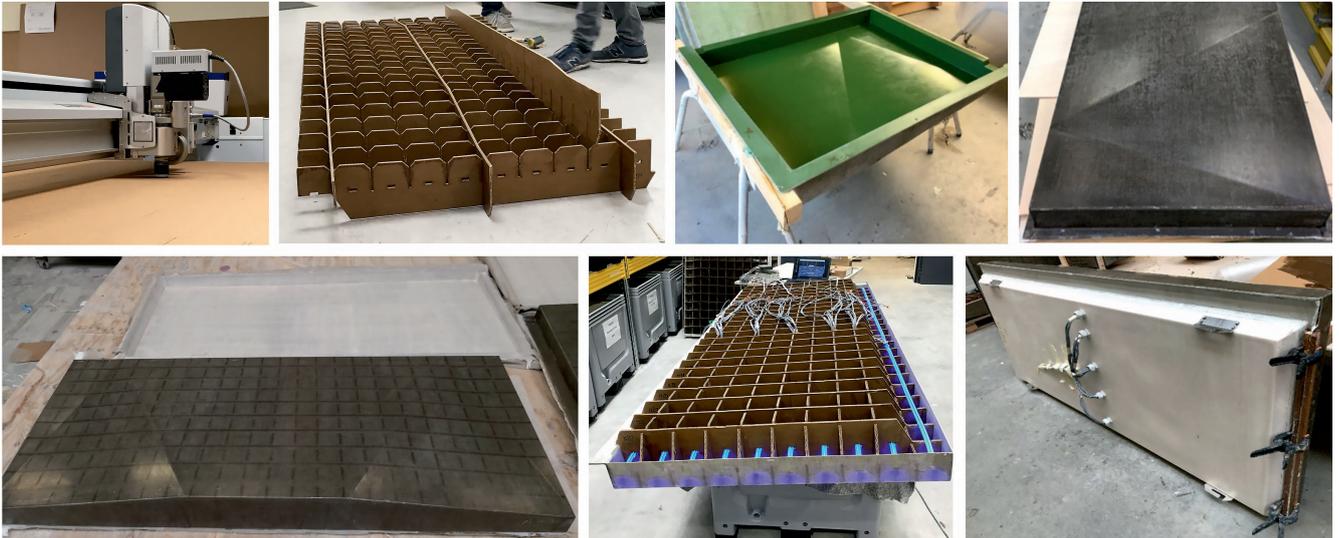


Bild 3. Von links oben nach rechts unten: Zuschnitt der Wellpappen, Stecken der Gefache, Schalungsform des Halbelements, laminierte Vorderschicht, Integration LED, fertiges Element mit Anschlüssen (© TU Chemnitz)

Danksagung und Projektpartner

Dieses Projekt wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gefördert. Die Projektpartner bedanken sich für die Unterstützung. Die Projektpartner waren Dr.-Ing. Matthias Pfalz und Franziska Pfalz von der Fiber-Tech Group, Chemnitz, Hans Ulrich Richter von der richter & heiß Verpackungs-Service GmbH, Chemnitz, sowie Ingo Appelt von der Appelt & Appelt GbR, Chemnitz.

Die Autoren

PD Dr.-Ing. habil. Sandra Gelbrich ist seit 2009 Leiterin des Forschungsbereichs „Leichtbau im Bauwesen“ am Institut für Strukturleichtbau. **Dipl.-Ing. Andreas Ehrlich**, **Dipl.-Ing. Carolin Petzoldt** und **Dipl.-Ing. (FH) Ralf Gliniorz** sind als wissenschaftliche Mitarbeiter ebenfalls dort tätig. Alle vier arbeiten an der Technischen Universität Chemnitz; sandra.gelbrich@mb.tu-chemnitz.de

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-08

den verschiedene Beschichtungssysteme getestet, wobei Natriumwasserglas die besten Werte erzielte. Weiterhin wirkt sich der Verbund mit den Deckschichten (abgeschlossenes Sandwich) positiv auf die Wasseraufnahme aus. Die ermittelte Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 12572 zeigte, dass die Deckschichten als diffusionsdicht eingestuft werden können. Orientierende Brandversuche nach EN 13501–1 „SBI-Test und Brennkasten“ bestimmten die Entflamm- und Brennbarkeit. Im Ergebnis brannte die Probe nach der Beflammung weiter, bis eine Selbstverlöschung eintrat und die Probe nachglühte. Dabei entstand eine Rauchentwicklung; ein brennendes Abtropfen trat nicht auf. Die Klassifikation des Bauteils erfolgte in B-s3-d0. Die damit festgestellte Schwerentflammbarkeit des Sandwichverbundes gestattet den Einsatz in Fassaden analog industriell gefertigter Sandwichelemente mit Metalldeckschichten und Polyurethan-Kern.

Die Bestimmung des Wärmedurchgangs erfolgte mittels Wärmebildkamera. Untersucht wurden die NFK-BioLight-Elemente ohne und mit unterschiedlichen Dämmmaterialien im Verbund. Analog zur Positionierung im Bauwerk sind die Proben in einem Prüfstand eingebaut und an der äußeren Probenseite mit zwei IR-Strahlern (2000W) bestrahlt worden. Gleichzeitig wurden Temperatur sowie Temperaturgradient auf der Vorder- und Rückseite gemessen. Die Auswertung der Messwerte beruht auf der Ermittlung des Wärmedurchgangs (U-Wert) nach DIN EN

ISO 6946. Im Ergebnis erreichten die NFK-BioLight-Elemente ohne Wärmedämmung einen U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Mit Steinwolleddämmung ($d = 5 \text{ cm}$) verringerte sich der Wärmedurchgang auf $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Damit werden die Anforderungen der EnEV [2] erfüllt. Das erlaubt den Einsatz der NFK-BioLight-Fassade an Industriegebäuden. Mit einer ökologischen Holzfaserdämmung reduzierte sich der U-Wert weiter. Da jedoch Holzfaserdämmung im Vergleich zu Steinwolle (Brandklasse A1) nur eine Brandklasse E nach EN 13501–1 erzielt, ist der Einsatz bei Fassaden ausgeschlossen. Hier gibt es weiteren Forschungsbedarf.

Eigenschaft	Wert
MW Zugmodul, Innenseite	6040 MPa
X_p Bruchspannung, Innenseite	40,5 MPa
MW Zugmodul, Außenseite	5652 MPa
X_p Bruchspannung, Außenseite	58,7 MPa
MW Zugmodul, Wellpappe längs	810 MPa
X_p Bruchspannung, Wellpappe längs	3,7 MPa
MW Bruchdehnung, längs	2,8 %
MW Schubmodul Sandwich	9,0 MPa
Brandverhalten Sandwich	B – s3, d0
Wasserdampfdiffusion	Klasse III, diffusionsdicht

$X_p = 5\%$ -Quantil, MW = arithmetischer Mittelwert

Tabelle. Übersicht zu den Materialeigenschaften des biobasierten Sandwichverbundes (ausführlich in [3]) (© TU Chemnitz)

Referenzobjekt: Medienfassade aus Naturfaserverbund

Zur Überführung der Entwicklung in die Praxis wurde die neue Produktionshalle des Projektpartners richter & heiß Verpackungs-Service in Chemnitz mit der Referenzfassade ausgestattet. Hierfür wurde ein Bereich von etwa 50 m² der Standard-Fassade ausgespart und mit der entwickelten NFK-BioLight-Elementfassade versehen. Dafür wurden zwei verschiedene Einzelelemente mit Flächen von 1,2 m² und 2,4 m² konstruiert, die halbseitig versetzt angeordnet wurden. Die gesamte Medienfassade ist aus 25 Einzelbauteilen aufgebaut. Ziel des Chemnitzer Architekten Mario Friedrich (fried.A) war es, eine Struktur zu entwerfen, die in Farbe und Form die im Unternehmen genutzten Werkstoffe aufgreift und auch die Baustoffe der Fassade in ihrer Stofflichkeit zeigt.

Alle Fassadenmodule sind modell- und fertigungstechnisch gleicher Art, wodurch der Herstellungsaufwand erheblich reduziert wurde, da alle Elemente mit nur drei Schalungsformen gefertigt werden können. Nach der Herstellung der individuellen Schalungen erfolgten: die automatisierte Konfektionierung, Beschichtung und danach das Stecken der Wellpappenkerne. Im Anschluss wurden die dreidimensional-geformten Deckschichten im Laminierverfahren gefertigt und die beschichteten Wellpappenkerne durch Nass-in-Nass-Verfahren in das Deckschichtlaminat eingebracht. Nach der Entformung sind die LED-Streifen in das Pappgefache integriert und danach kontaktiert worden. Darauf folgend wurden die Rückwände der Fassadenelemente in den entsprechenden Schalungsformen im Laminierverfahren hergestellt und anschließend im noch un- ausgehärteten Zustand mit den vorderen 3D-geformten Deckschichten verbunden. Dabei wird durch Aushärtung der duroplastischen Matrix eine schubsteife Verbindung der inneren Deckschicht mit dem Wellpappenkern erreicht (Bild 3).

Nach der Herstellung erfolgte die Montage und Inbetriebnahme der NFK-BioLight-Fassade am Referenzgebäude (Bild 4). Highlight neben der ressourcenschonenden Verwendung der Materialien sowie deren Produktion ist die integrative Beleuchtung. So etwa können die aneinandergereihten Fassadenelemente



Bild 4. Nachdem die Fassade die Kriterien für „Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen“ sowie der Energieeinsparverordnung erfüllt hatte, folgte der Praxistest. Das Bild zeigt die dreidimensionalen Elemente unbeleuchtet (© Silvia Giardino Photography)



Bild 5. 14400 LEDs machen die nachhaltige Gebäudehülle zur Medienfassade. Umgesetzt wurde dies an der Produktionshalle eines Projektpartners (© Silvia Giardino Photography)

individuell beleuchtet werden. Aufgrund der Transluzenz der Deckschicht dringt das Licht der LEDs im Gefache nach außen. Die Struktur des Wellpappenkerns als Gefache führt dabei zu einem beleuchteten Raster mit einer Auflösung von 100 x 48 Pixeln, worauf Grafiken und Informationen dargestellt werden können (Bild 5). Insgesamt wurden 15 Controller zur intelligenten Steuerung der 14400 LEDs eingebaut. Sie generieren größtmögliche mediale Beleuchtungseffekte bei geringem Energieverbrauch. Die Integration und Programmierung der Beleuchtung für das gesamte Referenzobjekt übernahm die Firma Appelt & Appelt.

Ausblick

Mit der Entwicklung und praktischen Umsetzung des neuen Fassadensystems NFK-BioLight konnte gezeigt werden,

dass Naturfaser-Kunststoff-Verbunde für funktionsintegrierte Tragstrukturen im Bauwesen geeignet sind. Bezogen auf die Gesamtfassade wurde ein biobasierter Anteil von etwa 50 % erreicht. Gelingt der Einsatz eines ökologischen Dämmsystems, so kann dieser Anteil wesentlich gesteigert werden. Neben einem hohen biobasierten Anteil fällt ein reduzierter Energieverbrauch zur Herstellung der Werkstoffe im Vergleich zu traditionellen Fassadenelementen ins Gewicht. Dabei kann insbesondere durch den Ersatz von petrochemischem Epoxidharz mit biobasiertem Epoxidharz die CO₂-Bilanz um über 56 % reduziert werden.

Eine gezielte Weiterentwicklung des multifunktionalen Fassadensystems wird angestrebt. Dabei sollen der biobasierte Anteil erhöht sowie grundlegende Systemvarianten erarbeitet und weitere Funktionen integriert werden. ■