

Kurzzusammenfassung der Masterarbeit:

„Titandioxid-Nanopartikel in kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen“¹⁾

¹⁾ Entstanden im Rahmen des Studiengangs Materialwissenschaft und Werkstofftechnik der Technischen Universität Clausthal am Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik, durchgeführt am Wehrwissenschaftlichen Institut für Werk- und Betriebsstoffe.

Till Konstantin Tetzlaff

Einleitung und Problemstellung

Im direkten Vergleich zu den metallischen Werkstoffen bleibt das Brandverhalten von kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) ein steter Nachteil und bedingt die Wichtigkeit effektiver Brandschutzmittel. Durch die außergewöhnlich guten optischen und thermischen Eigenschaften, stellen Titandioxid-Nanopartikel (TiO_2 -NP) einen vielversprechenden Ansatz für den Brandschutz von CFK und gleichzeitig eine Alternative zu halogen- oder phosphorhaltigen Brandschutzmitteln dar. Aufgrund ihrer großen spezifischen Oberfläche neigen NP jedoch zur Agglomeration. Entstehende Inhomogenitäten können sich nachteilig auf die mechanischen und thermischen Eigenschaften des CFK auswirken und schränken aktuell die Nutzung von NP-Füllstoffen stark ein. Ziel der Arbeit ist die homogene und reproduzierbare Einbringung von TiO_2 -NP in ein Epoxidharz und die daraus hergestellten CFK sowie die umfassende Charakterisierung dieses neuartigen Verbundwerkstoffes. Besonderer Fokus liegt auf der Partikelverteilung im Verbund und den Brandeigenschaften.

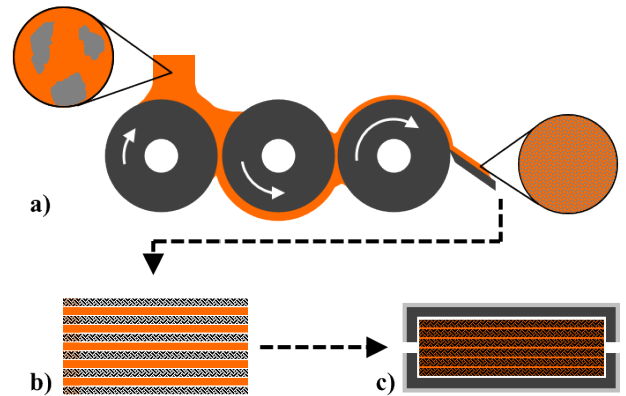


Abb.1: Dreistufiger Prozess zur Herstellung von TiO_2 -NP verstärktem CFK. a) Einarbeiten der Nanopartikel in das Epoxidharz an einem Dreiwalzwerk b) Lagenweises Laminieren zum Einarbeiten des gefüllten Harzes in die C-Faserlagen. c) Aushärten des Lagenaufbaus unter Druck und Temperatur und anschließendes Entformen.

Ergebnisse und Fazit

Der in **Abb. 1** gezeigte Prozess ermöglicht die reproduzierbare Einbringung von bis zu 10 Gew.-% TiO_2 -NP in Durchmessern von 20 bis 200 nm. Untersuchungen unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) zeigen, dass die TiO_2 -NP sowohl zwischen als auch innerhalb der Faserlagen in homogener Verteilung vorliegen und die Ausbildung von Agglomeraten in bruchmechanisch-relevanter Größe vermieden wird (**Abb. 2 a**). Übereinstimmend zeigt die mechanische Prüfung, dass die Druck- und Scheinbare Interlaminare Scherfestigkeit nicht beeinträchtigt werden. Bei der Bestrahlung an einem Cone-Kalorimeter lässt sich für CFK-Proben mit TiO_2 -NP eine verzögerte Entflammung beobachten. Die maximale Verzögerung des Flammzeitpunktes um ca. 20 % erzielen dabei die Proben mit 3 Gew.-% TiO_2 -NP der Rutil-Modifikation mit einem Durchmesser von 200 nm (**Abb. 2 b**). Strukturuntersuchungen der Brandrückstände zeigen, dass sich partikelreiche Schuppen auf der Oberfläche ausbilden (**Abb. 2 c**), die vermutlich der Grund für die Flammzeitverzögerung sind.

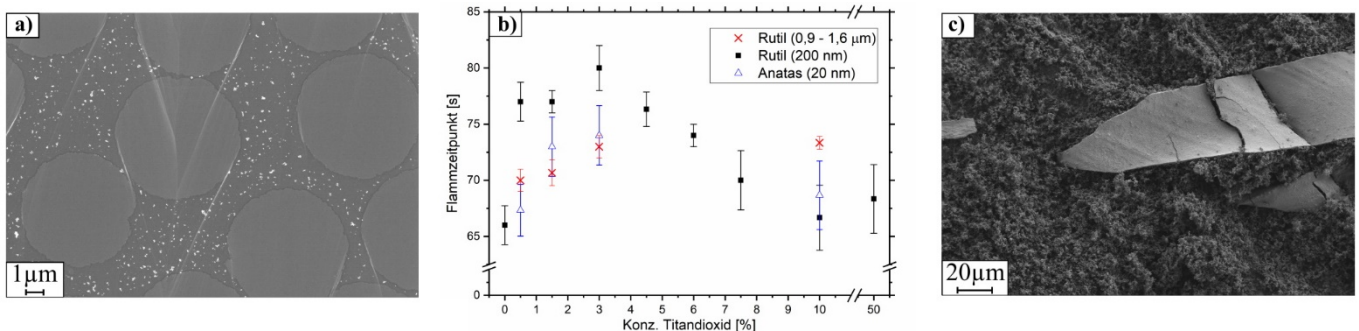


Abb. 2: a) REM-Aufnahme einer C-Faserlage mit TiO_2 -NP, b) Flammzeitpunkte der CFK-Proben gegen den TiO_2 -Gehalt bei 35 kW/m², c) REM-Aufnahme einer partikelreichen Schuppe auf dem Brandrückstand einer CFK-Probe mit 3 Gew.-% TiO_2 .

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen eine vielsprechende Verbesserung der Brandeigenschaften in Verbindung mit den gleichbleibend guten mechanischen Eigenschaften und verdeutlichen das große Potential von TiO_2 -NP verstärkten CFK. Insbesondere der vorgestellte dreistufige Einbringungsprozess lässt sich zudem auf eine Vielzahl weiterer Nanopartikel/Matrix-Systeme übertragen und stellt so einen weiteren wichtigen Schritt in Richtung eines stabilen und reproduzierbaren Prozesses zur Fertigung nanopartikelverstärkter Verbundwerkstoffe dar.