

**Einleitung hoher Lasten
in Glaskanten -
Ein Beitrag zum Einsatz von Kunststoffen
als Klotzungsmaterial**

The application of heavy loads
into glass edges -
A contribution to the use of solid plastics
as a block material

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

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Jan Ebert
geboren am 29.08.1978 in Bautzen

Erster Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller Technische Universität Dresden
Zweiter Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider Technische Universität Darmstadt
Tag der Verteidigung	21.01.2014

Kurzfassung

In der Architektur gibt es seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts immer wieder Bestrebungen den Baustoff Glas als tragendes Bauteil einzusetzen. So werden beispielsweise Glasträger in Dachkonstruktionen oder Glasschwerter in Fassadenkonstruktionen verbaut, um die Transparenz und damit den Eindruck der Filigranität zu erhöhen.

Aufgrund des spröden Bruchverhaltens und der hohen Druckfestigkeit von Glas ist das Material für den Einsatz als ein auf Druckkraft beanspruchtes Bauteil prädestiniert. Erste Anwendungen von Glas als tragendes Bauteil in einer Konstruktion lassen sich in das 19. Jahrhundert zurückverfolgen. Bei den Pflanzen- und Gewächshäusern nach Loudonscher Bauart wurden kleinformatische Glasscheiben zur Aussteifung der gusseisernen Tragskelette genutzt.

In der Moderne gibt es, wenn auch nur vereinzelt, Bemühungen, großformatige Gläser zur Aussteifung von Glasfassaden oder im druckkraftbeanspruchten Obergurt von Dachkonstruktionen am Lastabtrag zu beteiligen. Bei jeder Anwendung stellt sich für die Ingenieure die Frage, wie Kräfte aus der benachbarten Konstruktion in die Glasscheibe eingetragen werden. Die im Glasbau übliche Verklotzung der Gläser mit der Rahmenkonstruktion kann hierzu ein profanes Mittel sein. Da die zu erwartenden Klotzungskräfte bei aussteifenden Glasscheiben deutlich höher sind, als die normalerweise mit den Klotzungen aufzunehmenden Belastungen aus dem Eigengewicht der Glasscheibe, sind die üblichen Verglasungsklotze aus PVC oder Hartholz hier ungeeignet. Es stellt sich daher immer die Frage nach einem geeigneten Material und einem geeigneten Aufbau der Klotzung.

Die vorliegende Arbeit beschreibt Materialuntersuchungen an Kunststoffen hinsichtlich der Eignung als hoch belastbares Klotzungsmaterial. An einer Auswahl von zehn potentiell geeigneten Kunststoffen werden Materialeigenschaften unter Zug- und Druckbeanspruchung, bei unterschiedlichen Temperaturen und bei Langzeitbelastung gegenübergestellt. Anhand der Ergebnisse werden Empfehlungen zur Eignung getroffen und die Einsatzgrenzen der Kunststoffe aufgezeigt.

Neben der Tragfähigkeit der Klotzung ist vor allem die Belastbarkeitsgrenze des Glases bei der Bemessung relevant. Anhand von Finite-Element-Modellen wird die Spannungsverteilung in der Glasscheibe im Bereich der Klotzung simuliert. Durch Variation geometrischer und materialbezogener Parameter werden hier die Einflüsse auf die Spannungsverteilung in der Glasscheibe dargestellt.

Nur durch einen flächigen Kontakt zwischen Klotzung und Glasscheibenkante ist eine optimale Kraftübertragung möglich. Eine Klotzungsstruktur für hohe Lasten muss daher in der Lage sein, Maßtoleranzen und Bewegungen der Glasscheibenkante ausgleichen zu können. Anhand von Beispielen an Klotzungsstrukturen werden Vorschläge gemacht, wie diese Problemstellung konstruktiv gelöst werden kann.

Mit dem Entstehen dieser Arbeit wurde 2009 mit der Innenhofüberdachung des ehemaligen Reichstagspräsidentenpalaisses in Berlin eine neuartige Dachkonstruktion mit tragenden Glasscheiben im Obergurt verwirklicht. Abschließend wird, anhand der vom Autor für dieses Projekt entwickelten Klotzungsstruktur, durch Bauteilversuche die Leistungsfähigkeit derartiger Klotzungen auch unter Verwendung unterschiedlicher Materialien dargestellt.

Abstract

Since the nineteen-fifties architects are attempting to use the building material glass as a structural member. For example, glass beams are used in roof constructions, and glass fins are part of façade constructions in order to achieve a higher level of transparency and to ensure a filigree appearance.

Due to its brittle fracture behaviour and its high compressive strength, glass is predestined for the use as compression member. First documented applications of glass as a structural member in a construction can be found in the nineteenth century. In the greenhouses architecture built in the style of Loudon small glass panes were used for stiffening the cast-iron frame structure.

In modern times, there are sporadic efforts to utilize large-scale glass panes as a means of stiffening glass façades, or as part of the load-bearing upper chord of roof constructions where it is under compression forces. With each application, engineers have to consider how forces are to be transferred from the surrounding construction into the glass pane. In the field of glass structures, the common method of blocking a glass pane with its frame construction can be a suitable means. Because the blocking forces of stiffening glass panes are expected to be much higher than the forces which normally occur when transferring the dead load of glass panes into blocks, the commonly used materials PVC and hardwood are not sufficient. The question of a suitable block material and suitable blocking design must be answered.

This dissertation presents material tests on plastics relating to their applicability as a highly resilient block material. Out of a selection of ten potentially suitable plastics the material properties under tensile and compressive load, under different temperatures, and under long-term load are examined. The results of these tests are used to formulate recommendations on suitability and limits of the tested materials.

In addition to the bearing capacity of the blocking, mainly the strength of glass is relevant for the dimensioning. Using finite-element-models, the stress distribution in the glass pane near the blocking is simulated. By varying geometric and

material related parameters, the influence on the stress distribution is studied.

Optimal load-bearing is only possible when the edge of a glass pane is in contact with the whole surface of the block material. This means, that a high-load-bearing blocking structure has to be able to compensate tolerances and movements of the glass pane. Some examples are presented to show how this problem can be solved constructionally.

In 2009 – while this dissertation was being written – the roofing above the inner courtyard of the former Reichstagspräsidentenpalais in Berlin was built using a new type of roof construction, which uses load-bearing glass panes in the upper chord of the truss. Finally, the performance of the blocking construction, which the author developed for this project, is analysed by means of component tests and the use of different block materials.