

**Experimentelle Untersuchung des Zugtragverhaltens
von Halbzeugen aus rezyklierten Carbonfasern**

**Experimental investigation of the tensile strength beha-
vior of semi-finished products made of recycled carbon
fibers**

Dissertation

**Vorgelegt an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen
Universität Dresden zur Erlangung der Würde eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften**

- Dr.-Ing. -

von

Enrico Baumgärtel

geboren am 04.01.1991 in Erlabrunn

Kurzfassung

Die Verwendung von Carbonbeton ist seit über 20 Jahren ein fester Bestandteil in der Bauindustrie. Aufbauend auf intensiver Grundlagenforschung konnte innerhalb der letzten Jahre der Kompositwerkstoff Carbonbeton in immer mehr Projekten baupraktisch eingesetzt werden. Neben dem Einsatz in der Form von Bewehrungen kommen Carbonendlosfasern in immer größer werdender Menge in allen Lebensbereichen zum Einsatz. Sowohl die Automobil- als auch die Luftfahrtindustrie verarbeitet Carbon in zunehmenden Mengen. Nachteilig bei der Verwendung von Carbon ist die eingeschränkte Wiederverwertung des Komposits. Mittels verschiedener Prozesse kann die reine Carbonfaser aus dem Komposit zurückgewonnen und wiederverwendet werden. Diese Prozesse führen allerdings zum Kürzen der Endlosfasern. Ein potenzielles neues Anwendungsfeld der aufbereiteten und eingekürzten Carbonfasern ist die Verarbeitung zu Halbzeugen, welche in der Baupraxis in Form von Bewehrungsstäben und Gelegen (Bewehrungsgitter) erneut eingesetzt werden können. Für die Verwendung in Kombination mit Beton ist die Kenntnis der materialtechnischen Eigenschaften der Halbzeuge essentiell, da sich die Materialparameter im Vergleich zu Halbzeugen aus Primärfasern unterscheiden können.

Hierzu leistet die vorliegende Arbeit einen substantiellen Beitrag. Zunächst werden die verschiedenen Aufbereitungsmethoden von carbonfaserbasierten Kompositen aufgezeigt und die Weiterverarbeitung zu Halbzeugen erläutert. Anschließend werden die Zugversuche an den Halbzeugen vorgestellt. Im Rahmen der Arbeit wurden Garnzugversuche und Stabzugversuche priorisiert. Neben der Untersuchung der Halbzeuge aus Sekundärfasern wurden Referenzversuche von Halbzeugen aus Primärfasern durchgeführt. Neben der Ermittlung der Zugfestigkeit wurden das Spannungs-Dehnungsverhalten und die Steifigkeit der Halbzeuge untersucht. Aufbauend auf den Versuchen fanden an ausgewählten Halbzeugen CT-Scans zur Ermittlung von Faserorientierung, Fehlstellen und Porosität statt. Anhand der Resultate wurde eine Methode zur Bemessung für Halbzeuge aus Sekundärfasern erarbeitet. Diese Bemessungsmethodik soll die Grundlage für weitere Forschung bilden. Neben der Beschreibung einer Bemessungsmethode werden, basierend auf den Ergebnissen, erste Bandbreiten für einzelne Faktoren ermittelt.

Die in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse erlauben somit eine erste Einschätzung und Bewertung des Materialverhaltens von Halbzeugen aus Carbon unter Zugbeanspruchung. Weiterhin sind die hier aufgeführten Erkenntnisse die Grundlage für zukünftige Untersuchungen von Halbzeugen aus Sekundärfasern.

Abstract

Carbon-reinforced concrete has been an integral part of the construction industry for over 20 years. Building on intensive basic research, carbon concrete, a composite material, has been implemented in an increasing number of construction projects in recent years. In addition to reinforcement, continuous carbon fibers are being used in ever-increasing quantities in many areas of life. Both the automotive and aviation industries are processing larger quantities of carbon fiber. One disadvantage of using carbon fibers is that the composite is difficult to recycle. Various processes can recover pure carbon fiber from the composite for reuse. However, these processes shorten the continuous fibers. One potential application for processed, shortened carbon fibers is their use in semi-finished products that can be reused in construction in the form of reinforcing rebars and grids (reinforcing mesh). When used with concrete, it is essential to understand the material properties of these semi-finished products, as they may differ from those of semi-finished products made from primary fibers.

This thesis makes an essential contribution to this topic. First, it presents the various preparation methods of carbon fiber-based composites and explains their further processing into semi-finished products. Then, the tensile tests on the semi-finished products are presented. Within the scope of the work, yarn and rebar tensile tests were prioritized. In addition to investigating semi-finished products made from secondary fibers, reference tests were carried out on those made from primary fibers. In addition to determining tensile strength, stress-strain behavior, and stiffness were investigated. Based on these tests, CT scans were performed on selected semi-finished products to determine fiber orientation, defects, and porosity. These results were then used to develop a method for dimensioning semi-finished products made from secondary fibers. This design methodology will form the basis for further research. In addition to describing a design method, the results determine initial bandwidths for individual factors.

The results obtained in this study allow for an initial assessment of the material behavior of semi-finished carbon fiber products under tensile stress. Additionally, these findings lay the groundwork for future research on semi-finished products made of secondary fibers.