

**Oberflächenvorbehandlung von Füge­teilen  
zur Optimierung adhäsiver Verbindungen  
im Konstruktiven Glasbau**

Surface Modification Methods for Improving Adhesive Joints  
in Glass Structures

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

**Dissertation**

von

staatl. gepr. Dipl.-Lebensmittelchem. Christiane Kothe

geboren am 06.03.1983 in Jena



## **Kurzfassung**

Die moderne Architektur ist durch gläserne Fassaden und ausgefallene Konstruktionen aus Glas geprägt. Dabei wird Glas nicht nur als raumabschließendes Element verwendet, sondern auch konstruktiv eingesetzt und zunehmend an der Lastabtragung beteiligt. Die Integration von Glaselementen in die Baukonstruktion erfolgt über linien- oder punktförmige Lagerungen. Dabei können mechanisch ausgeführte Halterungen lokale Beanspruchungen und damit Glasversagen verursachen. Eine Alternative bilden Klebverbindungen, welche ein materialgerechtes Konstruieren im Glasbau ermöglichen. Kommerziell wird hierfür eine Vielzahl von Klebstoffen angeboten.

Neben der Auswahl eines geeigneten Klebstoffsystems können dauerhafte adhäsive Verbindungen aber meist nur mit Hilfe von Oberflächenvorbehandlungen der Füge­teile gewährleistet werden. Aufgrund der langen Standzeiten von Bauwerken sind große Beständigkeiten von geklebten Verbindungen notwendig, welche nur durch den Aufbau von möglichst hohen Haftungskräften zwischen Füge­teiloberflächen und Klebstoffpolymer erreichbar sind. Spezielle Vor­behandlungsverfahren sorgen für eine bessere Benetzbarkeit der Oberflächen und schaffen zudem energetisch aktive Zentren, die mit den Klebstoffen in Wechselwirkung treten können. Viele der insbesondere für metallische Materialien industriell etablierten Oberflächenvorbehandlungen sind allerdings wenig zukunfts­trächtig, da diese Verfahren häufig den Einsatz ätzender, hochgiftiger und umweltgefährdender Substanzen notwendig machen.

Hierin liegt der Ansatzpunkt der vorliegenden Arbeit. In verschiedenen Industriebereichen, wie dem Automobilbau, der Elektrotechnik und der Dentalmedizin werden bereits neu entwickelte Oberflächenvorbehandlungsverfahren auf Basis von Plasma- und Abscheidungstechnologien eingesetzt. Daraus ergibt sich die Fragestellung nach der Anwendbarkeit solcher Verfahren auf Füge­teilmaterialien des konstruktiven Glasbaus und nach dem Nutzen dieser Oberflächenvor­behandlungen in Bezug auf die Optimierung von strukturellen Klebungen.

Für die Ermittlung optimaler Eigenschaften von Oberflächen für den klebtechnischen Prozess werden ausgewählte Füge­teile aus Edelstahl, Aluminium und Messing sowie Ein­scheibensicherheitsglas aus Kalk-Natronsilikatglas physikali­schen und chemischen Oberflächenanalysen vor und nach der Anwendung von vier verschiedenen Oberflächenvorbe­handlungsverfahren unterzogen. Zudem werden die Haf­tungseigenschaften nach der Vorbehandlung an geklebten Prüfkörpern vor und nach Alterung untersucht. Aus den dar­aus erhaltenen Ergebnissen wird der Einfluss der Oberflä­chenbeschaffenheit auf die Festigkeit der Klebverbindungen bestimmt.

Die durchgeführten Untersuchungen ergeben sehr unter­schiedliche, stark substrat- und klebstoffabhängige Wir­kungsweisen der einzelnen Oberflächenvorbehandlungen. Als geeignetes Verfahren in Bezug auf die Verbesserungen des Adhäsionsvermögens und der Alterungsbeständigkeit, die Integrierbarkeit in maschinelle Herstellungsprozesse und die Vermeidung optischer Veränderung der Oberflä­chen stellt sich die Flammensilikatisierung heraus. Die mit dieser Oberflächenvorbehandlung aufgebrachte, dichte Si­likatschicht und deren chemische Aktivität sowie deren voll­ständige Benetzbarkeit bieten beste Voraussetzungen für die Verklebung verschiedener Füge­teilmaterialien mit unter­schiedlichsten Klebstoffen.

## Summary

The modern architecture is affected by glass façades and novel glass structures. Therein glass is not only used as space enclosing element, rather it finds more and more constructive application and it is increasingly involved in load transfer. State of the art for the integration of glass elements in buildings are mechanically designed point and linear fixings. But they may cause local stresses followed by glass breakage. An alternative to these fixations are adhesive joints which more respect the specific requirements of the fragile material glass. A wide variety of adhesives is already available for this purpose.

For strong adhesive joints not only the selection of a suitable adhesive is essential. The surface quality, which can be enhanced by surface treatments, is just as important for a very good adhesion. Due to the long life expectancy of buildings, a permanently aging resistance of the adhesive joints is necessary. For that, a formation of the highest possible adhesion forces between adhesive polymer and adherend surface is essential. Special surface treatment processes ensure a better wettability of the surfaces and also create energetically active sites that can interact with the adhesive molecules. However, many of the industrially established surface pre-treatments, especially those for metallic materials, are not sustainable, since these methods often use corrosive, highly toxic and environmentally hazardous substances.

This is the basis of the present dissertation. In various industries, such as automotive, electrical engineering and dentistry, newly developed surface treatment methods based on plasma and deposition technologies are already used. This raises the question of the applicability of such methods on materials for glass constructions and of their benefit to the optimization of structural adhesive joints.

The effect of four different surface treatment methods used on the surfaces of stainless steel, aluminium, brass and toughened safety glass made from soda-lime glass is investigated in experimental studies. Physical and chemical surface analysis are performed before and after the applications. In addition, the adhesion properties of bonded specimens with

pretreated surfaces are examined before and after aging. The influence of the surface conditions on the strength of the adhesive joints is determined from the obtained results.

The results show very different effects of the individual surface treatment methods with high dependences on substrate and adhesive. With regard to an increase of adhesion strength, a good aging resistance, an uncomplicated integration into automated production processes and an avoidance of changing the optical surface properties, the investigated combustion chemical vapour deposition is the most suitable method. With this pretreatment, a dense silicate layer is deposited on the surface. Its high chemical activity and its complete wettability offer the best conditions for bonding a variety of materials with different adhesives.