

Forschungsvorhaben: Quantifizierung der Resttragfähigkeit von Verbundglas

REST-VSG: Rechnerische und Experimentelle Studien zur Ermittlung der Resttragfähigkeit von VSG

Kurzzusammenfassung Deutsch

Aktuell ist weder in DIN EN 14449, noch in DIN EN 12600 eine Möglichkeit gegeben, Verbundsicherheitsglas (VSG) grundsätzlich bezüglich der Haftung und des Resttragverhaltens zu klassifizieren. Ziel dieses Forschungsvorhabens war es daher Vorschläge für eine normative Regelung zu finden. Das Prüfkonzept umfasst vier unterschiedlicher Versuche: "Pummel"-Test und "Haftscherversuch" zur Charakterisierung der Haftung, "Trough-Cracked-Bending (TCB)"-Test zur Charakterisierung der Resttragfähigkeit unter statischer Einwirkung, modifizierter Pendelschlagversuch, zur Charakterisierung der Resttragfähigkeit unter dynamischer Einwirkung. Die Versuche wurden dabei zunächst an VSG mit Zwischenschichten aus Polyvinylbutyral (PVB) durchgeführt und in einem nächsten Schritt an VSG mit Zwischenschichten aus Ionoplast (SentryGlas) und Ethylvinylacetat (EVA). Beim Pummeltest wurde sowohl die Durchführung als auch die Auswertung betrachtet. Zur Entwicklung einer einheitlichen Pummelskala, wurden die Referenzbilder von verschiedenen Folienherstellern herangezogen. Diese wurden unterschiedlichen automatisierten Bild-Auswertemethoden unterzogen, wobei sich die Texturanalyse mittels Grauwertkorrelationsmatrizen und eine anschließende Betrachtung der Texturmerkmale „Kontrast“, „Korrelation“ und „Homogenität“ bewährte. Entscheidend für eine erfolgreiche Texturanalyse ist die Kenntnis des Bildmaßstabes (Anzahl an Pixel/cm). Bei der Durchführung des Pummeltests wurde festgestellt, dass durch unzureichendes Pummeln zu große Bruchstücke an der Folie haften blieben was zur Unterschätzung des Pummelwertes im automatisierten Auswerteverfahren führte. Es ist daher unbedingt darauf zu achten, dass die zu untersuchende Glasfläche vollständig pulverisiert. Die Lagerungstemperaturen sind den Glasübergangstemperaturen der Zwischenschichten anzupassen. Zudem wird empfohlen, die Pummeltests auf Kleinproben mit einer Glasstärke von maximal 3 mm zu beschränken. Beim TCB-Test wurde als Probekörper ein Verbundglas mit den Abmessungen von 1.100 mm x 360 mm gewählt. Als Versuchsaufbau wurde ein modifizierter Vier-Punkt-Biege-Versuchsaufbau konzipiert, in dem das Verbundglas nach oben gezogen wird, um Einflüsse aus Eigengewicht zu eliminieren. Ausgewertet wurde die maximale Durchbiegung in Abhängigkeit der Zeit, die wahren Spannung und Dehnung in der Folie und die Größe der delaminierten Fläche nach Versuchsende. Die Ergebnisse wurden dabei für die verschiedenen Eingangsparameter Glasdicke, Haftgrad der Zwischenschicht, Rissinitiation, Lastniveau und Prüftemperatur verglichen. Auf Grund großer Streuungen der Ergebnisse der Versuche an Standard-PVB, die eine Reproduzierbarkeit unmöglich machen, kann der TCB-Test jedoch lediglich zur Klassifizierung von Folien im höheren Steifigkeitsbereich herangezogen werden. Dabei ist der koinzidente Riss zu untersuchen. Ergänzend zu den TCB-Versuchen wurden an VSG gleichen Aufbaus wie bei den TCB-Versuchen Resttragfähigkeitsversuche unter dynamischer Einwirkung durchgeführt. Als Versuchsaufbau wurde ein modifizierter Pendelschlagversuch nach DIN EN 12600 konzipiert, bei dem das Verbundglas vor dem „Pendeln“ gezielt durch eine Bohrung vorgeschädigt wurde. Es zeigte sich hier eine gute Reproduzierbarkeit der Bruchbilder, die eine Differenzierung der Folien bezüglich der Resttragfähigkeit zulässt. Die Ergebnisse der Pummel-, TCB-Tests und Haftscherversuche wurden auf eine Korrelation überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass lediglich teilweise die Ergebnisse der Pummeltests und die Größe der delaminierten Fläche nach Versuchsende beim TCB-Test korrelieren. Eine Korrelation zwischen Haftgrad und Resttragfähigkeitsverhalten konnte nicht festgestellt werden. Dies liegt mit unter daran, dass sowohl ein hoher als auch ein niedriger Haftgrad ebenso positive wie negative Auswirkungen auf spezifische Parameter des Resttragverhaltens haben kann. Das ursprünglich geplante zweistufige Prüfkonzept wurde daher durch eine getrennte Analyse des Resttragverhaltens und der Haftung ersetzt.