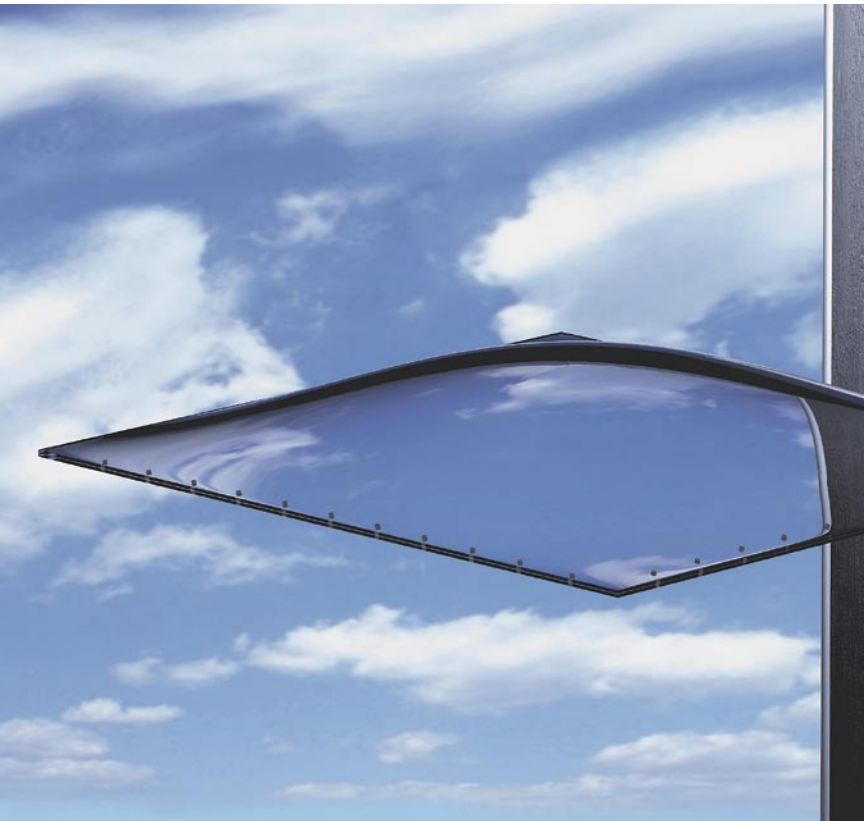


Konstruktiver Randverbund für Verbundsicherheitsglas

Neue Perspektiven

DER KONSTRUKTIVE RANDVERBUND FÜR Verbundsicherheitsglas (VSG) wird an der Bergischen Universität Wuppertal erforscht. Nachfolgend ein Auszug aus den neuesten Forschungsergebnissen.



bessert werden, wenn am Rand der Scheibe ein schubfestes Element angebracht wird. Dabei entspricht die Wirkung des Verbundes einem so genannten mittleren Verbund (Bild 1b). Die Wirkung liegt dabei zwischen keinem Verbund, sprich dem Tragverhalten zweier Einzelscheiben und dem vollen Verbund (Bild 1c), welcher der Steifigkeit einer monolithischen Scheibe entspricht. Bereits eine sehr geringe Schubfestigkeit des Elements hat einen merklichen Einfluss auf die Krümmung und die Spannungen in der Scheibe.

Spannung und Durchbiegen werden bei niedriger Schubfestigkeit reduziert

Dieser Zusammenhang wird in Bild 2 dargestellt. Während die Durchbiegung W_f und Zugspannung δf in der Feldmitte bei steigender Schubfestigkeit G , einen minimalen Wert zeigt, bewegt sich die Zugspannung δe in Elementnähe hin zu einem maximalen Wert. Schon bei einer niedrigen Schubfestigkeit, z. B. 30 N/mm^2 , wird die Spannung und ein Durchbiegen deutlich reduziert. Wo hingegen die Spannungen in Elementnähe deutlich ansteigen.

Die dem Schnittpunkt S der beiden Kurven entsprechende Schubfestigkeit, stellt somit ein Optimum für das Element dar. Die Elemente können punktuell in Bohrungen oder linienförmig in Fugen eingelegt werden. Da das Element sichtbar ist, wird eine randnahe Konstruktion angestrebt, die vom Rahmen überdeckt werden kann.

Schub in den Randelementen ist bei großen Verformungen deutlich höher

Der vom Element übertragene Schub ist neben der Scheibendicke, ihrer Spannweite und Belastung von der Verteilung der Elemente abhängig. Bei umlaufenden Elementen entwickelt sich ein Maximalwert in Randmitte, wobei die Schubkraft zu den Ecken hin wesentlich geringer wird (Bild 3a). Werden die Elemente in den Ecken ausgespart und ausschließlich im Randbereich eingebracht, führt das zu einer gleichmäßigeren Belastung der Elemente (Bild 3b).

Bleiben die Verformungen, zur Spannweite hin, relativ gering, wird die maximale Zugspannung um wenige Prozentpunkte erhöht. Eine annähernd gleichmäßige Schubbelastung in den Elementen wird bei etwa 70 % Randverbund erreicht. Bei großen Verformungen oder relativ geringen Stützweiten wird der Schub in den Randelementen deutlich größer als im Feld.

Da das Kanten-Schub-Verbundglas (KSG) unabhängig von den Eigenschaften der Folien ist, kann die Verbundwirkung mit herkömmlichen Methoden berechnet werden. Der Verbund im Randbereich ermöglicht auch das Einprägen von Krümmung in die Verbundglasscheibe. Dafür werden die

Die Schubfestigkeit der PVB-Folie bestimmt das Tragverhalten einer Verbundglasscheibe. Bei langen Belastungszeiten beziehungsweise höheren Temperaturen „fließen“ die Folien, während bei kurz einwirkenden Lasten eine Verbundtragwirkung messbar ist. Das bedeutet, dass sich die Scheiben, insbesondere die Scheibenkanten, gegeneinander verschieben.

Deshalb darf nach der TRLV ein günstig wirkender Schubverbund bei Verbundsicherheitsglas (VSG) nicht berücksichtigt werden. In ihrem Tragverhalten werden die Scheiben also wie Einzelscheiben betrachtet (Bild 1a). Dieses kann erheblich ver-

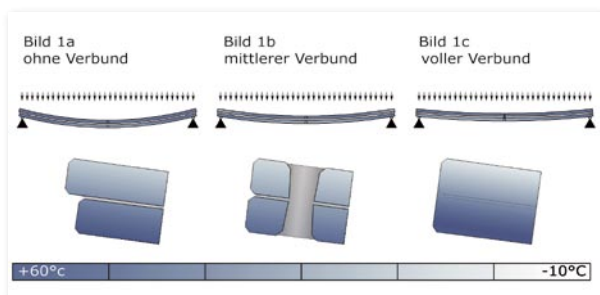


Bild 1a bis c: Tragverhalten der Scheiben ohne, mittlerer und voller Verbund

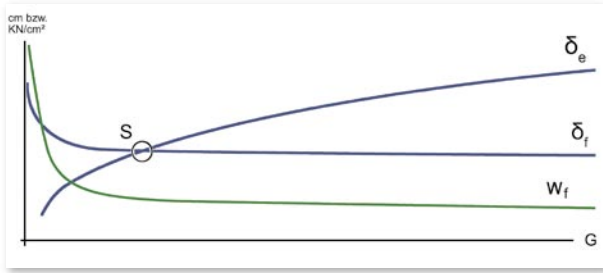


Bild 2: Verbundwirkung bei Differenz der Schubfestigkeit

Scheiben zunächst auf 70°C erwärmt und über die gewünschte Verformung hinaus gekrümmt. Die PVB-Folie hat bei dieser Temperatur keinen Einfluss mehr auf das Tragverhalten. In diesem Zustand wird der Kantenschubverbund aktiviert. Beim Entlasten federt die Konstruktion um die Differenz der Steifigkeit der Einzelscheiben und der Differenz der KSG-Scheibenkonstruktion zurück. Mit dieser Methode lassen sich axiale und biaxiale Krümmungen dauerhaft einprägen. Durch das „kalte Krümmen“ verbleibt ein Großteil der Spannungen in der Scheibe. Wird sie entgegengesetzt zur Vorkrümmungsrichtung montiert besitzt die Scheibe im Überkopfbereich an der Oberseite Zugspannungen und Druckspannungen an der Unterseite. Diese Spannungen müssen erst überbrückt werden bevor sie für eine Bemessung relevant werden.

In den TRLV wird die Durchbiegung auf 1/100 der kürzesten Spannweite eingeschränkt. Scheiben größerer Spannweite werden meist nicht aufgrund ihrer Spannungen sondern zur Folge der Verformungen bemessen. Das Last-Verformungsverhalten einer ebenen und einer doppelt gekrümmten KSG-Glasscheiben (Stich = 1/50) wird in Bild 4 gegenübergestellt.

In ebenen Glasscheiben nimmt die Verformung bei zunehmender Belastung ab. Begonnen wird, aufgrund der Biegetragwirkung mit einer geringen Steifigkeit. Mit voranschreitender Durchbiegung reichen diese bis in den Membranzustand. Das Biegesystem verwandelt sich etwa bei einer Durchbiegung über die Scheibendicke hinaus in ein Membransystem mit deutlich höherer Steifigkeit. Die Gradienten g an den Kurven, sind ein Maß für diese Steifigkeiten. In diesem Beispiel beginnt die gekrümmte Scheibe mit einem Gradienten, welcher der Endsteifigkeit der ebenen Scheibe entspricht. Die gekrümmten Scheiben tragen bei gleicher

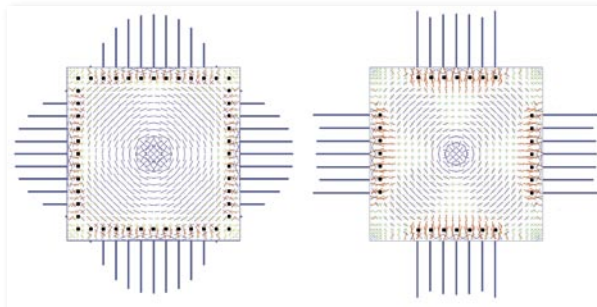


Bild 3 a und b: Schubkraft im Element, umlaufendes KS-Element sowie 60% Randverbund

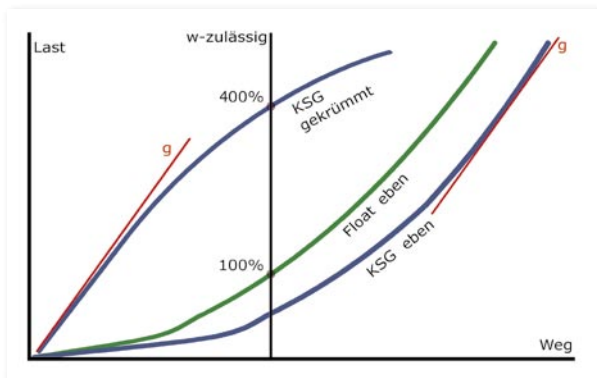


Bild 4: Last-Verformungsverhalten im Vergleich

Verformung w -zulässig (1/100) im Vergleich zu den ebenen Scheiben etwa die vierfache Last. Doppelt gekrümmte Scheiben können neben dem Glasbruch auch aufgrund von Stabilitätsdefiziten brechen. Das muss bei einer Bemessung berücksichtigt werden. In diesem Beispiel hat die ebene KSG-Scheibe etwa 90% der Steifigkeit einer monolithischen Floatglasscheibe gleicher Gesamtdicke erreicht. Im Vergleich zu herkömmlichen V(S)G kann von einer Gewichtersparnis von bis zu 35% ausgegangen werden. Darüber hinaus rücken mit kalt gekrümmtem KSGlas, Spannweiten im Überkopfbereich von bis zu 3 m in greifbare Nähe. Größere Spannweiten bedeuten auch weniger Rahmenanteil bzw. mehr Transparenz.

! Autor
Dipl.-Ing. Hanno Sastré studierte an der BU-Wuppertal Architektur und ist derzeit wiss. Assistent an der TU-Graz.
 Tel.: (+ 43) 31 68 73 67 13
 sastré@ks-glas.de