



## Abschlussbericht

# Entwicklung von polymeren Nanokompositen mit gleichzeitig verbesserten mechanischen und elektrischen Eigenschaften für die Elektro- und Elektronikindustrie sowie die Kommunikationstechnologie

Laufzeit des Vorhabens:  
01.05.2007 bis 31.07.2010

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

BETREUT VOM



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
im Karlsruher Institut für Technologie



Editor: Anja Kamper  
Hans-Joachim Radusch

**Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**  
Zentrum für Ingenieurwissenschaften  
Professur Kunststofftechnik  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Radusch  
06099 Halle/Saale

Abschlussbericht BMBF-Forschungsprojekt

„Entwicklung von polymeren Nanokompositen mit gleichzeitig verbesserten mechanischen und elektrischen Eigenschaften für die Elektro- und Elektronikindustrie sowie die Kommunikationstechnologie“

Halle, 2010

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie.

Siehe <https://portal.d-nb.de>

ISBN 978-3-86829-287-9

Gedruckt von druck-zuck GmbH  
Seebener Straße 4  
06114 Halle/Saale

| Projektpartner  | Teilvorhaben   | Fördernr. |        |
|---|--|-----------|--------|
| <b>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg</b>         | Morphologiebildungsmechanismen und Dispersionskinetik im Compoundierprozess                                      | 02PU2391  | MLU    |
| <b>Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.</b> | Stoffliche-verfahrenstechnische Zusammenhänge beim Schmelzemischen   | 02PU2392  | IPF    |
| <b>Schuster Kunststofftechnik GmbH</b>                    | Optimierung des Spritzgussprozesses für die Kompositeigenschaften  | 02PU2393  | SKT    |
| <b>Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V.</b>            | Inline-Prozesskontrolle der elektrischen Leitfähigkeit   | 02PU2394  | DKI    |
| <b>Bayer MaterialScience AG</b>                           | Scale-up und Optimierung der Compoundierung für den technischen Maßstab, Spritzgießverarbeitung, Materialprüfung | 02PU2395  | BMS    |
| <b>Evonik Degussa GmbH</b>                                | Entwicklung verarbeitungs-/ qualitätsgesicherter PA 12- und PEEK-CNT-Komposite                                   | 02PU2396  | Evonik |



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1 Vorwort</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2 Motivation</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3 Zielstellung des Projektes</b>  | <b>10</b> |
| <b>4 Stand der Technik</b>   | <b>12</b> |
| <b>5 Vorgehensweise</b>  | <b>18</b> |
| <b>5.1 Materialien</b>   | <b>18</b> |
| 5.1.1 Polymere   | 18        |
| 5.1.2 Füllstoffkomponenten   | 19        |
| <b>5.2 Komposit-Verarbeitung</b>   | <b>20</b> |
| <b>5.3 Probengenerierung</b>   | <b>20</b> |
| <b>5.4 Angewandte Prüfverfahren</b>  | <b>22</b> |
| 5.4.1 Online gemessener elektrischer Leitwert  | 22        |
| 5.4.1.1 <i>Kleinstmengenmaßstab</i>  | 22        |
| 5.4.1.2 <i>Extrusion</i>   | 24        |
| 5.4.1.3 <i>Spritzguss</i>  | 25        |
| 5.4.2 Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit   | 29        |
| 5.4.3 Beurteilung der CNT-Dispersion und der Blendmorphologien   | 30        |
| 5.4.4 Ermittlung der mechanischen Eigenschaften  | 32        |
| 5.4.5 Bewitterungsversuche   | 32        |
| <b>6 Darstellung der Forschungsergebnisse</b>  | <b>34</b> |
| <b>6.1 Komposit-Entwicklung im Kleinstmengenmaßstab</b>  | <b>34</b> |
| 6.1.1 PC-CNT Komposite   | 34        |
| 6.1.1.1 <i>Einfluss der Verarbeitungsbedingungen auf die CNT-Dispersion während des Schmelzemischens von Polymerkompositen</i>   | 35        |
| 6.1.1.2 <i>Einfluss werkstofflicher Kenngrößen auf die CNT-Dispersion während der Schmelzeverarbeitung von Polymerkompositen</i> | 40        |
| 6.1.1.3 <i>Untersuchung der CNT-Dispersionsmechanismen</i>   | 44        |
| 6.1.1.4 <i>Einfluss des CNT-Einarbeitungsverfahrens auf die Kompositeigenschaften</i>  | 48        |
| 6.1.2 Verbesserung der CNT-Dispersion durch den Zusatz von Additiven   | 53        |
| 6.1.3 PC mit Hybridfüllstoffsystem bestehend aus CNT und Ruß   | 54        |
| 6.1.4 PC/SAN- und PC/ABS- Blends mit CNT   | 59        |
| 6.1.5 PC/ABS-Blends mit Hybridfüllstoffsystem  | 75        |
| 6.1.6 Elektrische Perkolationsschwelle in anderen Polymeren  | 83        |