

Untersuchungen an transparent geklebten Glas-Kunststoff-Hybridelementen für tragende Bauteile - GKH

F. Werner, B. Weller, E. Beyer, R.-U. Bauer

Abschlussbericht zum
DFG-Forschungsvorhaben

BA 3154/2-1

BE 1875/18-1

WE 1475/6-1

WE 3636/3-1

Juni 2010

Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau (IKI)
Professur Stahlbau
Marienstraße 5
D-99423 Weimar

Technische Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Baukonstruktion (IBK)
George-Bähr-Straße 1
D-01069 Dresden

Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Institut für Oberflächentechnik und Ferti-
gungsmesstechnik (IOF)
Lehrstuhl Laser- und Oberflächentechnik
George-Bähr-Straße 3c
D-01062 Dresden

Thüringisches Institut für
Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK)
An-Institut der TU Ilmenau
Breitscheidstraße 97
D-07407 Rudolstadt

1. Allgemeine Angaben

1.1 DFG-Geschäftszeichen

BA 3154/2-1

BE 1875/18-1

WE 1475/6-1

WE 3636/3-1

1.2 Antragsteller

Werner, Frank, Prof. Dr.-Ing. habil.

13.04.1949, deutsch

Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau (IKI)
Professur Stahlbau
Marienstraße 5
D-99423 Weimar
T 03643 58 4444
F 03643 58 4441
frank.werner@uni-weimar.de

Beyer, Eckhard, Prof. Dr.-Ing. habil.

13.12.1951, deutsch

Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Institut für Oberflächentechnik und Fertigungs-
messtechnik (IOF)
Lehrstuhl Laser- und Oberflächentechnik
George-Bähr-Straße 3c
D-01062 Dresden
T 0351 463 35210
F 0351 463 37755
beyer@iof.mw.tu-dresden.de

1.3 Institut/Lehrstuhl

Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau (IKI)
Professur Stahlbau

Weller, Bernhard, Prof. Dr.-Ing.

30.03.1952, deutsch

Technische Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Baukonstruktion (IBK)
George-Bähr-Straße 1
D-01069 Dresden
T 0351 463 34845
F 0351 463 35039
Bernhard.Weller@tu-dresden.de

Bauer, Ralf-Uwe, Dr.-Ing.

19.07.1956, deutsch

Thüringisches Institut für
Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK)
An-Institut der TU Ilmenau
Breitscheidstraße 97
D-07407 Rudolstadt
T 03672 379100
F 03672 379379
bauer@titk.de

Technische Universität Dresden
 Fakultät Maschinenwesen
 Institut für Oberflächentechnik und Fertigungsmesstechnik (IOF)
 Lehrstuhl Laser- und Oberflächentechnik

Thüringisches Institut für
 Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK)
 An-Institut der TU Ilmenau

1.4 Aus DFG-Mitteln bezahlte wissenschaftliche Mitarbeiter mit Angabe des Beschäftigungszeitraums

Bauhaus-Universität Weimar – IKI	TU Dresden – IBK
Dipl.-Ing. Katrin Zimmerer 01.10.2007 bis 29.02.2008 50%	Dr.-Ing. Silke Tasche 01.10.2007 bis 30.09.2009 50% 01.11.2009 bis 31.12.2009 50%
Dipl.-Ing. Björn Wittor 01.03.2009 bis 30.09.2009 50% 20.10.2009 bis 31.03.2010 50%	Dipl.-Ing. Martin Tasche 01.11.2008 bis 19.08.2009 50% 28.08.2009 bis 14.10.2009 50%
Dr.-Ing. Jörg Hildebrand 01.03.2008 bis 31.12.2008 50% 01.06.2009 bis 31.10.2009 50% 01.02.2010 bis 31.03.2010 50%	
Herr Holger Dabbert 01.01.2008 bis 31.12.2008 50%	
TU Dresden – IOF	TITK
Dipl.-Chem. Michael Müller 01.10.2007 bis 31.05.2009 100%	Dipl.-Ing. Marina Weiß-Quasdorf 01.10.2007 bis 31.10.2007 100% 01.12.2007 bis 31.12.2007 100%
	Dr.-Ing. Thomas Reußmann 01.01.2008 bis 31.03.2008 100% 01.04.2008 bis 31.11.2008 75% 01.12.2008 bis 30.04.2009 50% 01.05.2009 bis 31.10.2009 30%
	Frau Anett Kammel (Laborantin) 01.10.2007 bis 31.04.2010 50%

1.5 Thema des Projekts

Untersuchungen an transparent geklebten Glas-Kunststoff-Hybridelementen für tragende Bauteile - GKH

1.6 Berichtszeitraum, Förderungszeitraum insgesamt

01.10.2007 bis 30.04.2010

Förderungszeitraum 2 Jahre, kostenneutrale Verlängerung um 6 Monate.

1.7 Fachgebiet, Arbeitsrichtung

Bauwesen und Architektur, Konstruktiver Ingenieurbau
Polymere, Polymerverarbeitung, Verklebung Polymer-Glas

1.8 Verwertungsfelder

Konstruktiver Glasbau – Erhöhung der Resttragfähigkeit und Bauwerkssicherheit
Polymere, Polymerverarbeitung, Composites, Fügeprozesse Polymer-Glas

1.9 Am Projekt beteiligte Kooperationspartner

Entfällt.

2. Zusammenfassung

2.1 Allgemeinverständliche Darstellung der wesentlichen Ergebnisse und der erzielten Fortschritte gegenüber dem Stand des Wissens zum Zeitpunkt der Antragstellung

Im Rahmen einer Recherche konnte ein steigender Bedarf an strukturellen Glaselementen in verschiedensten Bereichen der Architektur festgestellt werden. Dabei spielen hybride Systeme eine wesentliche Rolle.

Für das Fügen von unterschiedlichen Werkstoffen kommt überwiegend das Kleben zum Einsatz. Die Oberflächenvorbehandlungen zeigten unterschiedliche Auswirkung auf die Anfangsfestigkeiten. Die Reinigung mit Ultraschall verbesserte in allen Fällen die Festigkeit des Klebverbundes. Die Oberflächenaktivierung mit dem Openair®-Plasma-Verfahren erwies sich bei den Polymethylmethacrylaten als festigkeitssteigernde Vorbehandlung der Substrate. Auch mit der SiO_x-Beschichtung durch die Flammenpyrolyse ließen sich Festigkeitssteigerungen erzielen. Beim Glas-Kunststoff-Verbund konnten in Abhängigkeit von den Klebstoffen Steigerungen von 30-60% erreicht werden. In Kombination mit geeigneten Arcylathaftvermittlern mit Silanankergruppen bot das Flammenpyrolyse-Verfahren noch Potenzial für weitere Festigkeitssteigerungen. Die aus den Versuchen gewonnenen Erfahrungen zeigten, dass ein dauerhafter adhäsiver Verbund zwischen Glas und Kunststoff mittels der Klebtechnik unter Verwendung von hochtransparenten Klebstoffen realisierbar ist.

Die Auswahl des Kunststoffes erfolgte auf Grundlage des Anforderungsprofils für Klebprozess und Tragfunktionen. In die engere Wahl kommen nur Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA) oder transparente Polyamide (PA). Sehr gute mechanische und thermische Eigenschaften weisen auch Hochtemperaturkunststoffe wie Polyetherimid (PEI) auf. Aufgrund der Eigenfarbe des Materials kann man jedoch nicht von Transparenz, sondern eher von Transluzenz sprechen. Umfangreiche Materialuntersuchungen (statische und dynamische Prüfungen, thermische Beständigkeit, Zeitstandsversuche etc.) zeigten deutlich, dass PC für Anwendungen im konstruktiven Bereich, bspw. als Träger, im Vergleich zu den anderen Materialien am besten geeignet ist. Hierfür sprechen die guten mechanischen Eigenschaften auch bei unterschiedlichen Temperaturen, die vorhandene Zähigkeit, die Wärmeformbeständigkeit sowie die geringe Kriechneigung des Materials. Zudem bietet PC den Vorteil, dass unterschiedlichste Aufmachungsformen (Granulate, Platte, Rohre und andere Profile) am Markt verfügbar sind. Die Platten werden bspw. mittels Wasserstrahl auf die erforderlichen Maße zugeschnitten. Verbindungselemente wie Bolzen oder Schrauben können entweder im Spritzgussverfahren oder durch mechanische Bearbeitung von Vollprofilen hergestellt werden.

Die für die Tragfähigkeit der Hybridträger wesentlichen Untersuchungen der Kantenfestigkeit bestätigten die geringeren Festigkeiten als in der Plattenfläche. Die Kantenfestigkeit streut nicht nur in Abhängigkeit von der Kantenqualität, sondern auch in Abhängigkeit vom Hersteller. Grund sind alle Arten von Abläufen im Produktionsprozess (Floatglasherstellung, Zugschnitt, Kantenbearbeitung). Ein unterer Grenzwert für die Kantenfestigkeit ist nach den durchgeführten Untersuchungen ca. 30% geringer als in der Fläche. Bei der Herstellung der großflächigen Klebung konnte bei der Aushärtung festgestellt werden, dass mit deutlich ge-