

**Entwicklung von sensorischen und adaptiven Systemen auf Basis von Elastomeren mit magnetischen Nanopartikeln**

Auftraggeber: BMBF  
 Laufzeit: 01.06.2009 - 31.05.2012

Das Konsortium hat sich zum Ziel gesetzt, innovative schwingungsmindernde Systeme mit adaptiven Eigenschaften für Luftfahrt-, Automobil- und Medizintechnik-Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung dafür sind funktionalisierte magnetische Nanopartikel, die die Herstellung anisotroper, magnetisch aktiver Elastomere (MAE) ermöglichen. Die Härte bzw. der Elastizitätsmodul solcher MAEs kann durch Anlegen eines Magnetfeldes reversibel variiert werden. Wesentliche Ziele des DIK-Projektanteils war einerseits die Synthese von magnetischen Partikeln und deren Oberflächenbeschichtung und -funktionalisierung sowie andererseits die Entwicklung von Verfahren zur gezielt orientierten Einbettung der Partikel in unterschiedliche Kautschukmatrices und deren Fixierung.

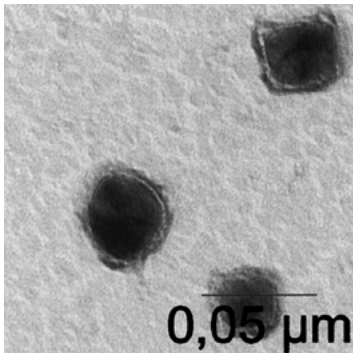


Abb. 1: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme von Magnetit-Nanopartikeln mit SiO<sub>2</sub>-Schale

Im DIK wurden zum einen Magnetit-Nanopartikel und zum anderen MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanopartikel hergestellt. Mittels SQUID-Messungen konnte nachgewiesen werden, dass diese Partikel superparamagnetische Eigenschaften, also eine vernachlässigbare Hysterese besitzen. Diese Eigenschaft ist für das reversible Schalten wichtig. In einem zweiten Schritt sind Magnetit-Nanopartikel an ihrer Oberfläche mit TEOS (Tetraethyl-ortho-Silikat) funktionalisiert worden.

Die Dispergierbarkeit der Nanopartikel wurde mit Hilfe spezifischer Funktionalisierungen auf unterschiedliche Kautschuke optimiert.

Um aus einem Komposit aus Kautschuk und magnetisch aktiven Partikeln ein MAE mit Schalteigenschaften herzustellen, müssen die Partikel bei der Vernetzung zunächst -quasi wie Perlen auf einer Schnur- orientiert werden. Hierzu ist im DIK eine spezielle Vulkanisationsform mit Spule hergestellt worden, mit Hilfe derer man während der Inkubationsphase und während der Vulkanisation in der Mischung ein Magnetfeld von 0,5 Tesla aufbauen kann. Der Nachweis der Orientierung wurde mit Hilfe eines Computertomographen (Röntgen) überprüft. Abbildung 2 zeigt eine 3D Darstellung der entstandenen Strukturen, wobei der Kautschuk zwischen den Partikeln ausgeblendet wurde. Man erkennt gut die Vorzugsorientierung der Partikel.

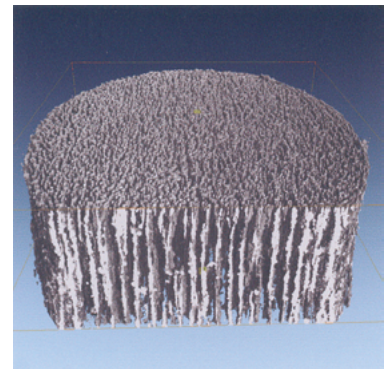


Abb. 2: 3D-Darstellung der Partikelorientierung aufgenommen mit dem Computertomographen

Die Schaltbarkeit des MAE wurde mit Hilfe eines Magnetrheometers durch Untersuchungen des Schubmoduls von Schei-

ben des Durchmessers 20 mm und einer Dicke von 2 mm unter Zuschaltung eines variablen Magnetfeldes gezeigt (Abbildung 3).

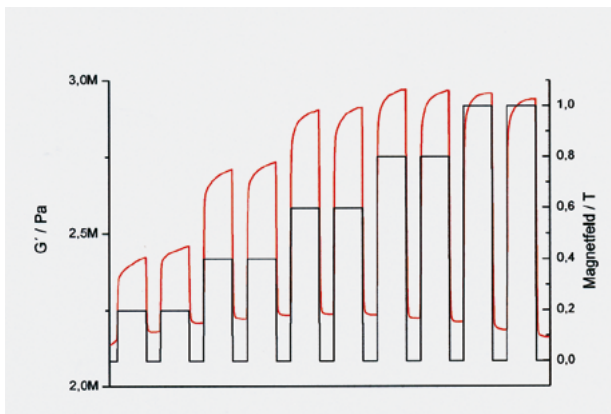


Abb. 3: Magnetrheometeruntersuchung, Schaltbarkeit des Schubmoduls durch ein Magnetfeld

Der Schubmodul lässt sich reversibel schalten. Bei dem hier untersuchten MAE steigt der Schubmodul von etwa 2,2 MPa auf etwa 2,9 MPa und sinkt nach Abschalten des Magnetfeldes auf den Ausgangswert zurück.

Dieses Ergebnis wurde mit kommerziell erhältlichen Partikeln aus Reineisen mit einer Partikelgröße von etwa 10 µm erzielt. Es wird erwartet, dass der Schalteffekt sowohl durch Verwendung der neuen Partikel als auch durch eine Optimierung der Orientierung deutlich gesteigert werden kann.