

**Projekttitle:** ARP<sup>2</sup>: Automatische Produktion von Reparaturpatches für Faserverbundwerkstoffe

**Forschungsstellen:** Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen

**Laufzeit:** 07/2017 – 06/2020

**Förderträger:** BMBF

Univ.-Prof.  
Prof. h.c. (Moscow State Univ.)  
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.  
Thomas Gries  
Institutsleiter

Marius Wiche  
Sven Schöfer  
Amool Raina

28.09.2018

### Gegenstand und Zielsetzung des Projektes

Faserverbundkunststoffe (FVK) erfahren in den letzten Jahren einen steigenden Zuspruch in vielen Industriezweigen wie z. B. der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Bedingt durch ihren vermehrten Einsatz, kommt es zu einer steigenden Anzahl von Schäden an Bauteilen aus FVK. Der Austausch dieser Teile gestaltet sich jedoch auf Grund von hohen Herstellungskosten nicht wirtschaftlich. Aus diesem Grund wird eine Reparatur der beschädigten Bauteile angestrebt.

Standardisierte Reparaturkonzepte sind aktuell meist in der Luftfahrtindustrie anzutreffen und werden hier für Strukturbauteile verwendet. Hierbei kann der Prozess in vier Stufen gegliedert werden. Zunächst erfolgt eine 3D-Schadenerkennung, welche durch eine Analyse des entstandenen Schadens komplettiert wird. Hierdurch kann die genaue Strategie zur Ausbesserung der beschädigten Stelle festgelegt werden. Im Anschluss daran wird der, für die Reparatur benötigte, sog. Patch hergestellt und auf das Bauteil aufgebracht. Zur Ausbesserung der Schadstelle können verschiedene Strategien unterschieden werden, welche nachfolgend erläutert sind:

- Ausgehärteter Patch wird auf die beschädigte Stelle aufgeklebt
- Trockener Patch wird als Textil auf die beschädigte Stelle aufgebracht und mittels Infusion mit dem Bauteil verbunden
- Vorimprägnierter Patch (Prepreg) wird im Co-Bonding-Verfahren unter Wärmeeinwirkung aufgebracht

Abhängig von der verwendeten Strategie können die mechanischen Eigenschaften des reparierten Bauteils um mehr als 20 % gegenüber einem unbeschädigten Bauteil sinken. Dieser Verlust an mechanischen Eigenschaften ist durch eine nicht ausreichende Klebeverbindung zwischen Patch und Bauteil bedingt. Um die adhäsive Verbindung zwischen Patch und Bauteil zu verbessern ist die Verwendung von Nanopartikeln, welche im vorliegenden Antrag durchgeführt werden soll.

Bedingt durch die Abmessungen von Bauteilen aus FVK, wie sie beispielsweise in der Luftfahrtindustrie eingesetzt werden (Flügel Airbus A350 XWB), wird klar, dass der eigentliche Reparaturprozess des Bauteils im montierten Zustand und vor Ort stattfinden muss. Auf Grund der hohen Nachfrage an FVK-Bauteilen in der Luftfahrt und der Automobilindustrie können individuelle Reparaturpatches nicht vor Ort hergestellt werden. Sinnvoll erscheint hier eine Ausgliederung der Patchherstellung, wie sie in Abb. 1.1 dargestellt ist und aktuell für die Blechreparatur von Karosseriebauteilen eingesetzt wird.

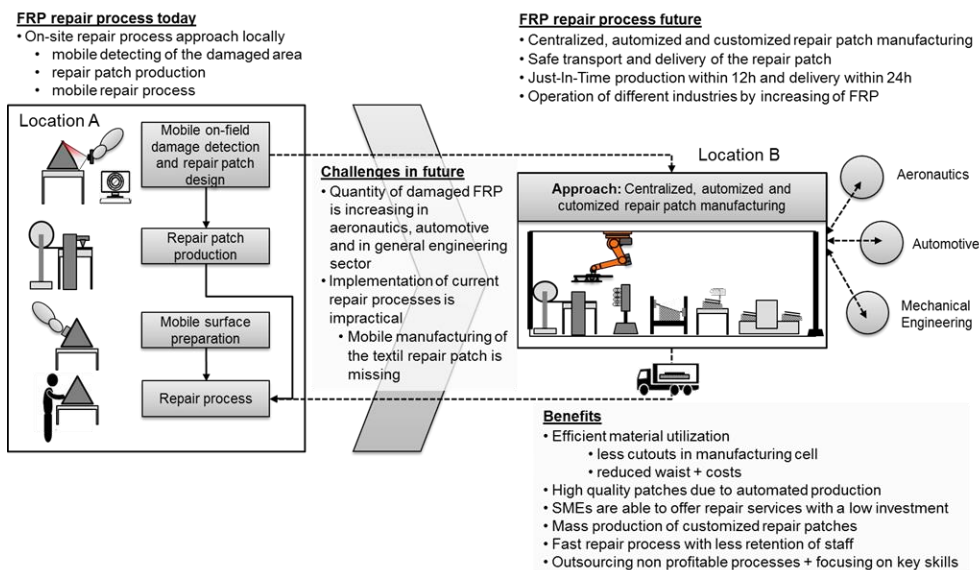


Abb. 1.1: Ziel und Lösungsansatz für die automatisierte Herstellung der Reparaturpatches

Reparaturkonzepte mit der Anforderung an sichere und schnelle Transportaspekte sind noch nicht im Fokus, werden jedoch durch die steigende Anzahl an FVK Bauteilen immer wichtiger.

So ist es das Ziel dieses Projektes, eine sichere Lieferung von maßgeschneiderten Reparaturpatches an den innereuropäischen Bedarfsort binnen 24 Stunden zu gewährleisten und die Resttragfähigkeit der reparierten Stelle auf 90 % zu steigern.

Um dieses Vorhaben umsetzen zu können, wird der Fokus auf eine „just-in-time“ Fertigung gelegt, wobei die Reparaturpatches zentralisiert und automatisiert hergestellt werden. In Verbindung mit einem neuartigen Transportansatz können die Patches sicher und schnell zum Reparaturort geliefert und so die Investitionskosten vor Ort geringgehalten werden (vgl. Abb. 1.2). Um die Resttragfähigkeit, wie bereits erwähnt, auf 90 % steigern zu können, werden die Reparaturpatches mit funktionalen Nanopartikeln versehen. Diese

rufen kovalente Wechselwirkungen zwischen Matrix und Verstärkung hervor und verbessern so die Anbindung des Patches an die zu reparierende Stelle. In Abb. 1.2 ist die, im Projekt vorgesehene Prozesskette dargestellt. Der Abbildung kann zusätzlich die Verantwortlichkeit der Projektpartner für die verschiedenen Teile der Prozesskette entnommen werden.

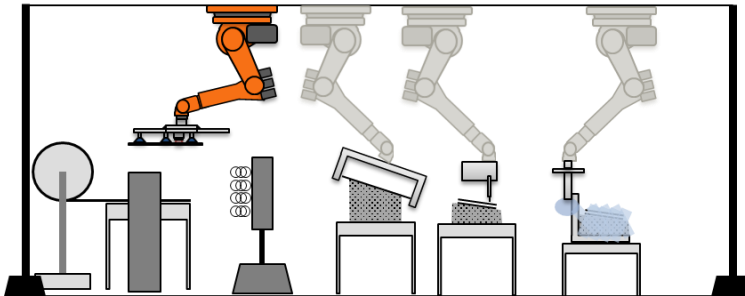


Abb. 1.2: Angestrebte Prozesskette des Reparaturkonzepts

Wie Abb. 1.2 zu entnehmen, wird die schadhafte Stelle zunächst durch ein mobiles 3D-Lasersystem gescannt. Hierbei werden Informationen wie Schneidgeometrie, Drapierinformationen und Nanoapplikationsort generiert. Anhand dieser Informationen kann der Reparaturpatch durch die Schneideinheit hergestellt werden. Die Patches werden wahlweise als Prepregs oder trockenen Textilien hergestellt um verschiedene Reparaturprozesse bis zu einer maximalen Größe von 400 mm x 400 mm durchführen zu können. Es folgt der Auftrag der Nanoapplikation auf den Patch. Parallel zur Herstellung des Textils produziert die Rapid-Tooling Einheit den Schaumträger als Hilfswerkzeug und Transportmedium. Auf diesem Schaum werden die fertigen Patches zu einem Preform kombiniert. Wobei zur Wahrung der Faserorientierung eine Tuftingeinheit die unterschiedlichen Lagen temporär auf dem Schaum fixiert. Der Transport zwischen den Stationen wird durch eine Handhabungseinheit, welche an einem Roboter befestigt ist, sichergestellt. Für den Transport wird dem Patch ein Temperatur- und Feuchtigkeitsindikator beigelegt, bevor alles durch eine Packeinheit versandfertig vorbereitet wird. Am Empfangsort müssen lediglich Versandfolie und Tuftingnaht entfernt werden, um den Patch zur Reparatur verwenden zu können. Der Schaumträger dient weiterhin als Hilfswerkzeug.

### Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die



finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens „ARP2“. Das Forschungsvorhaben trägt das Förderkennzeichen 01DL17005A.

#### Kontakt

Marius-Konstantin Wiche (Marius.wiche@ita.rwth-aachen.de)

Sven Schöfer (Sven.Schoefer@ita.rwth-aachen.de)

Amool Raina (Amool.Raina@ita.rwth-aachen.de)