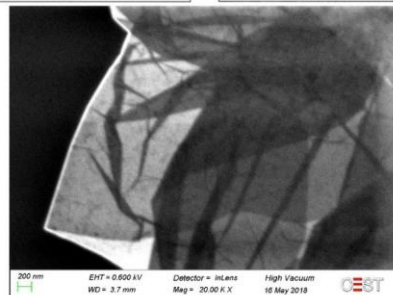
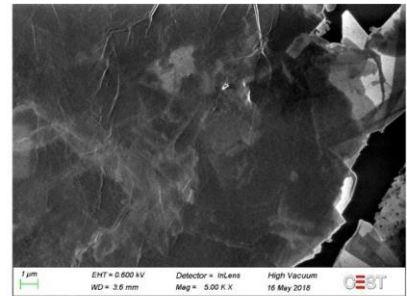
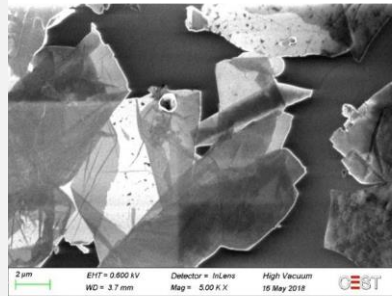


**CEST**  
**Centre of Excellence in Electro-chemical Surface Technology and Materials**

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET-Zentrum K1

Projekttyp: NOVEL COATINGS,  
 Multi-Firm-Projekt, 01/2016-12/2018



## GRAPHENBASIERTE MATERIALIEN FÜR DIE ANWENDUNG AUF METALLISCHEN OBERFLÄCHEN

Im Rahmen des Projektes wurden innovative Korrosionsschutzbeschichtungen auf Graphenbasis für verzinkte Stahl- und Aluminiumoberflächen entwickelt.

Die Korrosion verursacht erhebliche wirtschaftliche Schäden, die sich jährlich auf Milliarden Euro belaufen können. Korrosion gehört zum Alltag - zum Beispiel in Industrieanlagen, Kraftwerken, in der Ölförderindustrie, auf Brücken oder im Bauwesen, aber auch in der Luftfahrt- und Automobilindustrie. Durch ein massives Wachstum der industriellen Produktion müssen neue innovative Wege gefunden werden, um den heute gestiegenen Anforderungen an den Korrosionsschutz von Werkstoffen gerecht zu werden. Hinzu kommen die ökologischen Anforderungen an Korrosionsschutzprodukte, wie z.B. die Aufnahme von für die Chromatierung wesentlichen Cr(VI)-Verbindungen in den Anhang XIV der EU-Verordnung REACH (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals) und das voraussichtliche Inkrafttreten auch in der

Luftfahrtindustrie im Jahr 2024. Darüber hinaus könnte durch die Suche nach neuartigen umweltfreundlichen Materialien und Methoden eine effektivere Korrosionsbeständigkeit auf eine kostengünstigere Weise erreicht werden. Wenn zum Beispiel ein spezifischer Zusatzstoff gefunden werden könnte, der, in ein Lacksystem eingebracht, die Korrosionsbeständigkeit massiv verbessern kann, könnte die Dicke der Lackschicht reduziert werden, was natürlich ein bedeutender wirtschaftlicher Aspekt wäre. In all diesen Punkten soll die Rentabilität und damit die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Unternehmen erhalten bzw. verbessert werden. In diesem Projekt wurden Nanoadditive, basierend auf dem Material des 21. Jahrhunderts, Graphen, synthetisiert, charak-

## SUCCESS STORY

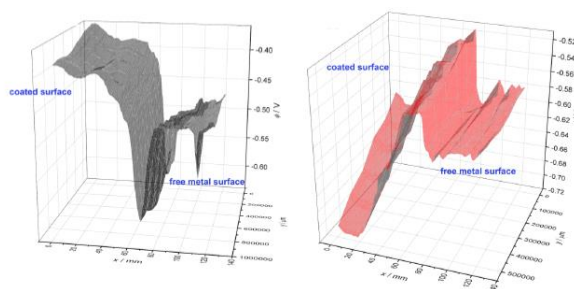
terisiert, modifiziert, aufgebracht und in korrosionsschützenden organischen Beschichtungen auf Stahl- und Aluminiumoberflächen getestet.

Im Rahmen des Projektes war die erste wichtige Aufgabe, graphenbasiertes Material mit angemessener Qualität zu synthetisieren, indem eine möglicherweise kostengünstige Methode mit einem Potenzial für „Up-scaling“ verwendet wurde. Hier wurde eine innovative elektrochemische Methode modifiziert und weiterentwickelt. Graphit wurde unter anodischen Bedingungen in geeigneten Elektrolytlösungen exfoliert, wobei gleichzeitig die Oxidation der Kohlenstoffatome stattfand. Das Ergebnis ist Graphenoxid, ein Nanomaterial, das sich aus Kohlenstoffatomen und je nach Oxidationsgrad aus einer Reihe organischer funktioneller Gruppen zusammensetzt. Diese funktionellen Gruppen ermöglichen eine breite Funktionalisierungsmöglichkeit des Materials, wodurch eine gute Integrierbarkeit in die entsprechenden organischen Lacksysteme erreicht werden kann. All dies wurde im Rahmen des Projektes durchgeführt, speziell für die Stahl- und Aluminiumoberflächen und für die von den Projektpartnern bereitgestellten Lacksysteme.

Die gezielte Entwicklung von Material auf Graphenbasis erfolgte auf der Grundlage einer tiefgreifenden wissenschaftlichen Untersuchung des Materials, bei der eine komplexe Analyse der Zusammensetzung und der Struktur durchgeführt wurde, wobei Techniken von den einfachsten chemisch-analytischen bis hin zu den instrumentell-analytischen Techniken eingesetzt wurden. Mittels Raman-Spektroskopie wurde der Oxidations- und Exfoliationsgrad, mittels Rasterelektronenmikroskopie, Röntgenbeugung und Rastkraftmikroskopie die Struktur, mittels chemischer Methoden die Zusammensetzung ermittelt. Die Zusammensetzung wurde durch verschiedene chemische Synthesemethoden fein abgestimmt. Nicht nur das Material auf Graphenbasis, sondern auch freistehende (noch nicht auf metallische Oberflächen aufgetragene) Lackschichten, die Graphenmaterial enthalten, wurden hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit für verschiedene korrosive Spezies wie Wasser- und Sauer-

stoffmoleküle und für wichtige Verbindungen gezielter technischer Anwendungen (z.B. spielt bei verzinkten Stahloberflächen die Zinkdurchlässigkeit eine wichtige Rolle) untersucht. Hier wurden innovative, selbst entwickelte elektrochemische Tests berücksichtigt und eingesetzt. Durch diese Ergebnisse konnte die am besten geeignete Materialzusammensetzung auf Graphenbasis für ein Korrosionsschutzanstrichsystem bestimmt und eine starke Verbesserung der Korrosionseigenschaften vorhergesagt werden.

Nach dem Auftragen des graphenbasierten Lackes auf Stahl- und Aluminiumoberflächen wurde ein Korrosionstest bestehend aus elektrochemischen und technischen Untersuchungen durchgeführt. Die elektrochemische Impedanzprüfung zeigte verbesserte Widerstände der Schicht ( $>10^8 \Omega$ , 2-3 Größenordnungen höher als Schichten ohne Graphen), eine um eine Größenordnung geringere Wasseraufnahme und Korrosionsströme. Die Untersuchungen mit der Scanning-Kelvin-Sonde zeigten, dass Material auf Graphenbasis die Oberfläche dort schützen kann, wo die Beschichtung verletzt wurde - die potenziellen Eigenschaften zeigen, dass die anodische Reaktion gehemmt wird (*Abbildung 1*).



*Abbildung 1 3D-Scans einer Fläche von 100 x 100 mm im Übergangsbereich (Richtung beschichtet - unbeschichtetes Teil)*

Neutrale (NSS) und kupferbeschleunigte Essigsäure-Salzsäure-Sprühnebeltests (CASS) zeigen eine mindestens doppelt so lange Lebensdauer und eine gehemmte kathodische Delaminierung für Stahl- und Aluminiumproben, die mit den Farbschichten auf Graphenbasis beschichtet sind (*Abbildung 2*).

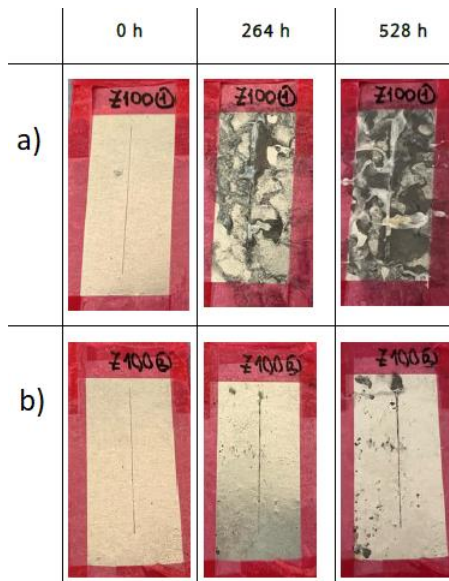


Abbildung 2 Beschichtete verzinkte Stahlbleche nach 528 h Salzsprühnebelprüfung (a) ohne graphenbasiertes Material, b) mit graphenbasiertem Material)

### Wirkungen und Effekte

Die erzielten hervorragenden Ergebnisse stellen einen bemerkenswerten wirtschaftlichen Nutzen dar. Durch die Verwendung von Material auf Graphenbasis in der organischen Beschichtung können dünnere Schichten aufgetragen werden, oder auch dünnere galvanische Zinkschichten wären bei gleicher organischer Schichtdicke notwendig, was zu erheblichen

Energieeinsparungen führt, in erster Linie für die Automobil- und Schiffsindustrie. BASF Coatings, voestalpine, Welser Profile, TU Wien und CEST haben auf Basis der hervorragenden Ergebnisse des Projektes NOVEL COATINGS ein Patent angemeldet (Anmeldung in Bearbeitung).

Darüber hinaus können die Ergebnisse nicht nur aufgrund von Korrosionsaspekten, sondern auch aufgrund anderer funktioneller Eigenschaften verschiedene andere Industriezweige revolutionieren. Wenn man bedenkt, dass in diesem Projekt ein einfacherer Verbundwerkstoff auf der Basis von Graphenmaterialien entwickelt wurde, ebnet dies den Weg in Richtung Luftfahrtsysteme, bei denen die integrierten wasserundurchlässigen, lichtschatz- und brandschutztechnischen Eigenschaften und das Enteisungspotential aufgrund der hohen Leitfähigkeit von Materialien auf Graphenbasis im Mittelpunkt des Interesses stehen. Hier wurde aufgrund des Erfolges von NOVEL COATINGS bereits ein vom CEST vorgeschlagenes Projekt für eine EU-Förderung bewilligt ( $\mathcal{N}^{\circ}$  886376 GRAPHICING, Projektleiter Dr. Peter Velicsanyi) und namhafte europäische Luftfahrtunternehmen haben ebenfalls eine Zusammenarbeit mit dem Zentrum begonnen.

### Projektkoordination (Story)

Mag. Jürgen Schodl  
Senior Researcher

### Kontakt (Story)

Dr. Peter Velicsanyi  
Senior Researcher  
T +43 (0) 2622 22266 13  
peter.velicsanyi@cest.at

### CEST Kompetenzzentrum für Elektrochemische Oberflächentechnologie

Viktor-Kaplan-Straße 2  
2700 Wiener Neustadt  
T +43 (0) 2622 22266  
office@cest.at  
www.cest.at

## SUCCESS STORY



### Project Partner

- voestalpine AG, Österreich
- BASF Coatings GmbH, Deutschland
- Welser Profile GmbH, Österreich
- Technische Universität Wien, Österreich

Diese Success Story wurde von der Zentrumsleitung und den genannten Projektpartnern zur Veröffentlichung auf der FFG Website freigegeben. Das COMET-Zentrum CEST wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMDW, Land NÖ und OÖ gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Weitere Informationen zu COMET: [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)