

## PROJEKTVORHABEN

# Kontakt- und Langzeitverhalten selbstschmierender Beschichtungen in stromtragenden Verbindungen der Elektroenergietechnik

Durch die Energiewende und die Elektrifizierung des Individualverkehrs werden die Anforderungen an den sicheren und zuverlässigen Transport von Elektroenergie gesellschaftlich noch wichtiger. Ein stabiles Stromnetz erfordert ein hohes Maß an Zuverlässigkeit aller beteiligten Komponenten. Gerade Verbindungsstellen, an denen elektrische Energie von einem Leiter auf einen anderen übertragen wird, stellen dabei häufig kritische Punkte dar. Beschichtungen der einzelnen Kontaktpartner sind dabei bereits seit Jahren Stand der Technik. Die steigenden Ansprüche und Herausforderungen erfordern den Einsatz neuer Materialien, mit denen bestehende Betriebsmittel weiterentwickelt werden können.

Die Anforderungen an Beschichtungen im Bereich stromführender Steckverbindungen in Stromnetzen sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Durch die kompaktere Bauweise der Geräte und eine steigende Leistungsdichte erhöhen sich die Temperaturen im Einsatz. Wird zusätzlich eine hohe Anzahl an Steckzyklen gefordert, sind die konstruktiven und montagetechnischen Herausforderungen hoch. Steckverbindungen mit hoher Steckzyklenzahl werden derzeit mit einem Kontaktschmiermittel vorbehandelt, um den Reibverschleiß im Betrieb zu minimieren. Das Kontaktschmiermittel muss langzeitstabil und temperaturbeständig sein, damit die geforderten Einsatzzeiten von zum Teil mehreren Jahrzehnten erreicht werden können. Bei der Montage muss auf eine exakte Dosierung des Kontaktschmiermittels geachtet werden, sodass der Kontaktwiderstand nur moderat erhöht, gleichzeitig aber der Reibwert zuverlässig verringert wird. Zudem enthalten die eingesetzten Materialien meist Fluorchemikalien, welche sowohl in der Beschaffung teuer als auch in der Herstellung bzw. Entsorgung problematisch sind. Als potentielle Alternative zum Einsatz von Kontaktschmiermitteln auf herkömmlichen Beschichtungen sollen galvanische Dispersionsschichten mit selbstschmierenden Eigenschaften untersucht werden, wie z.B. Ag-C (Silber-Graphit) oder Ag-hBN (Silber-hexagonales Bornitrid). Durch den Einsatz dieser Systeme werden sowohl Verbesserungen im Kontaktverhalten bei der Montage, in der Temperaturbeständigkeit als auch im Langzeitverhalten im Betrieb erwartet. Mögliche Einsatzgebiete der selbstschmierenden Beschichtungen liegen im Bereich der Energieversorgung, wenn bewegliche Teile kontaktiert werden oder Betriebsmittel mit geringem

Aufwand montier- und demontierbar sein müssen. Eine typische Anwendung im Bereich der Stromnetze sind steckbare Kabelanschlüsse bei Transformatoren. Auch in stationären Verbindungen innerhalb von gasisolierten Schaltanlagen ist der Einsatz von selbstschmierenden Beschichtungen aufgrund der durch thermische Dehnung entstehenden Reibung sinnvoll. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Elektromobilität (Ladesteckverbinder).



Abb. 1: Steckverbinder für Hochstromanwendungen im Neuzustand (oben) und nach 10,5 Mio. Reibzyklen (unten) [1]

Basierend auf einer teilweise bereits in Vorarbeit durchgeführten Literatur- und Patentrecherche wird ein Versuchsplan mit den möglichen Beschichtungen und wichtigsten Einflussparametern erarbeitet. Es werden Modellgeometrien beschichtet, an denen das Kontaktverhalten untersucht wird. Beschichtungen, die die Anforderungen an das Kontaktverhalten erreichen, werden näher untersucht. Dazu werden z.B. Kontaktelemente und/oder Buchsen und Stecker beschichtet und Reibverschleißversuche durchgeführt. Ziel ist es dabei, die geforderte Zyklenzahl zu erreichen, ohne dass die Steckverbindungen versagen. Die Ergebnisse sollen mit den herkömmlich mit Kontaktschmiermittel vorbehandelten Steckverbindungen verglichen werden.

Das Arbeitsprogramm wird zwischen den beiden Forschungsstellen fem und IEEH sowie mehreren Industriepartnern aufgeteilt. Die Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungsstellen hat sich bereits in mehreren vorangegangenen gemeinsamen Forschungsprojekten bewährt (z.B. AiF-Projekte 17 EWBG<sup>1</sup> und 17860 BG<sup>2</sup>). Am fem erfolgen Beschichtungsversuche im Labormaßstab, metallografische Untersuchungen (Ausgangs- bzw. gealterter Zustand) sowie Reibwertbestimmungen an einem Normprüfaufbau. Die Untersuchungen zum Kontaktverhalten und die Versuche zum Reibverschleiß an

realen Steckverbindungen werden am IEEH durchgeführt. Als industrieller Verbundpartner beteiligt sich die Fa. CCT als Spezialist für Dispersionsabscheidungen in Form einer Übertragung und Optimierung auf den Technikmaßstab zur maßgeschneiderten Beschichtung von industriellen Probekörpern.

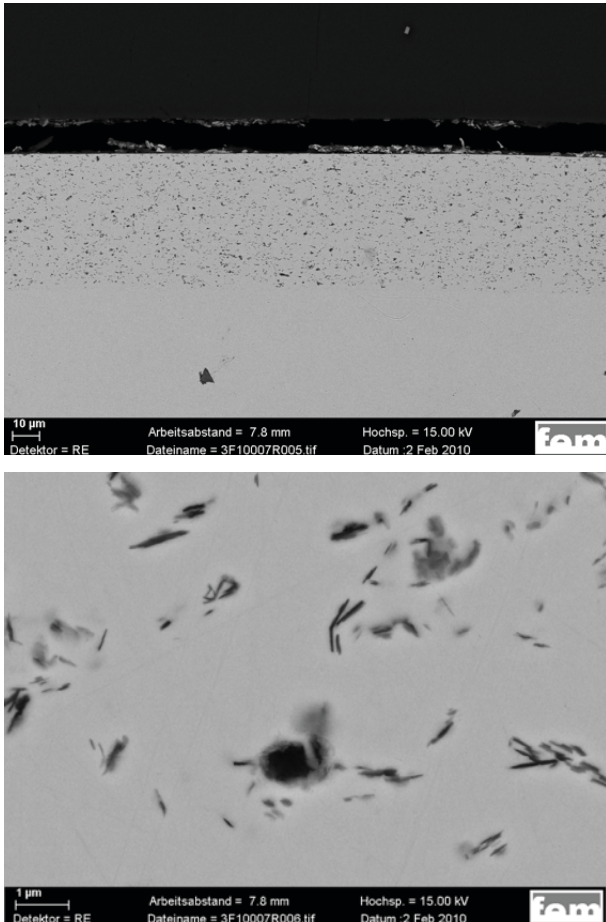


Abb. 2: REM-Querschliffaufnahmen einer Nickel-hBN-Schicht von Fa. CCT [2]

Der vierte Verbundpartner, Rosenberger, führt als Anwender der Technologie temperaturabhängig Tribologieprüfungen und elektrische Simulationen der Steckverbinder durch. Weitere Firmen, die sich als assoziierte Partner in das Projekt einbringen, sind Anwender aus dem Bereich der Elektroenergie-technik: Siemens (Abteilung Gas-

isolierte Schaltanlagen) und Stäubli Electrical Connectors. Sie geben Hilfestellung beim Erstellen des Anforderungsprofils, stellen zu beschichtende Probekörper zur Verfügung und führen interne Qualifizierungen durch.

Von Elektrolytherstellerseite (Schlötter) werden Silber-elektrolyte sowie Know-How in der Prozessführung und -qualifizierung zur Verfügung gestellt. Die Fa. Henze als Partikelieferant für hBN stellt zudem für eine erleichterte Einbringung der Partikel in den Elektrolyten zur Verfügung, ggf. nach entsprechender Modifizierung für cyanidische Lösungen.

<sup>1</sup>Zuverlässigkeit und Sicherheit von Betriebsmitteln in Niederspannungsverteilstationen für die Anwendung im Bereich der Windkraft- und Photovoltaikanlagen (Laufzeit 1.6.2017–31.5.2019)

<sup>2</sup>Auswirkung von Oxiden innerhalb galvanischer Beschichtungen auf die Zuverlässigkeit und das Langzeitverhalten elektrischer Verbindungen der Energietechnik (Laufzeit 1.12.2014–31.5.2017)

## Literatur

- [1] Lücke, Großmann, Löbl, Ledermann, Freudiger: *Untersuchungen zum Gleitverschleiß an Rundsteckverbindern mit Kontaktlamellen*. Metall 64, 11/2010, S. 517–520
- [2] Abschlussbericht ZIM-Projekt KF2342802OH9: *Galvanische Nickelschichten als Verschleißschutzschichten für Tiefdruckzylinder*, IPT/fem, 2009–2010

## Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Förderung des Verbundprojekts 03EI6011.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projekt: BMWi-Verbundprojekt 03EI6011

Laufzeit: 1.9.2019 – 30.8.2022

### Verbundpartner

IEEH | Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik an der TU Dresden  
CCT Composite Coatings Services GmbH | Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG

### Industriepartner

Henze BNP AG | Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG | Siemens AG | Stäubli Electrical Connectors GmbH

### Ansprechpartner

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd  
Dr. Ann-Kathrin Egetenmeyer, egetenmeyer@fem-online.de, T +49 7171 1006-314  
Dipl.-Ing. Heidi Willing, willing@fem-online.de, T +49 7171 1006-313