



In transparente Kunststoffe eingebettete Weidenfäden bieten interessante Optionen beim Spiel mit Licht und Schatten, nicht nur bei Fassadenelementen. © FBKE

Fassadenelemente aus Weidenfasern und Polypropylen

Holzdesign trifft Kunststofftechnik

Werkstoffverbunde aus Holzgeweben in einer thermoplastischen Matrix verbinden die Idee des textilen Holzbaus mit der Faserverbundtechnologie. In einem Projekt wurden Fassadenelemente aus solchen Wood Textile Composites hergestellt. Dabei spielte neben den mechanischen Anforderungen auch die gestalterische Seite und die Akzeptanz der zukünftigen Nutzer eine wichtige Rolle.

Die Materialauswahl für die Fassade eines Gebäudes basiert auf den verschiedenen bautechnischen und gestalterischen Anforderungen, die an die Gebäudehülle gestellt werden. Dabei kommt es, neben den mechanischen Eigenschaften des gewählten Materials, auch auf die Außenwirkung an. Außerdem hat die Transparenz der Fassade unter anderem Auswirkungen auf das Wohnklima im Innere des Gebäudes und somit auf das Wohlbefinden der Bewohner. Mit einem Werkstoff, der durch vergleichsweise einfache Eingriffe im

frühen Herstellungsprozess in seiner Lichtdurchlässigkeit beziehungsweise Opazität variiert werden kann, lassen sich unterschiedliche bautechnische und gestalterische Anforderungen an eine Gebäudehülle elegant lösen.

Das Institut für Werkstofftechnik, Kunststofftechnik (IfWK) und die Forschungsplattform Bau Kunst Erfinden (FBKE), beide von der Universität Kassel, entwickeln gegenwärtig für vorgehängte, hinterlüftete Fassaden (VHF) einen solchen variablen Werkstoffverbund (Projektname: „Voto – Weidengewebever-

stärkter Kunststoff mit variabler Gewebedichte für Fassadenelemente im textilen Holzbau“). Zentraler Bestandteil des Projekts sind Gewebe aus dem Holz der Amerikanerweide (*Salix americana*), die in eine Matrix aus Polypropylen (PP) eingebettet und in einem Heißkompaktierprozess zu Wood Textile Composites (WTC) verarbeitet werden (Bild 1). Die Besonderheit von WTC besteht darin, dass sich die Lichtdurchlässigkeit des Werkstoffverbunds durch verschiedene Webarten sowie unterschiedliche Fadenabstände im Gewebe gezielt steuern



Bild 1. Für die hergestellten WTC kommt das Holz der Amerikanerweide zum Einsatz © IfWK

lässt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, verschiedene Opazitäten und Erscheinungsbilder der Fassade sowie Variationen der dahinterliegenden Raumatmosphäre zu erzeugen. Die geplante Anwendung bereitet jedoch auch Herausforderungen. Diese betreffen neben der Prozessführung im Rahmen der Herstellung und der mechanischen Belastbarkeit insbesondere auch die Beständigkeit gegenüber Witterungseinflüssen.

Wood Textile Composites aus Weidenfäden

Die quasi-endlosen Weidenfäden, aus denen die im Projekt verwendeten Gewebe bestehen, werden durch Bearbeitung von gespaltenen Weidenruten erzeugt. Diese Methode, die traditionell aus dem Korbmacherhandwerk stammt, wurde dafür optimiert. Dafür kommen speziell für diesen Zweck angepassten Holzbearbeitungsmaschinen zum Einsatz. Mit diesen werden die zu Holzstreifen gespaltenen Ruten so bearbeitet, dass sie eine kontinuierliche Breite von 4 mm und eine Dicke von 1 mm über eine Länge von 1,20 m aufweisen. Diese flexiblen Fäden werden an den Enden geschäftet und durch eine an den kleinen Querschnitt angepasste Methode zu quasi-endlosen Holzfäden verarbeitet. In dieser Form lassen sie sich auf einem Webstuhl, der speziell für die Verarbeitung von Weidenstreifen zu Geweben umgebaut wurde, zu den im Projekt entwickelten Geweben verarbeiten (**Bild 2**).

Die Herstellung der WTC erfolgt im Heißkompaktierprozess mit einer Präzisionsheißpresse vom Typ LAP 80 der Firma

Gottfried Joos Maschinenfabrik (**Bild 3**). Die verwendete Heißpresse bietet unter anderem die Möglichkeit, den Prozess druckgeregelt zu steuern, wodurch insbesondere die druckempfindlichen Weidengewebe geschont werden. Das PP für die Matrix (Typ: PP 575 P, Hersteller: Sabic) wurde mittels einer Flachfolienanlage (Typ: Chill Roll CR 136/350, Hersteller: Collin Lab & Pilot Solutions) und Breitschlitzdüse zu Folien mit einer Dicke von 0,1 mm verarbeitet. Die Kunststofffolien werden in mehreren Schich-

ten um und zwischen die beiden verwendeten Weidenholzgewebe gestapelt. Für die Bereiche des Werkstoffverbunds, bei denen der thermoplastische Kunststoff direkt an das Holz anschließt, wird zudem mit 5 Gew.-% ein Haftvermittler auf Basis von Maleinsäureanhydrid (Typ: Licocene PP MA 6452, Hersteller: Clarisant) in die Folien eingearbeitet. Der Heißkompaktiervorgang erfolgt bei einer maximalen Temperatur von 180 °C sowie einer maximalen Presskraft von 0,32 N.

Das Auge entscheidet mit

Wie erwähnt, spielt die Materialwahrnehmung durch den Betrachter beim Einsatz als Fassadenelement eine sehr wichtige Rolle. Deshalb wurde am IfWK eine humansensorische Studie zur sowohl optischen als auch haptischen Materialwahrnehmung von WTC durchgeführt. Das erfolgte im Rahmen einer institutsinternen Abfrage, wobei den teilnehmenden Probanden jeweils WTC-Platten mit einer Größe von 15 cmx20 m vorgelegt wurden. Bei den Platten handelte es sich um Varianten aus zwei in eine PP-Matrix eingebetteten, dichten Geweben (**Bild 1**). Die Materialpräsentation erfolgte automatisiert. Die Platten wurden dem Be-

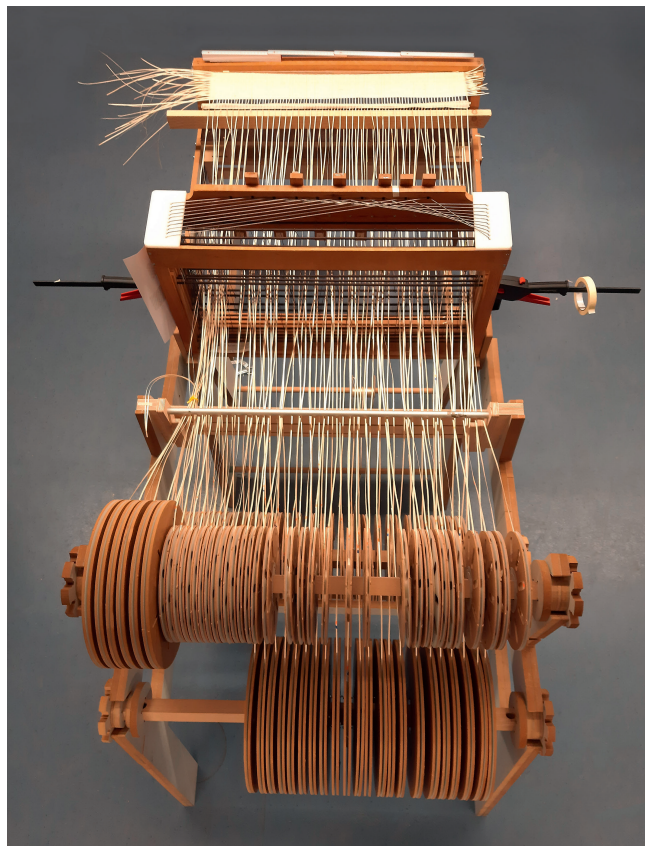


Bild 2. Für die Verarbeitung von Weidenfäden zu Geweben wurde ein Webstuhl entsprechend umgebaut. © FBKE

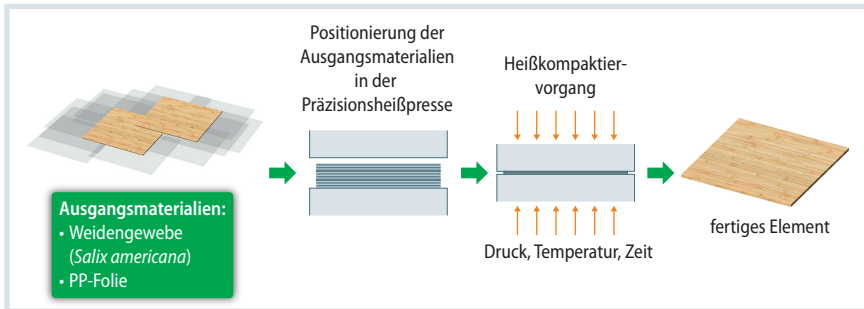
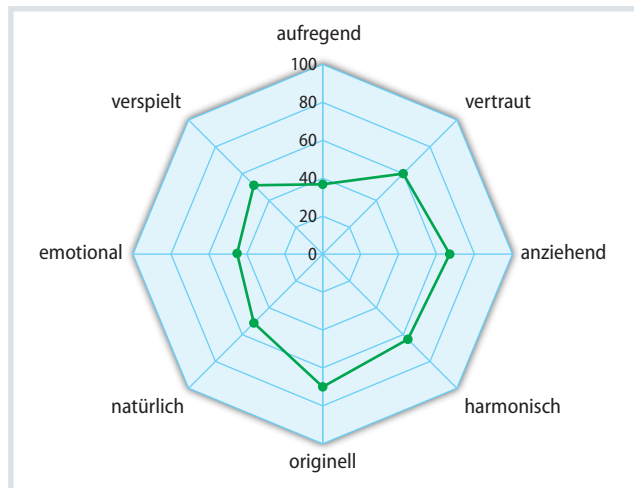


Bild 3. Im Heißkompaktierverfahren werden mehrere Lagen der PP-Folie mit den Weidengeweben verbunden. Quelle: XXXXXXXXXX; Grafik: © Hanser

Bild 4. Ergebnisse der humansensorischen Analyse: Die WTC werden besonders als originell, harmonisch und anziehend betrachtet. Quelle: XXXXXXXXXX; Grafik: © Hanser



trachter unter standardisierten Lichtbedingungen durch einen Roboter vorgelegt.

Abgefragt wurde dabei, im Hinblick auf die geplante Anwendung als Fassadenelement, insbesondere die emotionale Wahrnehmung der WTC. Die Bewertung zeigte, dass dem Werkstoffverbund WTC durch die befragten Personen durchweg positive emotionale Eigenschaften zugeordnet wurden (**Bild 4**). Aufgrund der Resonanz der Studienteilnehmer auf den Werkstoff spricht somit aus Designsicht nichts gegen den geplanten Einsatz als Fassadenelement oder in anderen sichtbaren Bereichen.

Wie widerstandsfähig sind die Composites?

Außerdem wurde das Material verschiedenen Umgebungsbedingungen ausgesetzt und bewittert. Im Anschluss erfolgte eine rein optische Begutachtung der Prüfkörper bei Tageslicht. Diese ergab keine sichtbaren Unterschiede zwischen den Prüfkörpern, die darrgetrocknet und gefroren waren sowie den Prüfkörpern, die in Norm- und Tropenklima gelagert wurde. Die wassergelagerten Proben

wiesen eine deutliche Verdunklung am Rand der Prüfkörper auf. Das zeigt, dass über die an den Stirnseiten freiliegenden Weidenfäden Wasser in den Werkstoffverbund eingedrungen ist. Die deutlichste Veränderung zeigten die bewitterten Proben. Der umgebende Kunststoff wies bei diesen eine milchige und spröde Erscheinung auf. Die Struktur der Weidengewebe war deshalb kaum noch sichtbar. Dort wo die Weidengewebe aufgrund von Fehlstellen in der Matrix sichtbar waren, konnte zudem eine deutliche Vergrauung des Holzes festgestellt werden. Der Einfluss von UV-Strah-

lung in Verbindung mit Wasser auf sowohl Holz als auch PP zeigt sich somit bereits bei nicht standardisierten Lichtbedingungen (**Bild 5**) [1 - 3]. Zudem kam es sowohl bei den wassergelagerten, als auch bei den bewitterten Prüfkörpern zu einer teilweisen Ablösung der PP-Matrix von den Weidenfäden.

Mittels Farbspektroskopie ist die Darstellung einer Farbe unter standardisierten Lichtbedingungen im $L^*a^*b^*$ -Farbraum möglich. Damit wurde die Farbabweichung (ΔE) der konditionierten Proben in Bezug auf eine Normklima-Probe untersucht (**Bild 6**). Während die bei Frost und Tropenklima konditionierten Prüfkörper erwartungsgemäß wenig Abweichungen vom Normklima zeigen, ist die Farbabweichung der darrgetrockneten Proben größer, als zuvor durch die rein optische Kontrolle angenommen. Die bewitterten Prüfkörper zeigen die erwartete deutliche Abweichung. Diese ist jedoch nicht wie bei den anderen Prüfkörpern hauptsächlich auf eine Veränderung der Holzfarbe, sondern auch auf die witterungsbedingte Schädigung des PP zurückzuführen [4]. Auch die Farbabweichung bei den wassergelagerten Proben ist deutlich sichtbar.

Feuchtigkeit beeinflusst die Schlagzähigkeit

Untersucht wurde außerdem, wie sich Feuchtigkeit auf die mechanischen Eigenschaften der WTC auswirkt. Dazu wurde nach der Konditionierung zunächst die jeweilige Feuchtigkeit der Prüfkörper ermittelt und im Anschluss Schlagbiegeversuche durchgeführt (**Bild 7**). Auffällig ist dabei, dass die Schlagzähigkeit der Proben, mit Ausnahme der bewitterten, parallel zur zunehmenden Feuchtigkeit im Werkstoff ansteigt. Die



Bild 5. WTC-Prüfkörper nach Konditionierung: Im Vergleich zum Normklima-Probekörper (links) zeigt sich bei Wasserlagerung eine Verfärbung am Rand des Körpers (mitte). Durch Bewitterung (rechts) wird die Kunststoffmatrix beschädigt und vergraut. Auch die Weidenfasern weisen Farbveränderungen und Schäden auf. © ifWK

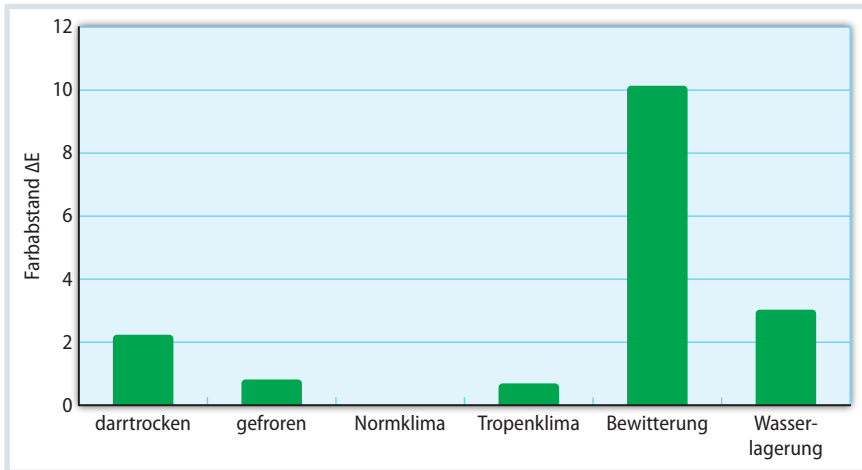


Bild 6. Farbabstand der verschiedenen konditionierten Proben bezogen auf die Farbe bei Normklima: Die größte Farbabweichung ist bei der bewitterten Probe festzustellen. Bei den verschiedenen Trockenverfahren kommt es bei der Darrtrocknung zur größten Abweichung.

Quelle: XXXXXXXXXX; Grafik: © Hanser

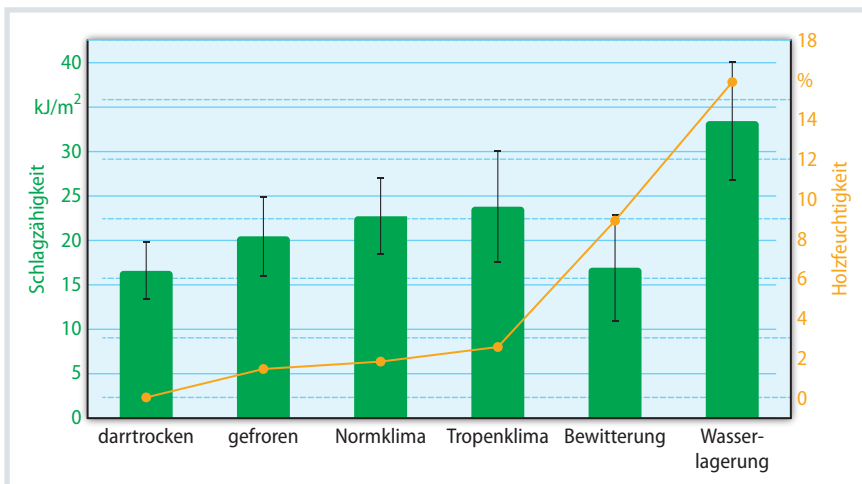


Bild 7. Feuchtigkeit und Schlagzähigkeit der konditionierten Prüfkörper: Die Schlagzähigkeit nimmt besonders nach der Wasserlagerung deutlich zu. Quelle: XXXXXXXXXX; Grafik: © Hanser

niedrigste Schlagzähigkeit der WTC zeigt sich bei den darrgetrockneten Proben. Am höchsten ist sie bei den wassergelagerten Proben. Bei diesen ist zu beachten, dass es innerhalb der vierundzwanzigstündigen Lagerung nicht zur Fasersättigung des Holzes kam. Die Wasseraufnahme wurde offensichtlich durch den umgebenden Kunststoff behindert und trat erst nach 120 h auf [5].

Die Analysen zeigen, dass die Trocknung der Prüfkörper, unabhängig davon ob diese bei erhöhter Temperatur oder bei Frost stattfindet, zu einer Versprödung des Werkstoffverbunds führt. Zunehmende Feuchtigkeit hingegen erhöht die Duktilität [6]. Eine Ausnahme bildet in diesem Punkt der bewitterte Werkstoffverbund. Trotz zunehmender Feuchtigkeit zeigt er ein eher sprödes

Werkstoffverhalten. Dieses ist auf die deutliche Schädigung sowohl der PP-Matrix als auch des darin eingebetteten Holzes durch die Bewitterung zurückzuführen.

Fazit und Ausblick

Das erste Teilziel des Projekts Voto, die Herstellung eines Werkstoffverbunds, der bei konstanten und angepassten Prozessbedingungen reproduzierbare Ergebnisse zeigt, konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Schäden an den WTC, die durch den Heißkompaktierprozess entstehen können, wurden dabei jedoch bisher nur rein optisch begutachtet. Um die Schäden genauer zu detektieren, sollen zukünftig Micro-Computer-Tomografie (μ CT) und Mikroskopie als bildge-

bende Analyseverfahren zum Einsatz kommen. Zudem konnte gezeigt werden, dass WTC erwartungsgemäß nicht witterungsstabil sind und sowohl konstruktiver Schutz offener Holzanteile als auch die Zugabe von Additiven wie UV-Stabilisatoren zur Matrix notwendig sind. Die Anforderungen an VHF erfordern eine tiefgehende mechanische Analyse, wobei auch Faktoren wie der Brandschutz und die Witterung zu berücksichtigen sind. Beide Faktoren werden im weiteren Projektverlauf ausführlich untersucht. Eine dahingehende Additivierung der Matrix ist ebenfalls Teil des Projekts.

Aus Sicht des Designs werden im Projekt verschiedene Ansätze verfolgt. Sie zielen darauf ab, durch verschiedene Webarten unterschiedliche, auf die Bedürfnisse des Verbrauchers zugeschnittene Lichteffekte zu erzeugen und damit die Variabilität des Werkstoffverbunds auszuschöpfen. Die humansensorische Studie zeigte jedoch, dass der Werkstoff hinsichtlich seines Designs bereits in der vorgestellten Grundversion überzeugen konnte. ■

Info

Text

Claudia von Boyneburgk, M.Sc., ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Werkstofftechnik, Kunststofftechnik (IfWK) der Universität Kassel.

Dipl.-Des. Steffi Silbermann arbeitet als künstlerische Mitarbeiterin an der Forschungsplattform Bau Kunst Erfinden (FBKE) der Universität Kassel.

Leander Schweiger, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IfWK.

Prof. Heike Klusmann forscht an der FBKE.

Prof. Hans-Peter Heim leitet den Bereich Kunststofftechnik am IfWK.

Dank

Das Projekt Voto wird im Rahmen der AIF-IGF unter der Fördernummer 21712 N durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv