

Soft Robots

Mit dem Begriff Roboter werden im allgemeinen Sprachgebrauch computergesteuerte automatisierte Maschinen verbunden, die eine starre Struktur besitzen und Gelenke, Scharniere oder Klappen aufweisen. Soft Robots bestehen im Gegensatz dazu aus nachgiebigen Materialien und sind an biologische Systeme angelehnt. Auch Sensorik und Aktorik, der Steuerungscomputer, die Energieversorgung und Kommunikationsvorrichtungen müssen in das flexible Material eingebettet sein bzw. idealerweise selbst aus flexiblen Materialien bestehen. Potenzielle Anwendungsgebiete von Soft Robots liegen z.B. in der feinfühligsten Handhabung empfindlicher Gegenstände oder der direkten Zusammenarbeit mit Menschen. Erste Varianten sind kommerziell erhältlich, insgesamt befindet sich die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Soft Robots aber noch allenfalls im Prototypenstadium.

Im Gegensatz zu starren robotischen Systemen sind die für Soft Robots verwendeten Materialien hoch beweglich und flexibel. Damit bieten sie viel mehr Möglichkeiten zur gezielten Verformung und zur Fortbewegung. Dafür werden speziell angepasste Kontrollmechanismen bzw. entsprechende Algorithmen entwickelt (z.B. künstliche neuronale Netze). Ihre Beweglichkeit verleiht Soft Robots potenziell Fähigkeiten, die in ähnlicher Weise nur bei lebenden Systemen zu finden sind. Als Demonstrationsobjekte für die Gestalt von Soft Robots wurden bereits verschiedenste Formen gezeigt, wie z. B. X-förmige Kriechroboter, raupenartige Systeme, fischartige Roboter, handähnliche Gebilde oder Greifer mit zumeist drei bis sechs Fingern. Auch besonders aufwändige Prototypen einer künstlichen Qualle oder eines künstlichen Rochens wurden bereits vorgestellt.

Häufig werden Soft Robots mit einer 3D-CAD-Software (Computer-Aided Design) entworfen, wobei auch evolutionäre Algorithmen, also naturanaloge Optimierungsverfahren, genutzt werden, um Form und Funktion möglichst ideal auszugestalten. Für die Herstellung von komplexen Soft Robots aus solchen CAD-Dateien sind

generative Fertigungsverfahren (3D-Druck) am besten geeignet. Die für den Aufbau eingesetzten Materialien besitzen typischerweise Eigenschaften, die natürlichen Geweben ähneln (z. B. Muskeln, Haut, Knorpel) bzw. ein geringes Elastizitätsmodul aufweisen (z. B. verschiedene Elastomere). Passend dazu wird eine Aktorik benötigt, die die einzelnen Segmente eines Soft Robots gezielt bewegen kann. Hierbei gibt es zwei Varianten der Kraftübertragung: Einerseits können z.B. Formgedächtnismaterialien oder elektroaktive Polymere eingesetzt werden, die aufgrund bestimmter Reize (z. B. Strom, Licht oder Temperatur) Kräfte oder Drehmomente punktuell in die Struktur einleiten können. Zum anderen kann auch pneumatisch oder hydraulisch erzeugter Druck genutzt werden, beispielsweise in Form sogenannter künstlicher pneumatischer Muskeln.

In jedem Fall ist jedoch ein Mindestmaß an elektronischen Komponenten nötig, um den Roboter zu steuern. Zur Kontrolle von Aktoren, Sensoren und Energiequellen wurde bisher vornehmlich konventionelle und starre Elektronik eingesetzt. Mit dem Fortschreiten von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der flexiblen Elektronik (z.B. auf Basis organischer Materialien oder ultradünner Schichten) kann jedoch damit gerechnet werden, dass sich diese zunehmend bei der Gestaltung von Soft Robots durchsetzen wird. Auf Seiten der Sensorik sind hier aktuelle Entwicklungen sogenannter elektronischer Haut (Electronic Skin) besonders erwähnenswert.

Die größte Herausforderung für den Betrieb von Soft Robots stellt die Energieversorgung dar. Ideal sind hier kleine, weiche, dehn- und tragbare Energiequellen. Der Einsatz kleiner Energiequellen, die Miniatur-Kompressoren antreiben, ist möglich, solche Strukturen sind aber normalerweise nicht weich oder dehnbar. Mittlerweile wurden jedoch alternative Systeme entwickelt, wie z. B. eine pneumatische Batterie, bei der mithilfe von Wasserstoffperoxid ein Gasdruck zur Fortbewegung aufgebaut werden kann, oder die Nutzung von Kraftstoffen für zielgerichtete Verbrennungs-

prozesse. Vielversprechend ist aber vor allem die Forschung an flexiblen Batterien basierend auf Graphen, organischen Polymeren oder integrierten elektrisch leitenden Fasern, die in Soft Robots eingebaut werden könnten.

Potenzielle Anwendungsgebiete von Soft Robots sind beispielsweise Such- und Bergungseinsätze auf unzugänglichem Terrain, die feinfühligste Handhabung empfindlicher Gegenstände oder weiche Orthesen, die insbesondere für die Stabilisierung von Gliedmaßen sehr gezielte Versteifungen oder Formungen ermöglichen. Außerdem könnten Soft Robots z.B. als künstliche Exoskelette zur Unterstützung des Bewegungsapparats, als kollaborative Roboter in Industrie oder Medizin oder in der Exploration eingesetzt werden. Miniaturisierte Systeme könnten im Bereich des Katastrophenschutzes potenziell nicht nur zum Auffinden von Personen genutzt werden, sondern auch zur generellen Aufklärung, z. B. als Detektoren für Gefahrstoffe oder zur Inspektion und Reparatur von engen Leitungen. Zudem besitzen miniaturisierte Systeme das Potenzial, in der Medizin sowohl zur Unterstützung von minimalinvasiven Operationen als auch zur Diagnose und Therapie direkt im Körper eingesetzt zu werden. Es wurden auch bereits Möglichkeiten untersucht, wie Soft Robots nach der Durchführung einer gestellten Aufgabe durch eingebaute (Selbst-)Zerstörungsmechanismen aktiv zersetzt werden könnten. So ergibt sich insgesamt ein großes Potenzial für Soft Robots. Die diesbezügliche anwendungsnahe Forschung ist jedoch ein sehr interdisziplinäres Feld, das querschnittliche Expertisen aus Informatik, Materialwissenschaften und dem Maschinenbau nutzt. Entsprechend groß ist die Abhängigkeit von Entwicklungen in den verschiedensten Bereichen. Erste Schritte in der Entwicklung von Soft Robots sind aber bereits getan und mit einer stetigen Fortentwicklung der Technologie kann gerechnet werden. Bis zu einem größeren Durchbruch im Massenmarkt kann es jedoch noch einige Zeit dauern.

Dr. Diana Freudendahl