

Entwicklung transparent geklebter Glas-Rahmenecken und Untersuchung des Tragverhaltens

Development of transparently bonded
glass frame corners and
investigation of the structural behavior

An der Fakultät Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Volker Prautzsch

geboren am 06.12.1979 in Halle (Saale)

Erster Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller Technische Universität Dresden
Zweiter Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Jörg Hildebrand Bauhaus-Universität Weimar
Tag der Verteidigung	15.09.2015

Kurzfassung

Im Konstruktiven Glasbau ist es keine Besonderheit mehr, Glasträger für Dachkonstruktionen und Glasschwerter in Fassaden einzusetzen, um leichte, transparente und in den Hintergrund tretende Tragkonstruktionen umzusetzen. Für die Fügung dieser tragenden Bauteile werden bisher Verbindungsmittel aus Edelstahl eingesetzt, die optisch beeinträchtigen, Bohrungen im Glas erfordern und ungünstige Spannungsspitzen im Glas hervorrufen. Demgegenüber ist das Kleben für den spröden Werkstoff Glas ein materialgerechtes Fügeverfahren.

Die Untersuchung einer flächigen Klebverbindung zum Lastabtrag zwischen tragenden Glas-Bauteilen im Primärtragwerk ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Bei einer relativ großen Schichtdicke bildet die transparente Ausführung eine ganz wesentliche Prämisse. Ein weiterer Anspruch liegt in der Alterungsbeständigkeit und der Tragfähigkeit.

An einer Auswahl von 14 potentiell geeigneten, transparenten Acrylat-, Epoxidharz- und Polyurethanklebstoffen werden mit Hilfe thermomechanischer und mechanischer Prüfverfahren temperaturabhängige Materialeigenschaften ermittelt. Ergänzend wird die Langzeitbeständigkeit der Klebstoffe durch eine künstliche Alterung im Verbund überprüft. Im Anschluss erfolgt die Ermittlung der lichttechnischen Eigenschaften sowie die visuelle Beurteilung der Sichtproben. Im Resultat wird ein UV- und lichthärtender Acrylatklebstoff als besonders geeignet identifiziert.

Für diesen Klebstoff werden Haftfestigkeitsuntersuchungen im Druckscherversuch unter Temperatur- und Alterungseinflüssen sowie Zeitstandversuche an Substanzproben und kleinen Prüfkörpern durchgeführt. Für den Einsatz in einer flächigen Klebung wird ein geeignetes Dosier- und Aushärteverfahren entwickelt. Der Tragfähigkeitsnachweis der geklebten Verbindung erfolgt an großformatigen Bauteilmustern. Bei diesen Versuchen wird jeweils die Belastbarkeitsgrenze des Glases erreicht, während die Klebung intakt bleibt. Ein Zeitstandversuch dient zur Aufzeichnung des Kriechverhaltens an Bauteilmustern bei erhöhter Temperatur.

Begleitend zum Entstehen der vorliegenden Arbeit werden mehrere Bauvorhaben mit Ganzglaskonstruktionen umgesetzt. Der Verzicht auf jegliche metallische Verbindungsmittel stellt bei diesen Objekten in Deutschland ein bauaufsichtliches und bautechnisches Novum dar. Die Fügung von Glasstütze und Glasträger innerhalb des gläsernen Primärtragwerks erfolgt ausschließlich und erstmals über eine transparente Acrylatklebung, deren Ausführung auf Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit basiert. Die umschließende Verglasung wird mit einem zugelassenen Silikonklebstoff an der Tragkonstruktion befestigt.

Zwei der beschriebenen Bauvorhaben werden seit der Erstellung in einem umfangreichen Monitoring beobachtet, um weitergehende Aussagen zum Langzeitverhalten der Klebungen zu erhalten. Die weitgehenden Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wie auch des laufenden Monitorings sollen Bedeutung und Zuverlässigkeit der transparenten, lastabtragenden Klebungen im Konstruktiven Glasbau belegen helfen.

Abstract

The use of glass beams in transparent roofs and glass fins as part of the facade is already state-of-the-art construction to achieve a transparent and lightweight appearance. Until now, mechanical fasteners made from stainless steel are used to join these structural components. Those fasteners visually interfere, require holes in the glass and cause unfavorable stress peaks in the glass. In contrast, adhesive bonding is much more appropriate to join the brittle material glass.

The subject of this dissertation is the study of a planar adhesive joint which transfers the load between the load-bearing glass components into the primary structure. With a relatively large layer thickness, the manufacturing of the transparent joint represents a major challenge. Furthermore, the aging resistance and the load-bearing capacity must be proven.

A selection of 14 potentially suitable, transparent adhesives of acrylate, epoxy resin and polyurethane are tested for temperature-depending material properties. These tests are based on thermo-mechanical and mechanical test methods. In addition, the long-term durability of the adhesives is verified by artificial aging test on bonded specimens. Subsequently, the photometric characteristics and the visual quality of the samples are assessed. As the result an UV- and light-curing acrylate adhesive is identified as particularly suitable.

Compression shear tests under temperature and aging influences as well as creep tests are performed on substance samples and small-scale specimens to determine the adhesive strength of this adhesive. A suitable application and curing process is developed for use in planar bonded joints. Tests on specimen components were carried out to determine the load-bearing capacity of the bonded glass frame corners. In these experiments, the glass fails while the adhesive joint remains intact. Creep test are used to record the creep deformation of component specimen at increased temperature.

Accompanying the study, several building projects are realized to use adhesive bonding technology in all-glass constructions. Without any visible forms of connection, the glass

construction represents a significant innovation in Germany in terms of both building legislation and building technology. It's the first time, glass fins and glass beams are joint to a glass primary structural system via transparent acrylate adhesive. The connection method is based on the findings of the present study. The glass panels of the envelope are joined to the primary glass structure with an approved silicone adhesive.

Two of the described construction projects are monitored to obtain further knowledge about the long-term behaviour of the bonded joints. The comprehensive studies of this thesis as well as the ongoing monitoring have proven the significance and the reliability of transparent, load-bearing bonded joints in the field of glass construction.