

## SMART

Smart coatings for corrosion protection of the airframes

<b>Programm / Ausschreibung</b>	TAKE OFF, TAKE OFF, TAKEOFF Ausschreibung 2019	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	07.09.2020	<b>Projektende</b>	30.11.2021
<b>Zeitraum</b>	2020 - 2021	<b>Projektlaufzeit</b>	15 Monate
<b>Keywords</b>	self-healing, corrosion protection, smart coatings, airframes, cellulose		

### Projektbeschreibung

Aufgrund des prognostizierten wachsenden Luftverkehrs in den kommenden Jahrzehnten steht die Luftfahrtbranche vor der Herausforderung einer zunehmenden Umweltbelastung. Leichtbau ist ein starker Hebel, um den Treibstoffverbrauch und damit auch die Emissionen des Luftverkehrs zu senken. Hochleistungsverbundwerkstoffe und Verbundbeschichtungen sind dank ihrer günstigen Kombination aus mechanischen Eigenschaften und geringem Gewicht eine Schlüsseltechnologie, um diese Ziele zu erreichen. Darüber hinaus bieten erneuerbare Materialien wie biobasierte Fasern und Harzsysteme potenzielle Umweltvorteile. Heutzutage sind technische Lösungen für Flugzeugzellen aufgrund der vielen günstigen Eigenschaften, wie hohe mechanische Festigkeit, leichte Recyclingfähigkeit und Verformbarkeit, immer noch stark von Metallen (meist Aluminium- und Titanlegierungen) abhängig. Ein großer Nachteil von Metallen ist jedoch ihre allgemein geringe Korrosionsbeständigkeit, die eine häufige Wartung der Komponenten erfordert, was zeit- und kostenaufwendig ist und bei sicherheitskritischen Systemen Sicherheitsbedenken aufwirft. Zusätzlich zu negativen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aspekten verursacht die Korrosion von Metallsystemen und Komponenten für die Mobilität erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt, die sich in der übermäßigen Ausbeutung wertvoller, aber begrenzter Rohstoffe niederschlagen. Darüber hinaus haben Korrosionsschutzsysteme nach dem Stand der Technik nur begrenzte Auswirkungen auf den Korrosionsschutz und/oder verwenden giftige Inhaltsstoffe (z.B. CrVI) mit nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Ziel des SMART-Projekts ist es daher, einen Proof-of-Concept (PoC) für umweltfreundliche, kostengünstige, selbstheilende Verbundbeschichtungen zum Korrosionsschutz von Flugzeugzellen zu entwickeln. Das vorgeschlagene Beschichtungssystem wird auf biologisch abbaubaren Naturprodukten (Zellulose-Nanofasern und umweltfreundlichen Korrosionsinhibitoren) basieren, die eine längere Nutzungsdauer, einen geringeren Energie- und Ressourcenbedarf aufgrund der Selbstheilungsfähigkeit aufweisen, leichter sind und im Vergleich zu modernen Korrosionsschutzsystemen eine bessere Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit ermöglichen. Zellulosefasern haben ein geringes Gewicht, einen geringen Abrieb, sind billig und erneuerbar und daher ein ausgezeichneter Kandidat für umweltfreundliche Verbundbeschichtungen für die Luftfahrtindustrie. Ein Nachteil von Zellulose-Nanofasern für Kompositbeschichtungen ist ihr hydrophiler Charakter, der sie mit hydrophoben Polymermatrizen unverträglich macht. Daher werden im SMART-Projekt verschiedene Vorbehandlungsverfahren der Cellulose-Nanofasern getestet, um die Grenzflächenhaftung zwischen den Fasern und der Epoxidmatrix zu verbessern. Die Korrosionsinhibitoren werden physikalisch oder chemisch an Zellulose-Nanofasern adsorbiert, in ein Epoxidharz eingebettet und anschließend auf die vorbehandelte Aluminiumlegierung aufgetragen. Die

Vorbehandlung des Substrats ist notwendig, um eine gute Haftung und damit ein optimales Korrosionsschutzvermögen der SMART-Beschichtungen zu gewährleisten. Ein weiteres wichtiges Ziel des SMART-Projekts wird es sein, den Auslöse-/Freisetzungsmechanismus des umweltfreundlichen Korrosionsinhibitors und den Korrosionsschutzmechanismus der entwickelten SMART-Beschichtungen zu verstehen. Dazu werden In-situ elektrochemische Messtechniken (z.B. Ionenmikrosonde, Scanning Vibrating Electrode Technique und Scanning Kelvin Probe), klassische elektrochemische Messungen und analytische Techniken eingesetzt werden. Der PoC des endgültigen SMART-Beschichtungssystems wird die Grundlage für die zukünftigen kollaborativen nationalen und internationalen F&E-Projekte im CEST bilden.

## Abstract

The forecast of growing air transport in the upcoming decades faces the challenge of an increasing environmental impact. Lightweight design is a strong lever to lower the fuel consumption and, consequently, with it the emissions of aviation. High performance composites and composite coatings are a key technology to help achieve these aims thanks to their favourable combination of mechanical properties and low weight. Moreover, renewable materials like bio-based fibres and resin systems offer potential environmental advantages. Today engineering solutions for airframes are still heavily dependent on metals (mostly aluminium and titanium alloys), due to the many favourable properties, such as high mechanical strength, easy recyclability and formability. However, a major drawback of metals is their generally low corrosion resistance, which requires frequent maintenance of components, which is time consuming and costly and raises safety concerns in the case of safety critical systems. In addition to negative economical and societal aspects, corrosion of metal systems and components for mobility causes significant impact on the environment that is reflected in overexploitation of valuable but limited raw materials. Moreover, state of the art corrosion protection systems have limited effects on corrosion protection and/or use toxic ingredients (e.g. CrVI) with adverse effects on human health and the environment.

Therefore, the aim of the SMART project is to develop a proof-of-concept (PoC) on eco-friendly, cost effective, self-healing composite coatings for corrosion protection of airframes. The proposed coating system will be based on biodegradable natural products (cellulose nanofibers and eco-friendly corrosion inhibitors) with extend utilisation lifetime, lower energy and resource demand due to the self-healing ability, will be lighter and allow for better reuse and recyclability compared to state-of-the-art corrosion protection systems. Cellulose fibres possess low weight, low abrasive nature, are cheap and renewable and therefore excellent candidates for eco-friendly composite coatings for the aviation industry. One drawback of cellulose nanofibers for composite coatings is their hydrophilic character, which makes them incompatible with hydrophobic polymer matrices. Therefore, in the SMART project different pre-treatment procedures of the cellulose nanofibers will be tested to improve the interfacial adhesion between the fibres and the epoxy matrix. The corrosion inhibitors will be physically or chemically adsorbed on cellulose nanofibers, embedded into an epoxy resin and subsequently applied on the pre-treated aluminium alloy. The pre-treatment of the substrate is necessary in order to provide good adhesion and therefore optimal anticorrosion ability of the SMART coatings. Another important goal of the SMART project will be to understand the triggering/release mechanism of the eco-friendly corrosion inhibitor and the corrosion protection mechanism of the developed SMART coatings. Therefore In-situ electrochemical measurement techniques (e.g. Ion microprobe, Scanning Vibrating Electrode Technique and Scanning Kelvin Probe), classical electrochemical measurements and analytical techniques will be used.

The proof of concept of the final SMART coating system will be the foundation for the future collaborative R&D national and international projects in CEST.

## **Projektpartner**

- CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächentechnologie GmbH