

## 3D-CFRP

Additive Manufacturing of Continuous Fibers Reinforced Polymer Materials for High Performance Structural Applications

|                                 |                                                                                                          |                        |               |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Produktion der Zukunft, 17. AS PdZ 2016 transnat.(M-Era.Net)                                             | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.05.2017                                                                                               | <b>Projektende</b>     | 31.10.2020    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2017 - 2020                                                                                              | <b>Projektlaufzeit</b> | 42 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | 3D printing, polymer composites, fibre reinforcement, high performance composites, mechanical properties |                        |               |

### Projektbeschreibung

Der Inhalt des Forschungsvorhabens fällt in das Thema 6 des M-ERA.NET Calls, „Materialien für additive Fertigung“. Innerhalb dieser weit gefassten Thematik, werden sich die Forschungsaktivitäten im eingebrachten Projekt auf die Entwicklung von neuen Materialien und Technologien zur Herstellung von hochbelastbaren Bauteilen aus Endlosfaser-verstärkten Polymeren (Continuous Fibers Reinforced Polymer - CFRP) im FFF (Fused Filament Fabrication)-Verfahren fokussieren. Das strategische Ziel ist es, einen Rahmen zu schaffen (Aufbau von Know-How, Technologieentwicklung, Bewertung von Eigenschaften und Leistungsfähigkeit, Leistungssteigerung, Definition von Anwendungsbereichen und Einschränkungen, etc.) der es ermöglicht, 3D-gedruckte Composite-Bauteile als höchst effiziente Alternative für herkömmlich hergestellte CFRP-Komponenten in spezifischen Industrien (Luft- und Raumfahrt, Automotive, Wind Energie, etc.) einzusetzen.

Dieses ambitionierte strategische Ziel wird von den aktuell existierenden Einschränkungen im Bereich von 3D-gedruckten Kunststoffbauteilen - derzeit verfügbare Materialien und Technologien, Anwendungen die höchste Zuverlässigkeit und Materialperformance erfordern - getrieben. Aktuell werden in der FFF-Technologie hauptsächlich unverstärkte Polymere eingesetzt. Teilweise werden diskontinuierliche Füllstoffe wie Kurzfasern od. Partikel zur Verbesserung von Eigenschaften eingesetzt. Diese sind jedoch um ein Vielfaches niedriger als die zu erwartenden Kennwerte von CFRP-basierten Bauteilen. Die Forschung im Bereich von 3D-gedruckten Endlosfaser-verstärkten Bauteilen steht noch am Beginn. Gründe dafür sind unter anderem unzureichendes Know-How sowie fehlende technologische Reife. Zudem gibt es in Europa praktisch keine Entwicklungen zum Einsatz von CFRP in additiven Fertigungsverfahren.

Daher fokussieren die operativen Ziele des eingebrachten Forschungsvorhabens auf die Entwicklung von neuen Produkten und Methoden in Bezug auf folgende Aspekte: (i) mehrphasige Einsatzmaterialien für additive Fertigungsverfahren, (ii) Prozesstechnologien für diese Einsatzmaterialien und (iii) Eigenschaften und Leistungsfähigkeit der 3D-gedruckten CFRP-Composite-Bauteile. Durch Definieren, Verstehen und Lösen der dargestellten Aspekte, fallen die erwähnten Limitierungen weg und die strategischen Ziele können erreicht werden.

Zur Lösung der angeführten Herausforderungen bzw. zum Erreichen der erwarteten Ergebnisse sind folgende Forschungstätigkeiten notwendig: Auswahl von Fasern und Polymeren für additiv gefertigte bzw. 3D-gedruckte (FFF) Composite-Bauteile; Verbesserung der Haftung zwischen Faser und Polymermatrix; Entwicklung von 3D-Drucker

Verfahrenseinheiten, die einerseits auf die Verarbeitung von Endlosfaser-verstärkten Filamenten sowie andererseits auf die Zusammenführung einer Endlosfaser und eines unverstärkten Polymers direkt in der Düse ausgelegt sind; Integration von zusätzlichen Systemen (z.B. Laser-Vorheizsystem) in den FFF-Druck-Prozess zur Verbesserung der Qualität der gedruckten Bauteile; Entwicklung von Methoden zur Qualitätskontrolle und mechanischen Prüfung der gefertigten Composite-Materialien und Strukturbauteile; Erstellung der Eigenschafts-/Leistungsmatrix der hergestellten Composite-Materialien bzw. -Bauteile; Aufbau von Know How und Expertise bezüglich der Herstellung von hochleistungsfähigen 3D-gedruckten Composite-Bauteile für Strukturanwendungen sowie Kapazitäten zu deren Produktion.

Die Hauptwirkung des eingebrachten Projektes wird in den Bereichen Technologieentwicklung und Produktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette erwartet. Wichtige Schritte der aktuellen Produktionskette für Struktur-Bauteile aus CFRP könnten durch additive Fertigungstechnologien modifiziert bzw. vereinfacht werden. Beispielsweise würden keine komplexen und teuren Preforms, Werkzeuge und Harz-Injektionssysteme mehr benötigt. Des Weiteren würde durch die kompakten additiven Fertigungssysteme die Produktionsinfrastruktur nachhaltig beeinflusst werden. Diese Aspekte, kombiniert mit einer Reduzierung von Ausschussmaterial, was charakteristisch für additive Fertigungsprozesse ist, können zusätzlich eine positive ökologische Wirkung hervorrufen.

## **Abstract**

The topic of the research proposal corresponds to the Topic 6 of the M-ERA.NET call, namely "Materials for additive manufacturing". Inside of this rather wide topic, the proposed research will focus on the development of new materials and technologies for Fused Filament Fabrication (FFF) of high performance Continuous Fibers Reinforced Polymer (CFRP) composite parts which can be used under high mechanical loading conditions. The strategic goal of the research is to provide the frame (build the know-how, develop the technology, assess properties and performances, investigate the domain of applicability and limitations, so) which would open the door of using the 3d printed composite parts as a more efficient alternative to the traditionally manufactured high performance CFRP components in specific industries like automotive, aerospace, wind energy, so. Various types of reinforcing fibers (carbon, glass, aramid) and thermoplastic matrix will be addressed by the research work.

This strategic level target is motivated by the limitations that currently exist in the field of 3d printed polymer components, with respect to both the available materials sets and technologies, regarding the usage of these materials and components in high structural performance and high reliability applications. The current state of the art of the FFF technology for polymer materials corresponds to the usage of the sole polymer to produce the final part; at most, discontinuous micro-fillers could be used in order to improve the properties and performances of the 3d printed part, which are still far lower compared to the potential properties and performances of the CFRP based parts. The research into the methods of obtaining CFRP components as the output of the 3d printing process is only at its beginning, featuring a low degree of know-how and technological maturity; moreover, the development of these methods in Europe is almost inexistent.

This is why the operational objectives of the proposed research are focused on the development of new products and methods in terms of the multiple and coupled aspects of: (i) multiphase constituent input materials for the AM process, (ii) processing technology for the input materials, and (iii) properties and performances of the final output CFRP composite 3d printed part. By addressing, understanding, and desirably solving the problems and challenges posed by each of the operational objectives, the aforementioned limitations can be released, and consequently the strategic goal could be achieved.

In terms of the expected results, these will naturally come from solving the problems specific to each of the operational objectives: selected sets of input fiber and polymer constituent materials for composite AM/FFF; methods for improving the

compatibility of fiber and polymer constituent materials, resulting thus in improved final properties and performances of the 3d printed parts; development of the 3d printer head able to combine and/or process the input constituent materials; development of the 3d printer device as a whole, considering the integration of the additional needed systems to assure the required parameters and the quality of the 3d printing process; specific methods (selection and improvement of the existing ones, or development of new ones, if needed) for quality control of the output composite material and structural components; specific methods (selection and improvement of the existing ones, or development of new ones, if needed) for properties and performance physical testing of the output composite material and structural components; properties and performance metrics of the output composite materials and parts; know-how, expertise and capacity of manufacturing high performance composite 3d printed parts for structural applications.

The main impact of the project is expected at the levels of technology development and production of the value chain. Main stages of the current production chain for CFRP structural parts could be highly modified and simplified by the more flexible AM technology; there could be no more need for manufacturing of complex and expensive preforms, tooling, or resin infusion machines and techniques, required by current composite manufacturing technologies. Moreover, the more compact AM technology will result in an impact on the needed infrastructure for production. These aspects, combined with a reduction of the scrap materials which is a characteristic attribute of any AM process, could in turn have a positive environmental impact.

### **Projektkoordinator**

- Kompetenzzentrum Holz GmbH

### **Projektpartner**

- HAGE3D GmbH
- PRIME Aerostructures GmbH
- Prirevo 3D-Solutions GmbH
- Universität Linz Institut für Konstruktiven Leichtbau
- Universität Linz Institute of Polymer Processing and Digital Transformation