

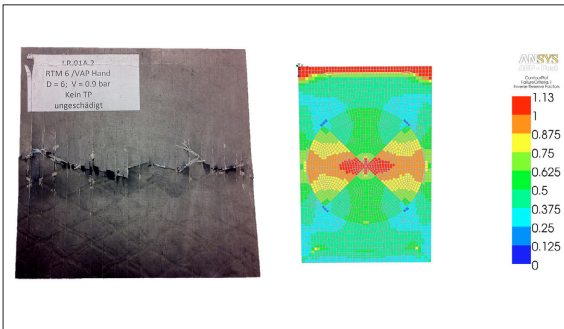
Diplomand	Gopikanth Sritharan
Examinator	Prof. Dr. Markus Henne
Experte	Prof. Dr. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten DE
Themengebiet	Konstruktion und Systemtechnik
Projektpartner	EMS Chemie AG, Domat-Ems GR; Eurocopter, München DE; Bombardier Aerospace, Belfast UK



Gopikanth Sritharan

## FEA-Simulation von Druckversuchen an einem mittels Thermoplasten modifizierten CFK-Paneel

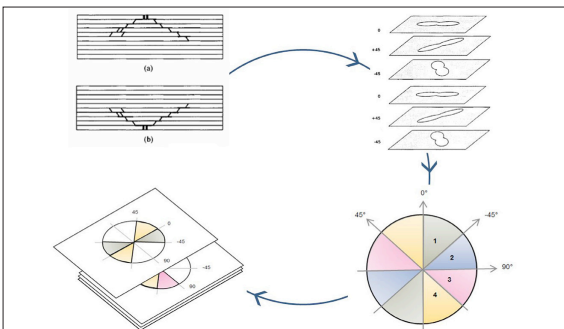
gemäss Compression-After-Impact-Prüfverfahren



Vergleich Versuch (links) und Simulation (rechts)

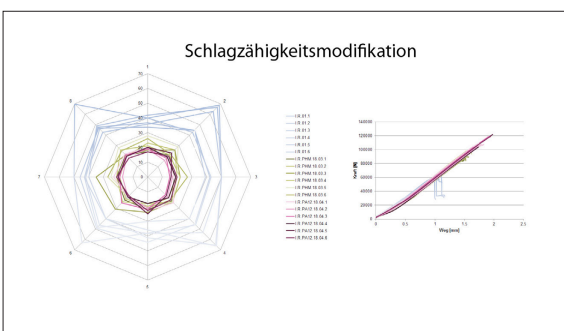
**Aufgabenstellung:** Die Anwendung der Faserverbundtechnologie in der Luftfahrt erlebt momentan einen enormen Aufschwung. Faserverbundwerkstoffe weisen jedoch ein sprödes Bruchverhalten auf, was einen Nachteil in der Anwendung darstellt, da im Flugzeugbau stark exponierte Bauteile Vogel-, Hagel- und ggf. Steinschlag ausgesetzt sind. Um die Restdruckfestigkeit solcher Faserverbundteile nach einer Impactbeanspruchung zu bestimmen, werden Messungen gemäss dem Compression After Impact (CAI)-Verfahren durchgeführt. Das CAI-Prüfverfahren ist ein standardisiertes und normiertes Verfahren, welches sich in der Luftfahrt etabliert hat. Ziel dieser Arbeit ist es, das CAI-Verfahren durch die Finite-Element-Analyse simulieren zu können, um die so erhaltenen Erkenntnisse auf andere Strukturen übertragen zu können.

**Vorgehen/Technologien:** Bezogen auf die vorliegende Thematik wurden schon diverse Bücher und Publikationen veröffentlicht. Unterschiedliche Verfahren und Techniken wurden dabei entwickelt, um die hierbei entstehenden Versagensarten abbilden zu können. Nennenswert hierbei wären vor allem die «Virtual Crack Closure Technique», das «Cohesive-Zone-Model» oder das Verfahren der «Soft-Inclusion-Methode». Grundlagen zur Rissausbreitung oder Entstehung von Delamination und deren Formgebung werden in Serge Abrate's Buch «Impact on Composite Structures» sehr detailliert beschrieben und dienen als Leitfaden zur Erstellung der Simulation.



Modellierung der Schädigungen durch Segmente

**Ergebnis:** Bei der Modellbildung der geschädigten Proben wurde wie folgt vorgegangen: Die Materialeigenschaften der anisotropen Einzelschichten wurden aufgrund von Messwerten, analytischen Mischregeln und Erfahrungswerten errechnet. Die durch den Impact geschädigte Fläche wurde in vereinfachter Form und mit reduzierten Materialkennwerten modelliert. Die Geometrie dieser Flächen besteht im Wesentlichen aus doppelsymmetrischen Kreissegmenten mit stark reduziertem E-Modul in Faserrichtung. Die Form der Segmente wurde in Anlehnung an die von Abrate ermittelte Erdnussform gewählt. Die Materialkennwerte in den geschädigten Zonen wurden durch den Vergleich mit Resultaten aus realen Versuchen eingestellt. Durch diesen Ansatz konnte das Versagensverhalten der vorgeschädigten Proben unter Druckbelastung in der Simulation ansatzweise nachgestellt werden. Um das reale Druckversagen besser in der Simulation abbilden zu können, sollten in Zukunft nicht lineare Materialmodelle angewendet werden, welche die Simulation des Rissfortschritts erlauben.



Schädigungsfläche und Restdruckfestigkeit der realen Proben