

# 1 Einleitung

Leichtbau ist in der Entwicklung neuer Produkte ein vielfach gefordertes Kriterium, wodurch die Produktleistungsfähigkeit verbessert und neue Einsatzbereiche erschlossen werden können. Besonders wichtig ist eine leichte Bauweise bei bewegten Massen, weshalb der Flugzeugbau Ursprung vieler Leichtbauweisen ist. Gewichtseinsparungen führen zu direkten Effizienzsteigerungen, welche sich in gesteigerten Nutzlasten, verlängerten Reichweiten und verringerten Betriebskosten widerspiegeln.

Im Kontext der steigenden Anforderungen an Bauteilleistungsfähigkeit und Gewicht, rücken neue Werkstoffe vermehrt in den Fokus. Faserverbund-Kunststoffe (FVK) ermöglichen Leichtbauteile mit hohen mechanischen Eigenschaften und sind eine attraktive Alternative zu metallischen Werkstoffen. Aufgrund hoher Material- und Fertigungskosten erfolgt die breite Anwendung jedoch nur schleppend. Technologisch können die Hemmnisse gemindert werden, zum Beispiel durch die Steigerung der Prozessstabilität und einer Reduktion von Prozessschritten.

Mit der Entwicklung des Tape-Legens ist es möglich, unidirektional faserverstärkte Prepreg-Tapes last- und gewichtsoptimiert abzulegen und somit Bauteile sowohl generativ als auch automatisiert herzustellen. Das Verfahren hat sich mittlerweile zur Fertigung großer struktureller Bauteile in der Luft- und Raumfahrt durchgesetzt. Als Weiterentwicklung von primär verwendeten Duroplasten sind thermoplastische Matrixsysteme sehr vielversprechend und bieten ein hohes Potential. Die Verarbeitung ist einfacher und bereits ausgereifte Technologien, z. B. Spritzgießen, können mit dem Tape-Legen kombiniert werden. Aber auch für thermoplastische Tapes sind Herausforderungen für eine breite Anwendung zu meistern.

Die Vielfalt an Materialkombinationen und fehlende Standards für Tapes führen zu aufwendigen Prozessuntersuchungen, und schwankende Tape-Qualitäten wirken sich direkt auf das Bauteil aus. Ebenso sind die realisierbaren Bauteilgeometrien durch die bisherigen verfügbaren Technologien begrenzt. Die Ablage und Erzeugung komplexer Geometrien bedarf in vielen Fällen Tape-Bahnen mit lateralen Kurven. Bereits bei großen Kurvenradien und der Verwendung schmaler Tapes entstehen Defekte in Form von Faserwellungen und Fehlstellen. Die Qualität Tape-gelegter Bauteile ist somit verbesserungsfähig.

Diese Dissertation hat zum Ziel, einen Beitrag zur Qualitätssicherung beim in-situ Tape-Legen zu liefern. Mit einer Konditionierung des Tapes wird die Laminatqualität bei kurvigen Pfaden verbessert. Darüber hinaus wird mit einer in-Prozess Tape-Überwachung das eingehende Tape geprüft, wodurch sich der Prozess entsprechend anpassen und regeln lässt.

## Introduction

In the development of new products, lightweight design is a frequently demanded criterion, which improves performance and opens up new areas of application. Lightweight design is particularly important for moving masses, which is why aircraft manufacturing is the origin of many lightweight methods. Weight savings lead to direct increases in efficiency, which are reflected in increased payloads, extended ranges and reduced operating costs.

In the context of the increasing demands on component performance and weight, new materials are increasingly coming into focus. Fiber-reinforced plastics (FRP) enable lightweight components with high mechanical properties and are an attractive alternative to metallic materials. Due to high material and manufacturing costs, however, their broad application is slow-growing. Technologically, the obstacles can be reduced, for instance by increasing process stability and reducing process steps.

With the development of the tape laying systems, unidirectional fiber-reinforced prepreg tapes can be placed in a load- and weight-optimized manner and thus components are produced both generatively and automatically. The process has meanwhile become established for the production of large structural components in the aerospace industry. As an advancement of primarily used thermosets, thermoplastic matrix systems are very promising and offer a high potential. Processing is simpler and mature technologies, e.g. injection molding, can be combined with tape laying. But also for thermoplastic tapes challenges for a wide range of applications have to be mastered.

The variety of material combinations and missing standards for tapes lead to complex process investigations and fluctuating tape qualities have a direct effect on the component. Manufacturable component geometries are also limited by the technologies available to date. In many cases, the creation of complex geometries requires non-geodesic tape paths. Even with large curve radii and the use of narrow tapes, defects occur in the form of fiber waviness and misalignment. The quality of tape-laid components can therefore be improved.

The aim of this dissertation is to contribute to quality assurance in in-situ tape laying. By conditioning the tape, the laminate quality is improved for curvy paths. In addition, in-process tape monitoring is used to check the incoming tape, enabling adaptive process control.