

TP 7: Weiterentwicklung strukturintegrierter Aktor-Sensor-Systeme durch Verwendung alternativer elektroaktiver Polymermaterialien

G. GERLACH (IFE) in Kooperation mit S. WIEßNER (IPF); beratend extern: I. ANDERSON (University of Auckland, New Zealand)

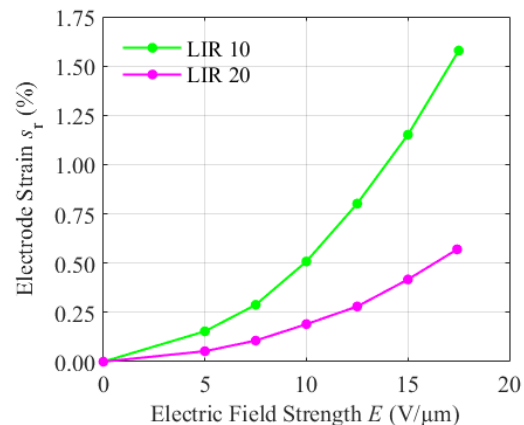
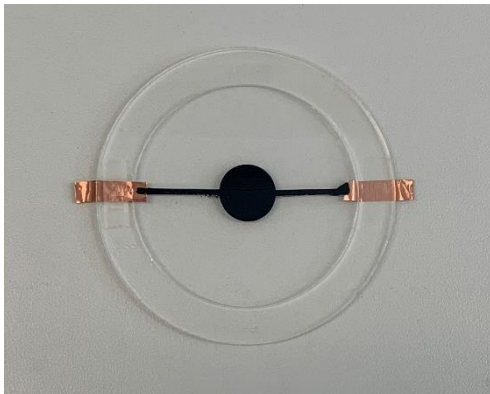
Motivation

Durch den Einsatz dielektrischer Elastomeraktoren (DEA) lassen sich Faser-Elastomer-verbunde aktiv verformen. Die Integration von Sensoren in diesen Verbundstrukturen erlaubt die gleichzeitige Detektion des Verformungszustandes. Derartige Aktor-Sensor-Systeme eignen sich zur Herstellung adaptiver und interaktiver Soft-Robotik-Bauteile, die z. B. bei weichen Robotergreifern und bionischen Robotern eingesetzt werden können. Die bisher in TP 7 umgesetzten Aktor-Sensor-Systeme bestehen aus silikonbasierten DEA und Sensoren zur eindimensionalen Verformungsdetektion. In Weiterführung dieses Teilprojektes sind nun Aktor-Sensor-Systeme zu entwickeln, mit denen sich dreidimensionale Verformungen sowohl erzeugen als auch detektieren lassen.

Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten

Silikon- und acrylbasierte DEAs haben ein großes Einsatzpotenzial für extrem greifsensitive Anwendungen [1], Linearaktoren [2], pneumatische Ventile [3] und Flüssigkeitspumpen [4]. Im Rahmen der ersten beiden Kohorten des GRK wurden Ansätze verfolgt, bei dem sich durch eine textiltechnische Verstärkung der Aktorstruktur ein mechanisch anisotropes Verhalten erreichen ließ [5],[6]. In [7] wurden zusätzlich Dehnungssensoren untersucht, mit denen sich die elastischen Verformungen überwachen lassen. Außerdem wurden einfache elektromechanische Netzwerkmodelle für die Berechnung der Verformungen in der Ebene vorgestellt, mit dem sich wesentliche Eigenschaften des Gesamtsystems erklären ließen. Dadurch konnte beispielsweise ermittelt werden, wie Punktaktoren optimal auszulegen sind [8]. In [9] wurden Aufbau, Dimensionierung, Funktion und Eigenschaften von Aktoren mit besseren Materialeigenschaften vorgestellt.

Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele



Punktaktor und sein elektroaktives Verhalten.

Gegenwärtiger Forschungsbedarf liegt weiterhin in der Entwicklung adaptiver Systeme, die sowohl Aktorik, Sensorik als auch textiltechnische Verstärkung vereinen und die möglichst dreidimensionale Bewegungen ermöglichen. Für solche Systeme sind entsprechende elektromechanische Netzwerkmodelle zu entwickeln, die einfach in Gesamtsystemmodelle zur gezielten Ansteuerung und Regelung des Bewegungsverhaltens genutzt werden können. In den TP 7 und 8 sollen DEA-basierte Aktor-Sensor-Systeme entwickelt werden, mit denen eine im Vergleich zu heutigen DEAs verbesserte Aktorwirkung erreicht wird. Durch neue konstruktive, z.B. biomimetische, Ansätze und integrierte Sensoren soll dabei der dreidimensionale Deformationszustand der I-FEV hinreichend präzise detektiert werden. Ein weiterer Fokus soll auf der Entwicklung von Konstruktionselementen mit konstruktiv erreichtem

auxetischem Verhalten liegen, d.h., dass in bestimmten Richtungen negatives Querkontraktionsverhalten erreicht wird und sich somit einfach dreidimensionale Verformungen hervorrufen lassen. Ein weiterer Schwerpunkt betrifft die Entwicklung geeigneter mechanoelektrischer Netzwerkmodelle und die messtechnische Charakterisierung solcher Systeme liegen.

Interaktion mit anderen Projekten der Kohorte III

TP2: textilbasierte Aktorverstärkungen zur Erzeugung von konstruktiven Anisotropien, TP3: neue Elastomere, TP5: Wärmetransport in Aktorstrukturen, TP8: elektromechanische Netzwerkmodelle für Sensor-Aktor-Systeme, neuartige (z.B. helixförmige) Sensor-Aktor-Strukturen, TP9: Nutzung angepasster Steuerungs- und Regelungskonzepte, TP10: in-situ-Prüfstrategien für Aktor-Sensor-Systeme

Literaturverzeichnis

- [1] Shintake, J.; Schubert, B.; Rosset, S.; Shea, H.; Floreano, D.: Variable stiffness actuator for soft robotics using dielectric elastomer and low-melting-point alloy. 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Hamburg, (Deutschland), 28.09.-02.10.2015, 1097-1102.
- [2] Zhao, H.; Hussain, A. M.; Duduta, M.; Vogt, D. M.; Wood, R. J.; Clarke, D. R.: Compact Dielectric Elastomer Linear Actuators. *Advanced Functional Materials* 28 (2018), 1804328.
- [3] Giousouf, M.; Kovacs, G.: Dielectric elastomer actuators used for pneumatic valve technology. *Smart Materials and Structures* 22 (2013), 104010.
- [4] Li, Z.; Zhu, J.; Foo, C. C.; Yap, C. H.: A robust dual-membrane dielectric elastomer actuator for large volume fluid pumping via snap-through. *Applied Physics Letters* 111(2017), 212901.
- [5] Pfeil, S.; Katzer, K.; Kanan, A.; Mersch, J.; Zimmermann, M.; Kaliske, M.; Gerlach, G.: A biomimetic fish fin-like robot based on textile reinforced silicone. *Micromachines* 11 (2020), 298.
- [6] J. Mersch, M. Koenigsdorff, A. Nocke, C. Cherif, G. Gerlach: High-speed, helical and self-coiled dielectric polymer actuator. *Actuators* 10 (2021), 15.
- [7] J. Mersch, C. A. Gómez Cuaran, A. Vasilev, A. Nocke, C. Cherif, G. Gerlach: Stretchable and compliant textile strain sensors. *IEEE Sensors Journal* 21 (2021) 22, 25632-25640.
- [8] H. Liebscher, M. Koenigsdorff, A. Endesfelder, J. Mersch, M. Zimmermann, G. Gerlach: Influence of the active-to-passive coverage ratio on electro-active strain in dot actuators. Understanding the impact of active-to-passive area ratio on deformation in one-dimensional dielectric elastomer actuators with uniaxial strain state. *Materials* 16 (2023), 6897.
- [9] J. Nirmala Suresh, H. Liebscher, H. Komber, M. Tahir, G. Gerlach, S. Wießner: Network formation, properties, and actuation performance of functionalized liquid isoprene rubber. *ACS Omega* (2024) (accepted). doi.org/10.1021/acsomega.3c08022.