

## ELEKTRISCH LEITFÄHIGE KALANDERFOLIEN AUF SILIKONBASIS

BMWi INNO-KOM 49MF190038 | Laufzeit: 09.2019 – 08.2021 | Minoj Gnanaseelan, Oliver Klimmt, Kristin Trommer, FILK Freiberg  
Kategorien: Funktionale Schichtsysteme

---

### AUSGANGSSITUATION

Elektrisch leitfähige Silikonschichten weisen aufgrund ihrer gleichbleibend hohen Flexibilität über einen weiten Temperaturbereich sowie ihrer hohen Temperaturbeständigkeit und Flammwidrigkeit für viele Anwendungsbereiche vorteilhafte Eigenschaften auf. Sie sind beispielsweise geeignet, stromführende metallische Komponenten in Leichtbauanwendungen sowie Wearables zu substituieren. Hohe spez. Leitfähigkeiten ( $>75 \text{ S/m}$ ) bei niedrigem Partikelgehalt ( $<5 \text{ m\%}$ ) lassen sich bisher nur mit niedrigviskosen, lösemittelhaltigen Silikonmassen erzielen, die allerdings nur für die Herstellung dünner Schichten  $<150 \mu\text{m}$  geeignet sind. Mit Verarbeitungsverfahren wie der Extrusion oder dem Kalandrieren, die in der Thermoplastverarbeitung üblich sind, könnten dickere Schichten mit hoher Leistung hergestellt werden. Allerdings führt die Einarbeitung der erforderlichen Nanopartikel über Extrusion aufgrund der auftretenden höheren Scherraten zu einer partiellen Zerstörung der langgestreckten CNT-Partikelstruktur, wodurch ein im Vergleich zur Streichbeschichtung deutlich höherer CNT-Gehalt ( $>15 \text{ \%}$ ) für die angestrebte hohe Leitfähigkeit erforderlich ist.

### PROJEKTZIEL

Ziele des FuE-Vorhabens waren die Entwicklung eines scherungsarmen Verarbeitungsprozesses und einer geeigneten Formulierung, die es ermöglichen, Carbonnanopartikel mit hohem Aspektverhältnis zerstörungsfrei und ohne Lösemittelzusatz in Silikonmassen einzuarbeiten, um daraus im Kalanderverfahren elastische, elektrisch leitfähige Folien mit hohen Schichtdicken herzustellen. Dabei wurde ein Gehalt leitfähiger Partikel um  $5 \text{ m\%}$  angestrebt.

### LÖSUNGSWEG

Zur Realisierung der Ziele wurden anstelle der für den Kalanderverfahren üblichen Festsilikone (HCR) Flüssigsilikone (LSR) verwendet. Die Einarbeitung der Carbonnanopartikel, vorzugsweise multi walled Carbonnano-

tubes (MWCNT), in die niedrigviskosen LSR durch Kalandrieren bewirkt eine drastische Erhöhung der Viskosität, sodass hochviskose Massen mit einer schmelzeähnlichen Rheologie resultieren, die auf einem Kalander zu Folien verarbeitbar sein sollten.

Die Entwicklung wurde in 3 Schwerpunkten bearbeitet:

- Entwicklung von CNT-haltigen LSR-Rezepturen, die für die Verarbeitung zu Folien am Kalander geeignet sind
- Entwicklung geeigneter Prozessparameter für die Herstellung von Kalanderfolien aus den CNT-haltigen LSR-Massen
- Charakterisierung der Erzeugnisse hinsichtlich der elektrischen und mechanischen Eigenschaften

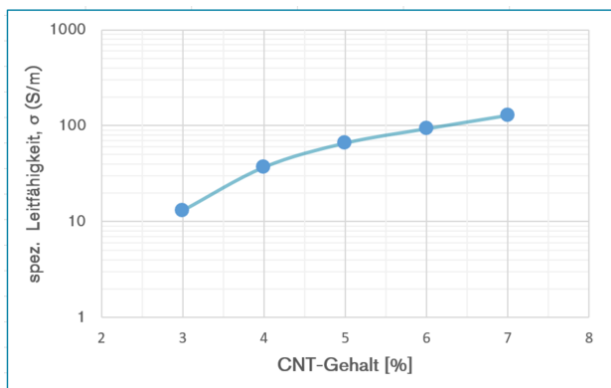


Abb.1: Spezifische Leitfähigkeit von MWCNT-haltigen Silikonschichten im Bereich 3 – 7 % CNT-Gehalt

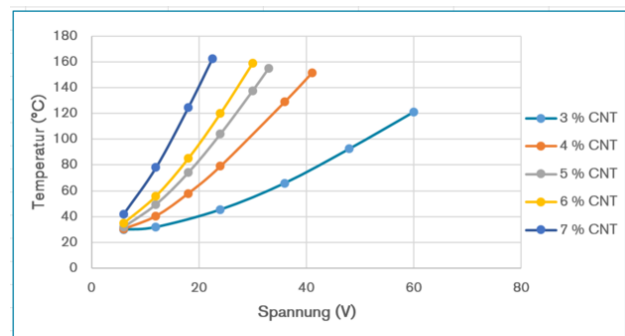


Abb. 2: Erwärmung MWCNT-haltiger Schichten in Abhängigkeit vom CNT-Gehalt (Schicht 500  $\mu$ m dick, 10 cm Elektrodenabstand)

## ERGEBNISSE | NUTZEN

Im Ergebnis der Arbeiten ist es gelungen, Flüssigsilikone mit MWCNT und weiteren Verarbeitungshilfsmitteln zu kalandrierfähigen Compounds aufzubereiten, die eine Schichtbildung mit Dicken  $>200 \mu$ m ermöglichen. Für eine zerstörungsfreie Einarbeitung der MWCNT in die Silikonmasse unter Ausbildung eines elektrisch leitfähigen Netzwerkes wurde eine Aufbereitung mittels Knetter erarbeitet. Es wurden Compounds mit 3 m-% bis 7 m-% MWCNT-Gehalt hergestellt und im kontinuierlichen Kalanderverfahren zu Beschichtungen und Folien weiterverarbeitet. Anders als bei Thermoplasten muss bei der Verarbeitung der LSR das Temperaturregime der Walzen von niedriger Temperatur zur Schichtbildung auf eine hohe Temperatur zur Vulkanisation abgestimmt werden.

Mit dem neuartigen Verarbeitungsprozess von MWCNT-haltigen LSR-Compounds konnten elektrisch leitfähige Schichten mit einer spez. Leitfähigkeit  $>110 \text{ S/m}$  und einer Schichtdicke von 300-550  $\mu$ m hergestellt werden. Schichten mit 500  $\mu$ m Dicke, 7 m% MWCNT und einem Elektrodenabstand von 10 cm wiesen bei 23 V eine Flächenleistung von 3975  $\text{W/m}^2$  auf. Diese ist ausreichend, um die Schicht um ca. 140 K zu erwärmen.

Bericht anfragen



## DANKSAGUNG

Das Forschungsvorhaben „Elektrisch leitfähige Kalenderfolien auf Silikonbasis“, Reg.-Nr.: 49MF190038 wurde anteilig vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages innerhalb des Förderprogramms „FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen – Innovationskompetenz (INNO-KOM) – Modul Marktorientierte Forschung und Entwicklung (MF)“ über den Projektträger EuroNorm GmbH gefördert. Wir bedanken uns für die gewährte Unterstützung.

Gefördert durch:



**INNO-KOM**

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages