

PP4: Modellierung magnetoaktiver Elastomere mit vorgeformten magnetisierbaren Strukturen

M. GRENZER in Kooperation mit M. KALISKE;

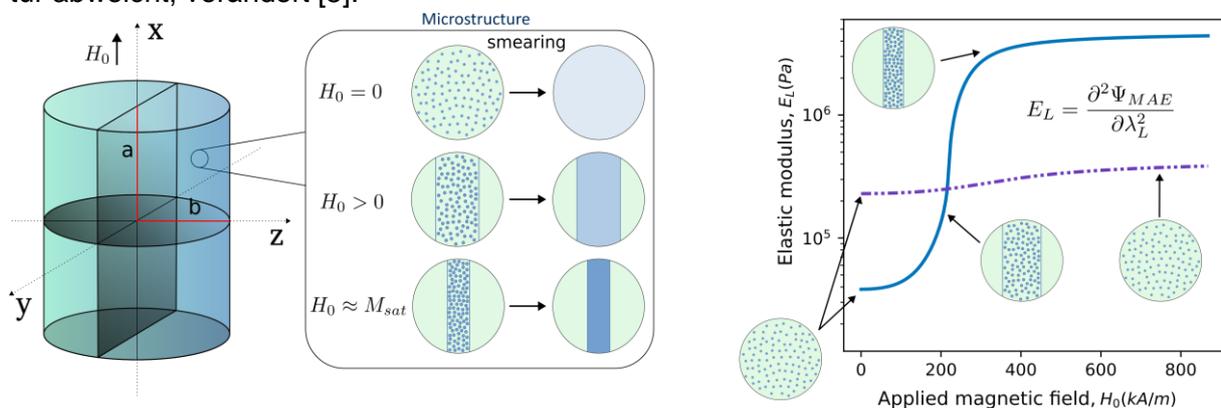
beratend extern: S. KANTOROVICH (University of Vienna, Austria)

Motivation

Magnetoaktive Elastomere (MAE) werden in verschiedenen technischen Anwendungen eingesetzt, z.B. als weiche Aktuatoren oder abstimmbare Schwingungsdämpfer. MAE zeigen erhebliche Verformungen und Veränderungen mechanischer Module, wenn sie einem Magnetfeld ausgesetzt werden. Die magnetomechanische Reaktion von MAE kann durch das Einbringen speziell entwickelter magnetisierbarer Strukturen in eine weiche Elastomermatrix programmiert werden. Insbesondere komplexe 3D-Deformationen wie Verdrehen und Biegen sollten durch das Vorhandensein von Strukturen mit intrinsischer Chiralität begünstigt werden.

Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten

Das magnetomechanische Verhalten von MAE wurde von zwei früheren Kohorten intensiv untersucht. Die Mikrostruktur von MAE kann während der Herstellung in vielen verschiedenen Formen vorgestaltet und auch kontaktfrei mithilfe eines externen Magnetfelds verändert werden. Die Entwicklung der Mikrostruktur ist bei MAE aus einer weichen Elastomermatrix am ausgeprägtesten und führt zum Auftreten mechanischer Anisotropie in ursprünglich isotropen Proben [1, 2]. Durch die Bildung säulenförmiger Strukturen mit erhöhter Partikeldichte kann insbesondere der Elastizitätsmodul entlang der magnetischen Feldlinien deutlich erhöht werden [3]. Steigt die Probensteifigkeit um Größenordnungen, behindert dies deren magnetisch induzierte Verformung. Diese Vorhersagen aus einem physikalisch basierten Modell werden mit den experimentellen Studien an zylindrischen MAE-Proben verglichen [4]. Auch das Magnetisierungsverhalten wird durch die Änderung der Mikrostruktur und durch Anlegen eines Magnetfelds, dessen Richtung schiefwinklig zur Ausrichtung einer säulenförmigen Mikrostruktur abweicht, verändert [5].



Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele

Das Ziel von PP4 ist die Quantifizierung des Einflusses magnetisierbarer kontinuierlicher Strukturen auf die magnetisch induzierte Verformung in MAE. Um komplexe dreidimensionale Verformungen wie Verdrehen und Biegen zu erreichen, müssen verschiedene Arten chiraler Strukturen berücksichtigt werden, deren Hauptachsen nicht mit der Richtung des Magnetfelds übereinstimmen. Die effektive magnetische Reaktion vorstrukturierter Materialien wird im Rahmen der Mean-Field-Dipol-Näherung bewertet. Dies liefert die konstitutiven Parameter, einschließlich des effektiven magnetischen Suszeptibilitätstensors, für die weitere Modellierung mithilfe von Finite-Elemente-Software. Die Verformungen vorstrukturierter MAE-Proben mit ellipsoider und zylindrischer Form werden als Funktion der Magnetfeldstärke modelliert.

Das magnetomechanische Verhalten verschiedener vorstrukturierter MAE-Proben wird in Zusammenarbeit mit PP3 mittels Zugversuchen und quasistatischer Scherung untersucht. Wenn möglich, werden die Verformungen solcher vorstrukturierter MAE-Proben mit den Vorhersagen des thermomagnetomechanischen Modells von PP6 verglichen.

Referenzen

- [1] Chougale, S.; Romeis, D.; Saphiannikova, M. Field-induced transversely isotropic shear response of ellipsoidal magnetoactive elastomers. *Materials* 2021, 14, 3958, doi:10.3390/ma14143958.
- [2] Chougale, S.; Romeis, D.; Saphiannikova, M. Magneto-mechanical enhancement of elastic moduli in magnetoactive elastomers with anisotropic microstructures. *Materials* 2022, 15, 645, doi:10.3390/ma15020645.
- [3] Roghani, M.; Romeis, D.; Saphiannikova, M. Effect of microstructure evolution on the mechanical behavior of magneto-active elastomers with different matrix stiffness. *Soft Matter* 2023, 19, 6387, doi: 10.1039/d3sm00906h.
- [4] Roghani, M.; Romeis, D.; Glavan, G.; Belyaeva, I.A.; Shamonin, M.; Saphiannikova, M. Simultaneous deformations and magnetorheological effects in magneto-active elastomers: Theory meets experiment. *Composites Part B*. 2024, *under review*.
- [5] Romeis, D.; Saphiannikova, M. Effective magnetic susceptibility in magnetoactive composites. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 2023, 565, 170197, doi: 10.1016/j.jmmm.2022.170197.