

## Teilprojekt 9: Regelung komplexer dreidimensionaler räumlicher Verformungen weicher Prototypen mit Hilfe von FGL-Drähten

Klaus Röbenack in Kooperation mit NIELS MODLER;  
externe Wissenschaftlerin: N. GEHRING (JKU Linz, AUT)

### Motivation

Durch die Entwicklung geeigneter aufgabenspezifischer Regelungsstrategien können die Fähigkeiten von weich-steifen Prototypen, die mit Drähten aus Formgedächtnislegierungen (FGL) aktuiert werden, im Hinblick auf dreidimensionale (3D) Verformungen unter Berücksichtigung eines Endeffektors verbessert werden. Diese Prototypen können eine agile und präzise Bewegung bzw. Positionierung ermöglichen, indem sie modellbasierte Regelungsstrategien mit Fortschritten in der Sensortechnologie kombinieren. Im Rahmen dieser Forschung sollen die räumlichen 3D-Verformungen gezielt und reproduzierbar gesteuert bzw. geregelt werden. Dabei sind die dynamischen Eigenschaften der Prototypen mit Hilfe integrierter Sensorsysteme zu erfassen, um dynamische Modelle zu erstellen und Regelungsalgorithmen entwerfen.

### Stand der Technik und Voruntersuchungen

In der Literatur finden sich verschiedene Formen und Ansätze für Aktoren, die von SMA-Drähten angetrieben werden. In der ersten Kohorte wurden Modelle zur Beschreibung der eindimensionalen Verformung von Faser-Elastomer-Verbundstoffen entwickelt, wobei theoretische und experimentelle Analysen kombiniert wurden. Auf der Grundlage dieser Modelle wurden dann robuste Regler entworfen und mit verschiedenen Faser-Elastomer-Verbunden getestet [1,2]. In der zweiten Kohorte wurden die Forschungsarbeiten von Aktoren mit einer auf zwei Bewegungsrichtungen erweitert, so dass Hin- und Rückbewegung aktiv beeinflusst werden. Die Leistungsfähigkeit der Regelungsalgorithmen konnte durch ein Messsystem, das welches auf der Bildverarbeitung in Echtzeit basiert, verbessert werden. Mit Hilfe der entworfenen Regler ließen sich sowohl feste Deformationswinkel einstellen und als auch vorgegebene Bewegungsabläufe stabilisieren [2-5].



### Wissenschaftliche Fragestellungen und Projektziele

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, die dreidimensionalen (3D) Verformungseigenschaften von weich-steifen Prototypen, die durch FGL-Drähte angetrieben werden, zu verstehen. Die Dynamik dieser Prototypen, die von TP11 und TP01 hergestellt werden, soll durch integrierte Sensorsysteme in Echtzeit erkannt und interpretiert werden. Das übergeordnete Ziel ist es, präzise und agile Bahnbewegungen bzw. Positionierungen dieser

Prototypen zu erreichen, um ihre Anwendungsmöglichkeiten zu verbessern. Durch die Entwicklung von Steuerungs- bzw. Regelungsalgorithmen, präzisen Modellierungsstrategien und geeigneter Sensorik soll das Projekt die Reproduzierbarkeit verschiedener komplexer 3D-Verformungsaufgaben fördern und gleichzeitig Herausforderungen, die sich aus der Mehrgrößenregelung, den Nichtlinearitäten und den Unbestimmtheiten bei der Modellierung ergeben, angehen. Durch die Bewältigung dieser Herausforderungen will das Projekt Genauigkeit und Zuverlässigkeit gewährleisten und eine optimale Leistung erzielen.

### **Kooperation mit anderen Teilprojekten der Kohorte III**

Der modellbasierte Reglerentwurf soll die in SP1 und SP6 entwickelten Modelle einbeziehen. Für technische Demonstratoren wird die Zusammenarbeit mit SP7 und SP8 fortgesetzt. Mit diesen Teilprojekten soll die Integration von Sensoren und Aktoren in das System und die Einbindung in den Regelkreis weiter verbessert werden. Für komplexere Aufbauten wird eine direkte Zusammenarbeit mit SP11 angestrebt.

### **Literatur**

- [1] Keshtkar, N., Röbenack, K. (2020). Unstructured uncertainty based modeling and robust stability analysis of textile-reinforced composites with embedded shape memory alloys. *Algorithms*, 13(1), 24.
- [2] Keshtkar, N., Röbenack, K., Fritzsche, K. (2019). Position control of textile-reinforced composites by shape memory alloys. In *Proc. 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)* (pp. 442-447). IEEE.
- [3] Wang, Z., Acevedo-Velazquez, A. I., Annadata, A. R., Winkler, A., Röbenack, K., Modler, N. (2024). Closed-loop control of a 3D printed soft actuator with integrated flex sensors and SMA wires. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2716, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
- [4] Acevedo-Velazquez, A.I., Wang, Z., Winkler, A., Modler, N., Röbenack, K (2024). Manufacture and Deformation Angle Control of a Two-Direction Soft Actuator Integrated with SMAs. *Materials* 2024, 17(3), 758.
- [5] Acevedo-Velazquez, A.I., Wang, Z., Winkler, A., Modler, N., Röbenack, K. Trajectory Tracking Control Based on Computer Vision of a Two-Way Soft Prototype Actuated with SMA Wires (presented at GAMM 2004, submitted to PAMM, Wiley).