

# Einige Aspekte zur Steuerung von Softrobotern

## Some Aspects on the Control of Soft Robots

Malte Grube, Technische Universität Hamburg, Institut für Mechanik und Meerestechnik, Deutschland, malte.grube@tuhh.de;

Prof. Robert Seifried, Technische Universität Hamburg, Institut für Mechanik und Meerestechnik, Deutschland, robert.seifried@tuhh.de

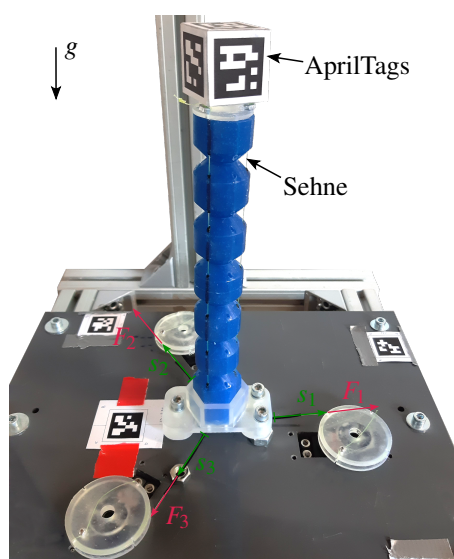
### Kurzfassung

Softroboter sind ein aufstrebendes und schnell wachsendes Forschungsgebiet mit potenziellen Anwendungen in verschiedenen Bereichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Robotern, die aus starren Materialien wie Stahl bestehen, werden Softroboter aus weichen Materialien wie Silikon mit einer Steifigkeit von  $10^4 \dots 10^9$  Pa hergestellt. Dies führt zu großen Verformungen, die neue Modellierungsmethoden und Regelungs- und Steuerungskonzepte erfordern. In der Softrobotik haben dabei Steuerungsverfahren eine besondere Bedeutung, da die Integration von Sensoren, die für die Regelung benötigt werden, aufgrund des weichen Aufbaus und der großen auftretenden Verformungen oft aufwändig ist.

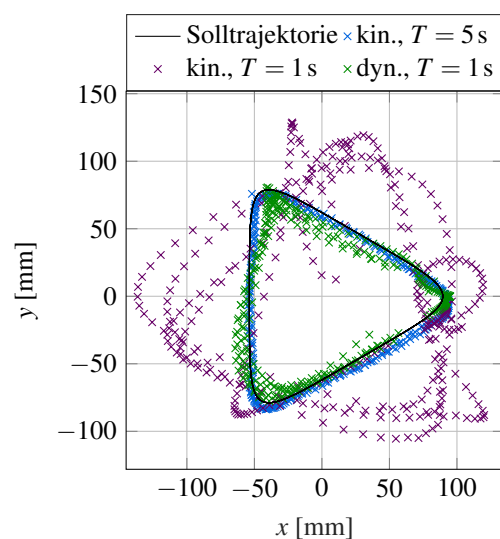
In der Softrobotik wird zwischen sogenannten kinematische und dynamischen Regelungs- und Steuerungsverfahren unterschieden. Kinematische Verfahren vernachlässigen die Dynamik des Softroboters und betrachten diesen quasistatisch, dynamische Verfahren berücksichtigen die Dynamik. Bisher werden in der Soft-Robotik hauptsächlich kinematische Regelungs- und Steuerungsverfahren eingesetzt. Vor allem datenbasierte Verfahren und Verfahren, die auf datenbasierten Modellen basieren, sind sehr verbreitet. Mit ihnen lassen sich Effekte aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten und unbekanntem Materialeigenschaften leicht kompensieren. Fortgeschrittene Anwendungen von Softrobotern erfordern jedoch immer schnellere und genauere Bewegungen. Hier reichen kinematische Steuerungen nicht aus, da die Dynamik des Softroboters nicht vernachlässigt werden kann [1].

In diesem Beitrag werden verschiedene Steuerungskonzepte für die Trajektorienverfolgung mit Softrobotern vorgestellt. Die verschiedenen Ansätze werden dabei sowohl in der Simulation als auch im Experiment verglichen. Der dafür verwendete Softroboter ist in Abb. 1 dargestellt. Er mittels Sehnen von drei Servos aktuiert. Für Referenzmessungen wird ein optisches Kameratrackingsystem auf Basis von AprilTags verwendet.

In Abb. 2 ist exemplarisch die Trajektorienverfolgung einer dreieckigen Trajektorie mit einer kinematischen und einer dynamischen Steuerung gezeigt. Die kinematische Steuerung basiert auf der mittels Neuronalen Netzen gelernten inversen Kinematik des Softroboters. Die dynamische Steuerung verwendet eine Kombination aus einer datenbasierten inversen Kinematik und der Modellinversion der Dynamik mittels Servobindungen. Für langsame Bewegungen, hier mit einer Periodendauer für einen Umlauf um das Dreieck von  $T = 5$  s, kann bereits mit einem kinematischen Regler ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Für schnelle Bewegungen, hier mit einer Periodendauer von  $T = 1$  s, ist die kinematische Steuerung hingegen ungeeignet, diese kann der Trajektorie nicht folgen. Mit der dynamischen Steuerung können jedoch auch für schnelle Bewegungen gute Ergebnisse erzielt werden.



**Bild 1** Softroboter.



**Bild 2** Trajektorienverfolgung mit einer kinematischen (kin.) und einer dynamischen (dyn.) Steuerung bei unterschiedlichen Verfahrensgeschwindigkeiten.

## Literatur

- [1] M. Grube, J.C. Wieck, R.Seifried, Comparison of Modern Control Methods for Soft Robots. Sensors 2022, 22, 9464.  
<https://doi.org/10.3390/s22239464>