UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

Auskunft:

M.Sc. Sebastián Andrés López
Hölderlinstraße 3
57076 Siegen
Telefon +49 271 740-4995
Telefax +49 271 740-12891
andres-lopez@architektur.uni-siegen.de
www.architektur.uni-siegen.de/tragkonstruktion

Zukunft Bau | SWD-10.08.18.7-14.32
Entwicklung von Verbundtafeln aus innovativem Dünnglas und Polycarbonat

Kurzbericht

Forschungseinrichtung	Universität Siegen Fakultät II Lehrstuhl für Tragkonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar 57068 Siegen T +49 271 740-5072 F +49 271 740-12891 E tragkonstruktion@architektur.uni-siegen.de
Unternehmen	SiLATEC Sicherheits- und Laminatglastechnik GmbH Dipl.-Ing. (FH) Christoph Hahn Bürgermeister-Graf-Ring 18 82538 Gelting T +49 8171 9281-0 F +49 8171 9281-20 E info@silatec.de

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2017
Projektkosten	408.485,66 Euro
Projektzuschuss	198.830,45 Euro

UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

Ausgangslage

Der Baustoff Glas wird mit Modernität und Leichtigkeit assoziiert. Bei größeren Verglasungen in der Fassade wachsen die Anforderungen an Sicherheit und Wärmeschutz. Monoglas erfüllt diese hohen Anforderungen häufig nicht mehr. Eine Weiterverarbeitung zu Verbundglas ist notwendig. Ein Verbund von sprödem Dünnglas mit duktilem Polycarbonat führt zu neuartigen Verbundtafeln und bietet eine Alternative zu konventionellem Verbundsicherheitsglas.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

In einem ersten Schritt sind die Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten an eine Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel beschrieben. Anschließend folgt auf technischer und wirtschaftlicher Grundlage eine Materialauswahl für die Einzelkomponenten. Eine Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel besteht aus zwei äußeren Dünnglastafeln und mindestens einer inneren Polycarbonattafel verbunden mit einer polymeren Zwischenschicht. Als Zwischenschicht wird ein thermoplastisches Polyurethan von SiLATEC Sicherheits- und Laminatglastechnik GmbH verwendet. Das Polycarbonat Lexan™ 9030 ist von Sabic Deutschland GmbH. Als Dünnglas wird das Floatglas Optiwhite™ von Pilkington Deutschland AG mit einer Nenndicke von 2,00 mm sowie das chemisch vorgespannte Dünnglas Leoflex™ von Asahi Glass Co., Ltd. mit einer Nenndicke von 0,85 mm untersucht. Der Verbund des schlagzähen und duktilen Polycarbonats mit dem harten und spröden Dünnglas ermöglicht eine Anwendung als Verbundsicherheitsglas sowie als Sicherheitssonderverglasung unter Berücksichtigung der aktiven und passiven Sicherheit von Verglasungen. Bild 1 zeigt eine Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Leoflex.

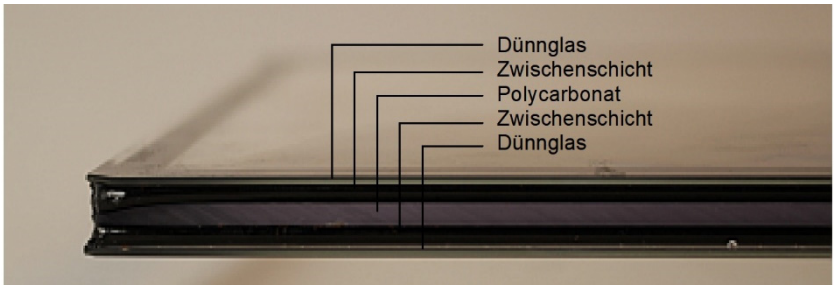

Bild 1 Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel bestehend aus 2 x 0,85 mm Dünnglas, 2 x 2,00 mm Zwischenschicht und 2,00 mm Polycarbonat.

In einem zweiten Schritt werden physikalische, optische und mechanische Eigenschaften der Verbundtafel bestimmt. Daraus ergeben sich Aussagen zum Querschnittsaufbau für unterschiedliche Beanspruchungen. Experimentelle Prüfungen zeigen für den Haftverbund im Kugelfallversuch einen geringen Splitterabgang. Verbundtafeln mit dem Dünnglas Optiwhite brechen auf beiden Seiten, Verbundtafeln mit dem Dünnglas Leoflex lediglich auf der Angriffsseite. Bild 2 zeigt

UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

das Bruchbild der Angriffsseite einer Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Leoflex.

Bild 2 Bruchbild der oberen Glastafel einer zerstörten Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Leoflex nach dem Kugelfallversuch.

Die Untersuchungen zur klimatischen Beständigkeit mit der Prüfung bei hoher Temperatur, der Prüfung in der Feuchte und der Bestrahlungsprüfung von den Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafeln weisen im Querschnitt keine Blasen, Delamination oder Trübung auf. Die Prüfung mit der Axt zum Widerstand gegen manuellen Angriff zeigt eine Optimierung von Verbundsicherheitsglas mit einer Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel in Hinblick auf die Sicherheit. Die Klassifizierung als durchbruchhemmende Verglasung mit der höchsten Widerstandsklasse P8B erreicht das Laminat mit dem Dünnglas Optiwhite mit einer Gesamtdicke von nur 20,0 mm. Das Dünnglas Leoflex im Verbund reduziert die Gesamtdicke einer Verglasung mit dieser Widerstandsklasse auf 17,7 mm. Die Prüfung mit der Axt an einer Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Optiwhite ist in Bild 3 abgebildet.

UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

Bild 3 Prüfung mit der Axt zum Nachweis der Angriffhemmung für eine Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Optiwhite.

Die Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafeln zeigen durch die niedrigere Wärmeleitfähigkeit der beiden Polymere aus Polycarbonat und Polyurethan einen verbesserten Wärmeschutz im Vergleich zu konventionellen Verglasungen. Zusätzlich ist eine hohe Transmission im sichtbaren Spektralbereich gegeben und der erforderliche Schutz des Polycarbonats vor ultravioletter Strahlung durch die Zwischenschicht aus Polyurethan sichergestellt. Der Wärmedurchgangskoeffizient der Verbundtafeln ist im Vergleich zu Glas und Polycarbonat in Bild 4 dargestellt.

UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

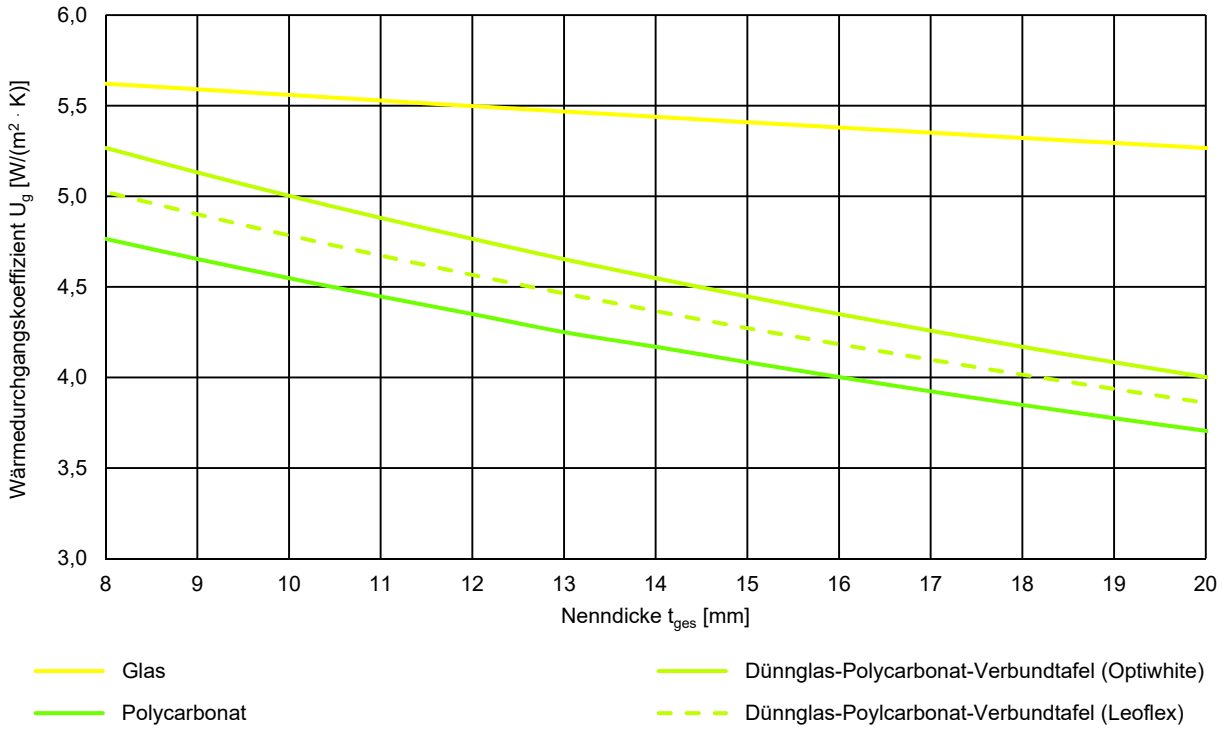

Bild 4 Wärmedurchgangskoeffizient als U_G-Wert in Abhängigkeit der Gesamtdicke für die Dünnglas-Polycarbonat-Verbrundtafeln im Vergleich zu Glas und Polycarbonat.

In Anlehnung an das Vierschneiden-Verfahren zur Bestimmung der Festigkeit von Flachglas werden die Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafeln hinsichtlich des Schubverbundes untersucht. Dadurch ergeben sich Rückschlüsse auf das Trag- und Resttragverhalten sowie der Schubübertragung des Laminats. Bild 5 zeigt eine Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel während der Untersuchung des Tragverhaltens. Geometrisch nichtlineare Berechnungen im Rahmen numerischer Untersuchungen mit dem Programm SJ Mepla 4.0.6 beschreiben die beiden Grenzfälle »kein Verbund« und »voller Verbund«. Der »teilweise Verbund« wird an Prüfkörpern untersucht. Bei den dünnen Verglasungen treten unter geringer Last von 300 N bereits große Verformungen auf. Ein nichtlineares Tragverhalten mit günstig wirkenden Querspannungen stellt sich ein. Die Biegesteifigkeit der Polycarbonattafel in Verbindung mit den Glasbruchstücken in der Druckzone gewährleistet ein ausreichendes Resttragverhalten der Verbundtafeln im zerstörten Zustand der Glastafeln.

UNIVERSITÄT SIEGEN

Fakultät II
Lehrstuhl für Tragkonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thorsten Weimar

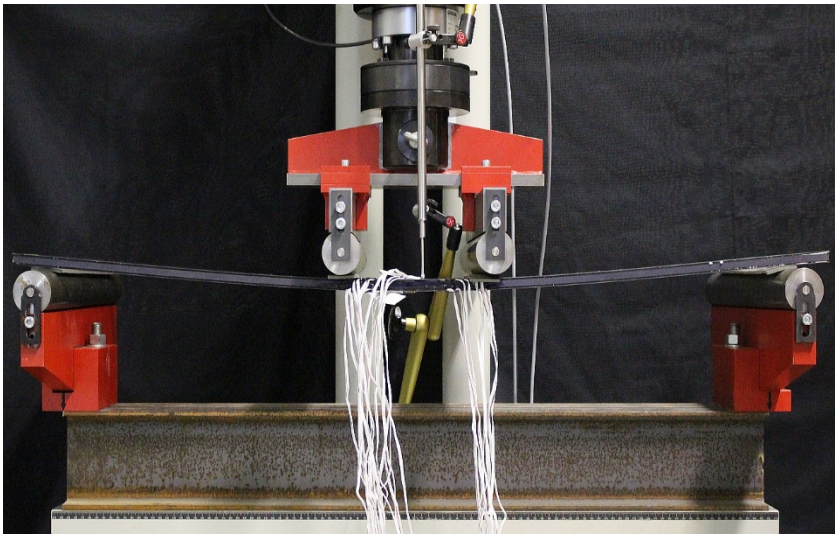

Bild 5 Prüfung zum Tragverhalten der Dünnglas-Polycarbonat-Verbundtafel mit dem Dünnglas Leoflex.

Fazit

Die Ergebnisse zur Entwicklung von Verbundtafeln aus innovativem Dünnglas und Polycarbonat ermöglichen die Herstellung eines neuartigen Verbundwerkstoffes mit einem breiten Anwendungskatalog. Als Sicherheitssonderverglasungen sind die Laminate um bis zu 40 % leichter und um bis zu 70 % schlanker als konventionelle Glasverbunde. Entsprechende Untersuchungen der Beständigkeit sind erfolgreich abgeschlossen. Das Tragverhalten des Laminats zeigt mit steigender Polycarbonatdicke eine verminderte Beteiligung des Dünnglases. Die Resttragfähigkeit im planmäßig zerstörten Zustand der Glastafeln ist mit dem duktilen Polycarbonat und einer Verzahnung der Glasbruchstücke in der Druckzone gewährleistet.