

Kurzzusammenfassung

Die Integration von magnetischen Nanopartikeln in polymerbasierte elastische Matrices führt zu Kompositen, die der weichen Materie zugeordnet werden und gleichzeitig über intrinsisch magnetische Eigenschaften verfügen. Charakteristisch für das in diesen Materialien auftretende responsive Verhalten ist die Kopplung zwischen den magnetischen Eigenschaften und der Elastizität des Polymernetzwerks auf mesoskopischen Längenskalen. Diese Kopplung ist auf die gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen den eingebundenen magnetischen Partikeln und der umgebenden elastischen Matrix zurückzuführen. Sie wird über die Maschenweite des Netzwerks, die Funktionalität der Matrix oder der Partikeloberfläche sowie durch die Art der Bindung zwischen Polymernetzwerk und den partikulären Füllstoffen beeinflusst. Durch magnetische oder mechanische Stimulation können in solchen Kompositen anisotrope Eigenschaften etabliert werden. Dies führt zu Materialien mit richtungsabhängigen makroskopischen Eigenschaften, welche enormes Anwendungspotential als Aktuatoren und Sensoren besitzen.

In dieser Arbeit werden die Partikel-Matrix-Wechselwirkungen in magnetischen Polymerkompositen systematisch untersucht. Beginnend mit weichen polymerbasierten Ferrogelen mit vergleichsweise geringer Stärke der gegenseitigen Interaktion wird in dieser Arbeit ein Modellsystem aus Polyacrylamid-basierten Hydrogelen verwendet, welche eine systematisch variierte mittlere Maschenweite des Polymernetzwerks aufweisen. Diese liegt in der Größenordnung superparamagnetischer Eisenoxid-Nanopartikel, welche in die Hydrogele mit graduell abnehmender Maschenweite eingebettet werden. Die zunehmenden Partikel-Matrix-Wechselwirkungen führen zu einer graduellen Immobilisierung der Partikel in den Maschen des Polymernetzwerks. Die resultierende, graduelle Inhibierung des *Brownschen* Relaxationsmechanismus wird als Abfall der magnetischen Erwärmbarkeit der eingebetteten Partikel detektiert.

Stärkere Wechselwirkungen zwischen den eingebetteten Partikeln und der elastischen Matrix liegen in partikelgefüllten Elastomeren vor. Hier wird eine neue Materialarchitektur präsentiert, welche durch kovalente Quervernetzung des Polydimethylsiloxan-basierten Polymernetzwerks ausschließlich mit funktionalen, anorganischen Nanopartikeln erhalten wird. In Vergleich zu konventionell vernetzten partikelgefüllten Elastomeren werden die Quelleigenschaften sowie die thermischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften der neuen Hybridmaterialien bestimmt. Die neue Materialarchitektur der partikelvernetzten Elastomere weist stark partikelgehaltabhängige Eigenschaften und enorme Bruchdehnungen von bis zu 1700 % auf.

In den hybriden partikelgefüllten Elastomeren werden spindelförmige Hämatitpartikel als funktionale Füller eingesetzt. Diese Partikel sind thermisch blockiert und weisen ein magnetisches Moment sowie eine elongierte Form auf, was sie zu interessanten Kandidaten für die Analyse von anisotropem Materialverhalten in Kompositen macht. Daher wird die Möglichkeit zur Einbringung und Modifikation anisotroper Verteilungen der eingebetteten Nanopartikel in den präparierten hybriden Materialien evaluiert. Hierzu werden winkelabhängige magnetische Messungen sowie Röntgenkleinwinkelstreuungsexperimente in Abhängigkeit von der Dehnung durchgeführt und anisotropes Verhalten gefunden, welches sich durch die Materialarchitektur, magnetische Felder, den Partikelvolumenbruch sowie die Dehnung der Probe variieren lässt.

Die in dieser Dissertation präsentierten Ergebnisse tragen zum Verständnis der Partikel-Matrix-Wechselwirkungen in partikelgefüllten, polymeren Materialien bei. Die intensive Analyse des auftretenden richtungsabhängigen Materialverhaltens erlaubt einen detaillierten Einblick in die Erzeugung und Modifikation von Anisotropie in partikelgefüllten Netzwerken, welche entscheidend für die Entwicklung von neuartigen Aktuatoren und Sensoren ist.