

CarboROAD

Projektmotivation

Ziel in CarboROAD war die Evaluierung und Entwicklung von Injektions- und Infusionsverfahren zur Herstellung von CNT-dotierten GFK-Bauteilen mit Faservolumengehalten für strukturelle Anwendungen.

Projektrahmendaten

Projektteam:

Büfa, Saertex, Tartler, Canyon, Xperion FS Composites, Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

Förderkennzeichen: 03X0052

Projektlaufzeit: 01.02.2009 – 31.01.2012

Projektleitung: Dipl.-Ing. Jens Wolters, Büfa Gelcoat Plus

Wesentliche erzielte Ergebnisse

In einer umfangreichen Leitfähigkeitsstudie wurde ermittelt, mit welchen CNT-Harzsystemen und welchen Verstärkungstextilien die höchsten Leitfähigkeiten erzielt werden können.

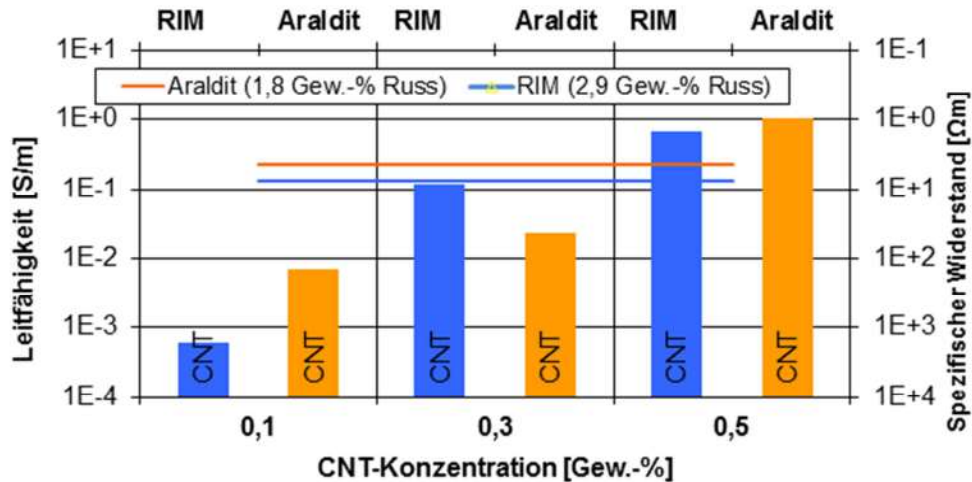


Abbildung 1: Elektrische Leitfähigkeitswerte eines GFK-Verbundwerkstoffs hergestellt mit 2 Harzsystemen mit jeweils drei CNT-Konzentrationen im Vergleich zur erzielten Leitfähigkeit eines Russharzsystems

In einem Benchmark wurde ermittelt, dass zur Erzielung gleicher Leitfähigkeiten die zehnfache Menge an Russ benötigt wird (Abbildung 1).

Als Hauptherausforderung hat sich in CarboROAD die Ausfilterung der CNTs bei den Injektions- und Infusionverfahren herausgestellt (Abbildung 2). Das Verständnis und die Idee der Prozessentwicklung wurde über die Entwicklung eines Messverfahrens zur quantitativen Bestimmung des Ausfilterungsgrades von CNT-dotierten Harzen und über eine Studie zur Ermittlung des Einflusses der textilen Parameter von Geweben auf die Ebenenpermeabilität und die Permeabilität in Dickenrichtung (Versuchsumfang 19 Leinwand, Atlas- und Köpergewebe) erarbeitet. Diese Studie wurde im Mai 2011 abgeschlossen und beschreibt, welche Webart, welcher Titer und welche Fadendichte ein ideal hochpermeables und damit ausfilterungsreduziertes Gewebe haben sollte und bei welchen Geweben eine Injektion in Ebenenrichtung oder Dickenrichtung vorzuziehen ist.

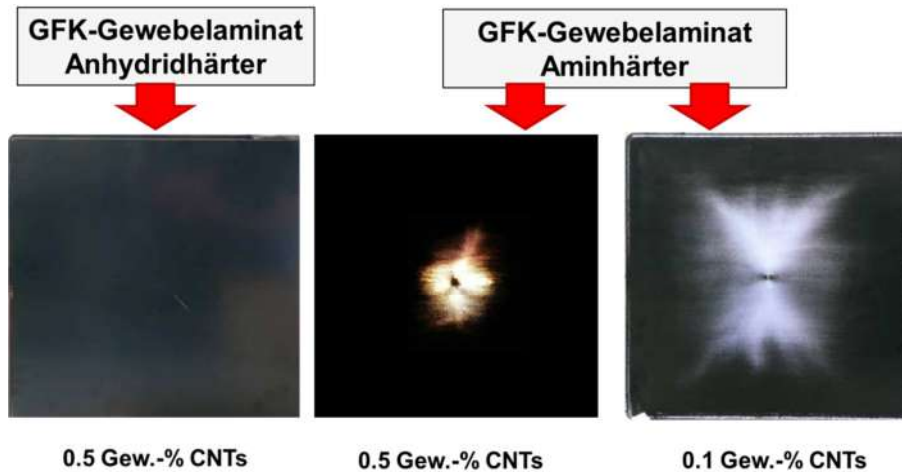


Abbildung 2: Ausfilterungsaufnahmen von GFK-Verbundwerkstoffplatten injiziert über ein Ringanguss, hinter den Platten wurde eine starke Lichtquelle aufgestellt

Zur Herstellung eines 12 mm dicken Rotorblattsegments mit den Abmessungen 1800 mm x 500 mm und einem Radius von 6 m wurden 8 Lagen eines Windkraft-NCF-Geleges in einem Vakuumsack mit Druckunterstützung infusioniert (Abbildung 3). Als zusätzlich hilfreich haben sich die Evaluierung von höherpermeablen Textilien der Firma Saertex erwiesen. So konnten lange Fließwege mit geringerer Ausfilterung realisiert werden. Wird ein klassischer Vakuuminfusionsprozess verwendet, so ist die Ausfilterung derart stark, dass die CNTs nur wenige Millimeter zurücklegen. Dies hat die Firma Saertex bei der Infusion eines Stufenkeils gezeigt. In das Rotorblattbauteil sind in Querrichtung im Abstand von 100 bis 200 mm feinste Kohlenstoffaseroovings eingebracht. Diese ermöglichen es eine Spannung über das durch CNTs leitfähige GFK-Bauteil anzulegen und unter Belastung die Widerstandsänderung zu beobachten. Dieses Verfahren wird als Structural Health Monitoring bezeichnet.

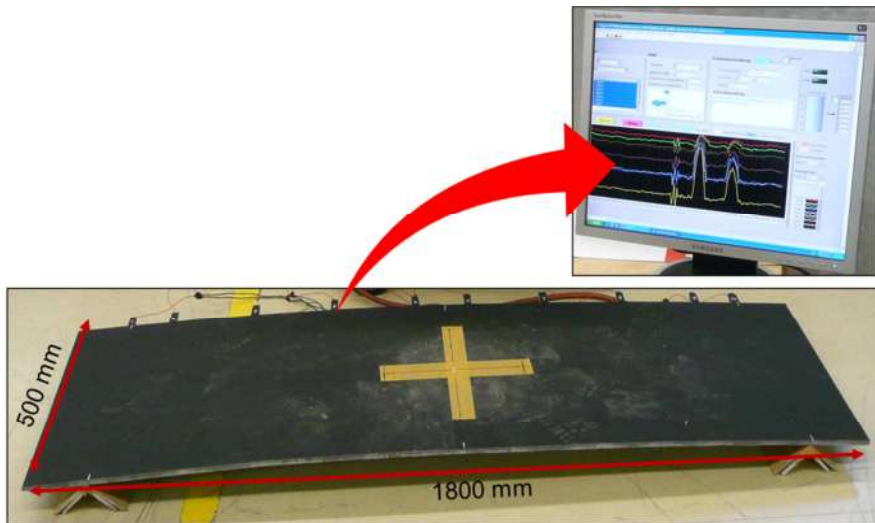


Abbildung 3: Rotorblattsegment mit Structural Health Monitoring

Das Structural Health Monitoring mit CNTs birgt großes Potential, da es erstmals möglich ist im Verbundwerkstoff dort eine sensible Bauteilüberwachung durchzuführen, wo zuerst Versagen eintritt – in der Matrix.

Ein Beispiel, welches sowohl von der elektrischen Leitfähigkeit zur Erzielung antistatischer Eigenschaften, als auch von einer Festigkeitssteigerung durch CNTs profitiert hat, ist die Ölwanne.

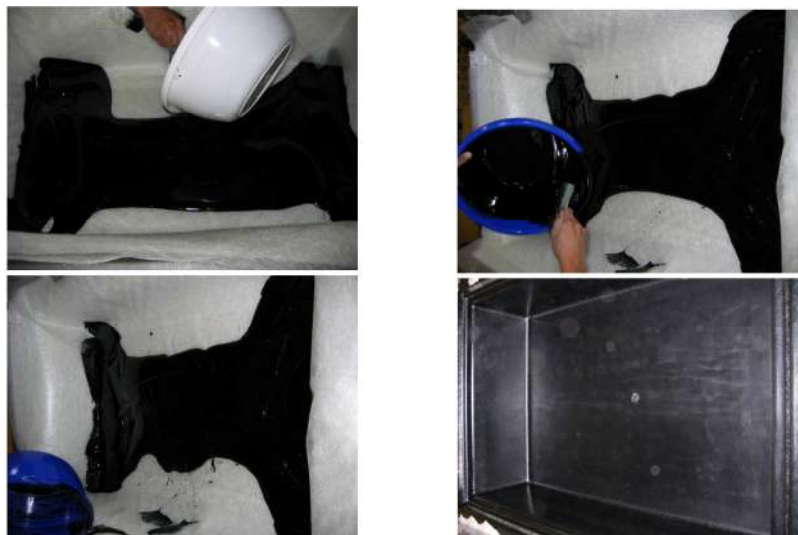


Abbildung 4: Herstellung einer glasfaserverstärkten CNT-dotierten Wirtglas-Auffangwanne

Die Ölwanne wurde mit von Büfa dispergierten Harzen von CEMO hergestellt und vom IVW bezüglich der elektrischen Leitfähigkeit und Zugfestigkeit untersucht. Im Fokus stand der Vergleich zu einem Russharzsystem. Zur Herstellung werden Glasfaservliese in die weibliche Form drapiert. Eine bestimmte Menge CNT-Harz wird auf diesen Laminataufbau gegossen. Beim Schließen des Werkzeugs wird nun das CNT-Harz in das Glasvlies gedrückt.

Es hat sich gezeigt, dass die vor Funkensprung schützende elektrische Leitfähigkeit in dem CNT dotierten Bauteil auf höherem Niveau und homogener erzielt werden kann.

Graphit/Russ			
	Spez. Conductivity [S/m]	AverageConductivity	VariationCoefficient
1	1,27E-03	8,82E-02	140,86%
2	1,26E-03		
3	1,60E-03		
4	1,67E-01		
5	2,69E-01		
CNT			
1	2,17E-01	1,87E-01	12,81%
2	1,99E-01		
3	1,94E-01		
4	1,64E-01		
5	1,61E-01		

Abbildung 5: Elektrische Leitfähigkeit von fünf Wirrglasproben hergestellt über Nasspressverfahren

Auch bei der Zugfestigkeit hat die mit CNT-Harz hergestellte Ölwanne deutlich bessere Eigenschaften gegenüber der mit Russ-Harz hergestellten Wanne gezeigt.

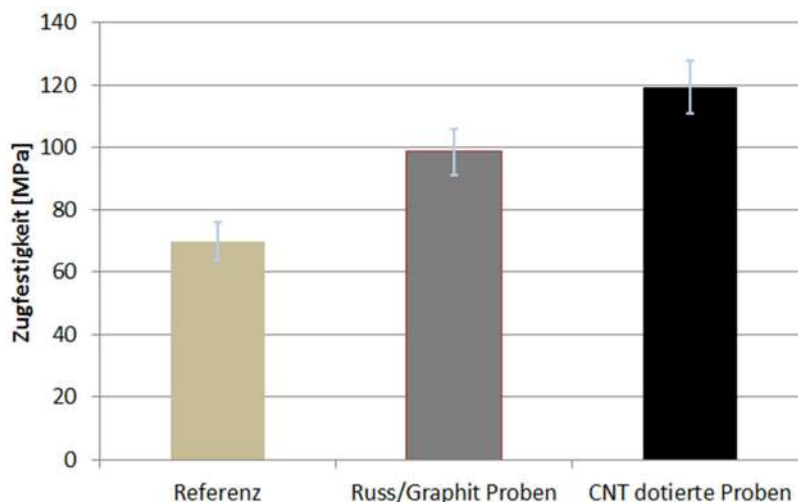


Abbildung 6: Zugfestigkeiten der Wirrglasproben

Der Verarbeitungsprozess von CNT-Harzen hat sich als Herausforderung erwiesen. Es ist gelungen CNT in einem relativ komplexen RTM-Bauteil mit langen Fließwegen nahezu homogen zu verteilen. Als problematisch gilt das Reagglomerationsverhalten der CNT, was zwischen den Faserlagen zu Ausfilterungen führt. Es wurden Versuche zum Dämpfungsverhalten und zur Lebensdauer von CNT-dotierten Bauteilen durchgeführt. Die Ergebnisse weisen jedoch bislang nicht auf einen signifikanten Einfluss der CNT auf die verwendeten Faser-Kunststoff-Verbunde hin. Da in der Literatur andere Ergebnisse bekannt sind, wird auch dafür das Reagglomerationsverhalten der CNT verantwortlich gemacht.



Abbildung 7: Canyon VCLS Flat Spring Post

Veröffentlichungsliste

Doktorarbeiten

Rieber, G.: Einfluss von textilen Parametern auf die Permeabilität von Multifilamentgeweben für Faserverbundkunststoffe. Dissertation, TU Kaiserslautern, Institut für Verbundwerkstoffe, 2011

Konferenzbeiträge

Rieber, G.; Grad, P.; Mitschang, P.: Evaluation of RTM produced CNT doped GFRPC Laminates. In: ECCM 14, Budapest 7-10 June 2010

Rieber, G.; Mitschang, P.: Prozessentwicklung zur Herstellung von Faser- Epoxidharzverbunden mit homogener CNT Dotierung. In: IVW-Kolloquium, Kaiserslautern, Nov. 2010

Rieber, G.; Wirjadi, O.; Mitschang, P.: Correlation of permeability values with flow channel diameters determined by 3D-image analysis of a woven textile. Flow Processes in Composite Materials 10, Ascona, 11th July 2010

Rieber, G.; Grieser, T.; Grad, P. Mitschang, P.: Processing and Evaluating CNT doped Laminates. In: SAMPE, Long Beach, 23.-26. Mai 2011

Rieber, G., Hildebrandt, K., Mitschang, P.: Enhancement of Fiber Reinforced Plastics by CNTs. 2nd Innovative International Composites Summit (I.I.C.S.), Nano Materials Forum, Paris, Frankreich, 30. März 2011

Rieber, G.; Mitschang, P. Vom Prozess zum Bauteil, Inno.CNT Jahrestagung Ettlingen Jan. 2011 (CarboROAD)

G. Rieber, P. Mitschang. Prozessentwicklung zur Herstellung von Faser- Epoxidharzverbunden mit homogener CNT Dotierung, IVW Kolloquium Nov. 2010

Patente

Rieber, G.; Hummel, D.: DE 10 2011 009 506 A1 - Verfahren zur Herstellung von Faserverbund-Hohlbauteilen mit schließenden Fließkanälen.

Betreute Studienarbeiten

Grad, P. Vergleich der elektrischen Eigenschaften von Ruß und CNT dotierten Faserkunststoffverbunden für automobiler Anwendungen. Betreuer: G. Rieber. IVW-Bericht 09-045, 2009

Kluck, S.: Vergleich der mechanischen Eigenschaften von CNT dotierten RTM Laminaten für automobiler Anwendungen. Betreuer: G. Rieber. IVW-Bericht 09-046, 2009

Hummel, D.: Entwicklung eines Schlauchblas-RTM-Verfahrens mit integrierten Fließkanälen. Hochschule Rosenheim. Betreuer: G. Rieber. Fakultät Ingenieurwissenschaften (Kunststofftechnik), 2010

Walcesky, T.: Steigerung der Schlagzähigkeit und Scherfestigkeit von CNT dotierten GFK-Laminaten durch Funktionalisierung. Betreuer: G. Rieber. Hochschule Kaiserslautern, Fachbereich Angewandte Logistik- und Polymerwissenschaften, 2010