

Bachelor-Thesis Bauingenieurwesen

# Verhalten struktureller laminiertes Glasverbinder

Untersuchung von strukturellem PVB unterschiedlicher Schichtung für einlaminierte Fittings

## Materialmodell und Kalibrierung

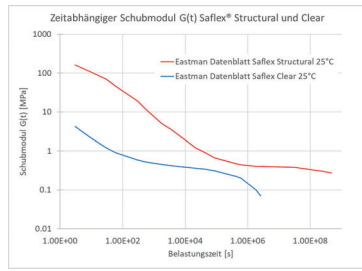


Diagramm 1: Unterschied zwischen struktureller und nichtstruktureller PVB-Verbundfolie

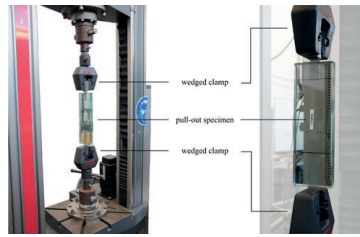


Bild 1: Auszugsversuch von Christian Louter  
Quelle: GPD Glass Performance Days 2019

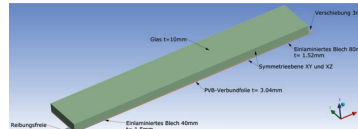


Bild 2: FE-Modell in ANSYS zur Kalibrierung des Materialmodells

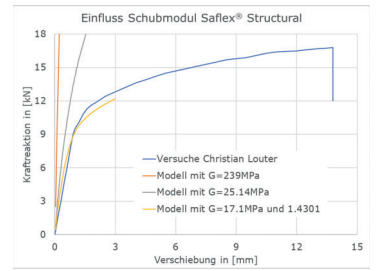


Diagramm 2: Einfluss des Schubmoduls während der Kalibrierung

## FE-Analyse des Ausgangsfittings

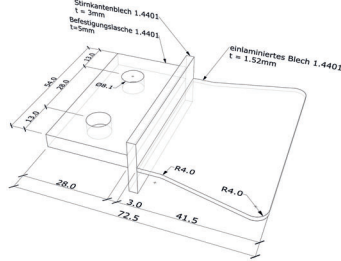


Bild 3: Vermaschte Isometrie des Ausgangsfittings

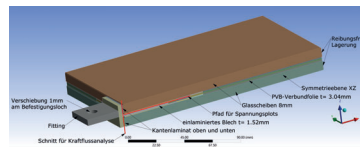


Bild 4: FE-Modell vom Ausgangsfitting in ANSYS, Ansicht auf Symmetrieebene

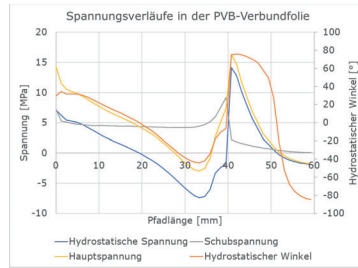


Diagramm 3: Spannungsverläufe entlang des Pfades in der PVB-Verbundfolie in der Symmetrieebene

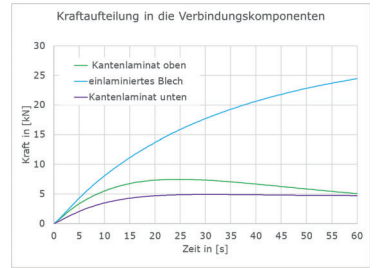


Diagramm 4: Aufteilung der Kräfte auf das einlaminierte Blech und die Kantenlamine

## Parameterstudie

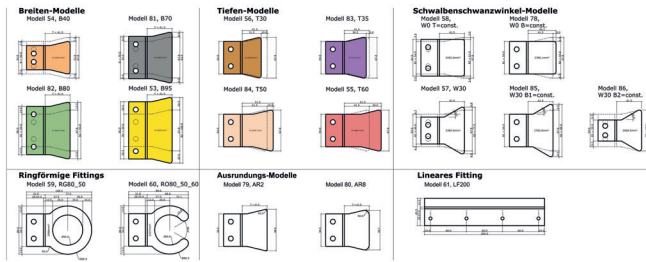


Bild 5: Übersicht der geometrischen Parametermodelle mit Farbschraffierung gemäss den Diagrammen 5 und 6 (gestrichelt ist jeweils das Ausgangsfitting zum Vergleich)

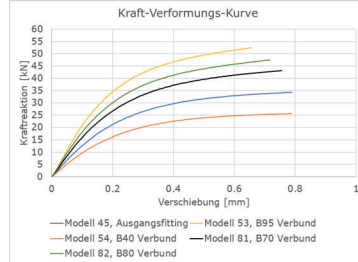


Diagramm 5: Einfluss der Fittingbreite auf das Kraft-Verformungs-Verhalten der Verbindung

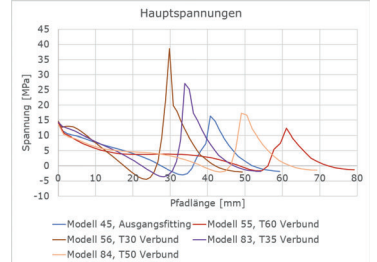


Diagramm 6: Einfluss der Fittingtiefe auf die Spannungsverteilung in der PVB-Verbundfolie

### Problemstellung

Transparente Fassaden verlangen nach ästhetisch ansprechenden und statisch effizienten Verbindungen. Bei laminierten Fittings handelt es sich dabei um die Verbundfolie eines Verbundsicherheitsglas laminierte rostfreie Stahlverbindungen. Für solche hochbeanspruchte Verbindungen werden strukturelle Verbundfolien verwendet. Diese Arbeit behandelt die PVB-Verbundfolie Saflex® Structural von Eastman Chemical Company. Diese Verbundfolie wurde bereits zusammen mit dem Ausgangsfitting (Bild 3) verbaut.

Für das Ausgangsfitting soll eine vertiefte Untersuchung des Tragverhaltens mit einem 3D FE-Modell gemacht werden. Aus diesen Erkenntnissen folgt anschliessend eine Parameterstudie, in

welcher geometrische Einflüsse analysiert werden sollen. Abschliessend sollen Federmodelle des Ausgangsfittings erstellt werden, um dieses in globalen Statikmodellen einzusetzen.

### Lösungskonzept

In einem ersten Schritt wird das viskoelastische Materialverhalten der PVB-Verbundfolie (Diagramm 1) implementiert und kalibriert. Für die Kalibrierung (Diagramm 2) wird ein Auszugsversuch (Bild 1) in der FE-Software ANSYS simuliert (Bild 2).

Mit dem dadurch erhaltenen Materialmodell wird das Tragverhalten des Ausgangsfittings anhand von Kraftfluss- und Spannungsanalysen (Diagramm 3 und 4) untersucht. Dabei wird mit den hydrostatischen Spannungen und Winkeln

die blasenbildungsgefährdeten Stellen lokalisiert. Es werden die Einwirkung Zug, Biegung und Querkraft in der Scheibenebene behandelt. Mit diesen Ergebnissen werden anschliessend Federmodelle erstellt.

Bei der Parameteranalyse werden die Kontaktdefinitionen, die Fittingbreite und -tiefe wie auch die Eckausrundungen und der Schwalbenschwanzwinkel untersucht (Bild 5). Neben diesen wird auch der Einfluss einer nichtstrukturellen PVB-Verbundfolie in der Mittellage betrachtet. Für Mehrscheibenisoliergläser wird ein lineares Fitting entworfen, welches die Randverbundhöhe nicht überschreitet (Bild 5).

### Fazit

Durch die Anpassung der Fittingbreite

kann die Steifigkeit (Diagramm 5) und mit der Fittingtiefe (Diagramm 6) die Höhe der Spannungsspitzen gesteuert werden. Mit der lokalen Verhinderung von Kontakt in der Dicke zwischen PVB-Verbundfolie und Fitting, können ungünstige Spannungszustände umgangen werden. Das lineare Fitting überträgt hohe Kräfte, verursacht dadurch aber sehr hohe Spannungen.

### Pascal Joos

Betreuer:  
Dr. Thimo Fildhuth

Experte:  
Ives Schüpfer

Industriepartner:  
Dr. Wim Stevels  
Eastman Chemical Company