

## TP 8: Elektromechanische Modellierung und messtechnische Untersuchung von helixförmigen Aktoren mit werkstoffintegrierter Sensorik

G. GERLACH (IFE) in Kooperation mit C. CHERIF (IPF); beratend extern: F. SOLZBACHER (University of Utah, USA)

### Motivation

Für interaktive Faser-Elastomer-Verbunde werden Aktoren benötigt, welche deutlich größere Deformationen und Kräfte als bisher bereitstellen können. In den Arbeiten der ersten Kohorte wurde dabei auch das prinzipielle Potential von helixförmigen Aktoren als alternativen Ansatz zur Integration aktiver Fasern in Elastomerverbunde betrachtet. Hier zeigten erste Experimente, dass sich damit signifikant größere Deformationen erreichen lassen. Von besonderem Interesse sind dabei vor allem elektroaktive Materialien, da sie ein schnelles Ansprechen versprechen. Die maximal erreichbare Kraft eines dielektrischen Elastomeraktors könnte noch weiter gesteigert werden, wenn noch steifere Materialien als die bisher verwendeten Elastomere benutzt würden. Im konkreten Beispiel von helixförmigen Aktoren lassen sich zudem durch die konstruktiven Parameter der Helixform die Aktoreigenschaften, z.B. maximale Kraft und Verformung, einstellen.

Der Zusammenhang zwischen Form und Verhalten ist komplex und entscheidend von Aktorkonzept und Herstellungsverfahren abhängig. Ziel des Projekts ist es nun, (i) das (thermo-) elektromechanische Verhalten helixförmiger Aktoren zu modellieren, (ii) auf dieser Basis Richtlinien für eine vorteilhafte Auslegung solcher Aktoren abzuleiten, (iii) entsprechend Möglichkeiten für die Implementierung anderer Materialkombinationen aufzufinden und (iv) Sensoren in die Aktoren zu integrieren, mit denen das dreidimensionale Verformungsverhalten effizient ermittelt und in Echtzeit überwacht werden kann.

### Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten



Helixförmige dielektrische Elastomeraktoren [1-3]

In Vorarbeiten [1, 2, 3] in den ersten beiden Perioden des Graduiertenkollegs wurde ein Demonstrator eines helixförmigen dielektrischen Aktors (siehe Abb.) hergestellt und gezeigt, dass sich durch die Nutzung der Helixform das Deformationspotential des Aktors um mehr als eine Größenordnung steigern ließ. Weiterhin wurde demonstriert, dass sich der Aktor gleichzeitig auch als Dehnungssensor nutzen lässt. Hier zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der aufgebrachten Dehnung. Neben elektroaktiven Polymeraktoren wurden auch thermoaktive Polymeraktoren aus hochverdrehen Monofilamenten hergestellt. Eine Kombination aus elektro- und aus thermoaktiven Komponenten würde weitere Freiheitsgrade für die Realisierung von 3D-Bewegungen ergeben.

### Wissenschaftliche Fragestellung und Projektziele

Für das Verhalten von elektro- (und thermo-) aktiven helixförmigen Aktoren (aus TP1 und TP2) sollen elektro-thermo-mechanische Netzwerkmodelle entwickelt werden, die auf der Basis der

Material- und Geometrieparameter die Berechnung der Kräfte und Auslenkungen erlauben. Entsprechende Demonstratoren sind experimentell zu validieren und mit den Modellen zu vergleichen. Außerdem sollen Möglichkeiten erforscht werden, wo und wie sich vorteilhaft sensorische Strukturen zur Überwachung des Deformationszustands und Schädigungen aufgrund von Überdehnung integrieren lassen. Weitere Ziele sind die Entwicklung von neuartigen bisensitiven Aktorstrukturen, welche sowohl elektroaktiv als auch thermoaktiv sind.

### **Interaktion mit anderen Projekten der Kohorte III**

TP1 und 2: faserbasierte Aktor- und Sensorelemente als Komponenten der Helixstrukturen, TP3: neue Elastomere, TP6: Nutzung von skalenübergreifenden Modellen als Komponenten für elektromechanische Netzwerkmodelle, TP7: integrierte Sensor-Aktor-Konzepte, TP9: Nutzung angepasster Steuerungs- und Regelungskonzepte, TP10: in-situ-Prüfstrategien für Aktor-Sensor-Systeme, TP11: Integration in Multimatrixverbunde

### **Literaturverzeichnis**

- [1] J. Mersch, M. Koenigsdorff, A. Nocke, C. Cherif, G. Gerlach: High-speed, helical and self-coiled dielectric polymer actuator. *Actuators* 10 (2021), 15.
- [2] J. Mersch, M. Koenigsdorff, A. Nocke, C. Cherif, G. Gerlach: Manufacturing of a helical, self-coiling dielectric polymer actuator. *Proceedings* 64 (2021), 38.
- [3] M. Koenigsdorff, J. Mersch, S. Pfeil, G. Gerlach: High-strain helical dielectric elastomer actuators. In: I.A. Anderson, J.D.W. Madden, H.R. Shea (Eds.): *Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) XXIV*. Proc. SPIE 12042, 2022, 120420G.
- [4] J. Mersch, N. Witham, F. Solzbacher, G. Gerlach: Continuous textile manufacturing method for twisted coiled polymer artificial muscles. *Textile Research Journal* 93 (2023) 19-20, 4623-4638.
- [5] A.I. Acevedo-Velazquez, N. Keshtkar, J. Mersch, K. Katzer, K. Röbenack, C. Cherif, G. Gerlach, M. Zimmermann: Construction, modeling, and control of a three-beam prototype using interactive fiber rubber composites. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics* 23 (2023) 4, e202300198.