



Doctoral Thesis

Zum Trag- und Resttragverhalten von Verbundsicherheitsglas

Author(s):

Kott, Alexander

Publication Date:

2006

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005170632> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 16579

**ZUM TRAG- UND RESTTRAGVERHALTEN VON
VERBUNDSICHERHEITSGLAS**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

ALEXANDER KRZYSZTOF KOTT

Dipl. Ing., RWTH Aachen

geboren am

12. Juli 1971

von

Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Thomas Vogel
Prof. Dr. Konrad Bergmeister

2006

Kurzfassung

Die vorliegende Promotionsarbeit befasst sich mit biegebeanspruchten Verbundsicherheitsglasscheiben (VSG) im konstruktiven Glasbau. Sie leistet einen Beitrag zur Beschreibung des Trag- und Resttragverhaltens von VSG und ist als Grundlage für den rechnerischen Nachweis der Resttragfähigkeit anzusehen.

Einleitend wird im ersten Teil die Entwicklung des Baustoffs Glas kurz erläutert und das Ziel der Arbeit umrissen (Kapitel 1).

Verbundsicherheitsglas besteht mindestens aus zwei äusseren Glasschichten und einer Zwischenschicht aus Kunststoff, z.B. Polyvinylbutyral (PVB). Die materialspezifischen Eigenschaften von Glas und PVB, welche für das Tragverhalten der VSG von Interesse sind, werden erörtert (Kapitel 2). Das von der Temperatur und von der Belastungsdauer abhängige Materialverhalten der PVB-Folie unter Zug wurde anhand eigener Versuche bestimmt. Die Materialkennwerte unter Zugbeanspruchung werden für die Berechnung der Resttraglasten verwendet.

Im zweiten Teil werden die wichtigsten Begriffe zur Trag- und Resttragfähigkeit erläutert (Kapitel 3). Um das Trag- und Resttragverhalten zu beschreiben, werden drei Bruchzustände definiert (Kapitel 4). Damit können die Trag- und Resttragwiderstände in Abhängigkeit des Bruchzustands bestimmt werden.

Im dritten Teil werden die bestehenden Lösungsansätze für die Berechnung der Traglasten und Verformungen von nicht gebrochenem VSG aufgezeigt (Kapitel 5). Ein Näherungsverfahren mit dem in Abhängigkeit vom Bruchzustand die Trag- und Resttraglasten sowie die dazugehörigen Durchbiegungen berechnet werden können, wird vorgestellt. Für die Berechnung der Resttraglasten, bei denen alle Glasschichten gebrochen sind, wird das Traglastverfahren verwendet. Die wichtigsten Bruchmechanismen, die sich nach der Fliessgelenktheorie ausbilden, werden diskutiert.

Der vierte Teil dokumentiert die aus eigenen Biegeversuchen an zwei- und vierseitig gelagerten VSG-Scheiben gewonnenen Erkenntnisse (Kapitel 6). Die experimentell und analytisch ermittelten Ergebnisse werden verglichen und beurteilt. Der Einfluss der Dicke und der Steifigkeit der PVB-Folie, der Dicke der Glasschichten und des Glastyps werden in einer Parameterstudie erläutert (Kapitel 7).

Eine ausführlichere Zusammenfassung und Schlussfolgerungen im Hinblick auf das Trag- und Resttragverhalten schliessen die Arbeit ab (Kapitel 8). Im Ausblick werden Anregungen für weiterführende Forschung im konstruktiven Glasbau gegeben.

Summary

The present work deals with laminated safety glass (LSG) subject to bending. This thesis aims at contributing to a better understanding of the load carrying capacity and the remaining structural capacity of such glass sheets. The proposed mechanical models are the basis for a verification of these capacities without using destructive glass tests.

In the first part of the thesis, the development of glass as a building material is explained and the aims of the thesis are described (section 1).

LSG consists of two glass layers glued together by a PVB interlayer, which provides sufficient adhesion, shear stiffness and in particular ultimate tensile strength. In section 2 the material properties of glass and polyvinylbutyral foil (PVB), which are required to calculate the load carrying capacity, are examined. The mechanical properties of PVB were determined using tensile tests under stationary temperature conditions. The results are applied for the calculation of the ultimate loads in broken LSG.

In the second part the fundamental terms in the field of structural behaviour of LSG are defined (section 3). Three different stages of failure are proposed to determine the structural safety of LSG (section 4). The remaining structural capacity has to correspond with these stages of LSG.

The third part of the thesis documents existing calculation methods, which allow the calculation of the ultimate loads of unbroken LSG (section 5). To determine the ultimate loads and deformations a new calculation method with an effective thickness is proposed. In stage, where all layers are broken, the yield line theory is applicable to glass panes of LSG that are reinforced with PVB. The resulting yield line mechanisms in both, two and four side supported glass panes are discussed.

The fourth part of the thesis presents the results of the executed bending and impact tests of two and four side supported glass panes (section 6). The thickness and stiffness of the PVB-foil as well as the thickness and type of the glass layers influence both, the load carrying behaviour and the post breakage behaviour. A parametric study shows the results by varying the corresponding values (section 7).

An extended summary and some conclusions regarding the remaining structural capacity are to be found in the final part. An outlook contains some suggestions for further investigations in structural glass.