

Eine neue Klasse flexibler Fluidaktoren und ihre Anwendung in der Medizintechnik

St. Schulz, Ch. Pylatiuk, IAI

Einführung

Innerhalb der Automatisierungstechnik sind pneumatische und hydraulische Aktoren von elementarer Bedeutung [1]. Sie werden bislang im Maschinenbau, bei Transportsystemen und in der Schwerindustrie eingesetzt und neuerdings auch in medizintechnischen Geräten.

Die Vorteile der hier vorgestellten, neuartigen Aktoren bestehen vor allem in ihrer hohen Flexibilität und dem geringen Gewicht. Außerdem zeichnen sich die Aktoren durch eine miniaturisierbare Bauweise aus und sie lassen sich kostengünstig herstellen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Aktoren bieten sie zudem ein hohes Maß an Beweglichkeit und ermöglichen dadurch komplexere Bewegungsabläufe.

Mechanischer Aufbau des flexiblen Fluidaktors

Das einzelne Aktorelement besteht aus zwei Kunststofffolien, die so miteinander verschweißt sind, dass über einen Steuerkanal Luft oder Flüssigkeit in eine „Kammer“ zugeführt werden kann [2]. Diese „Kammer“ bildet das eigentliche Aktorelement (Abb. 1).

Die „Kammer“ verformt sich beim Befüllen 3-dimensional. Bei diesem Vorgang wird Volumenarbeit in mechanische Bewegung umgewandelt.

Zwei Eigenschaften des Antriebs-elementes stehen dabei im Vordergrund (Abb. 2):

- das Expansionsverhalten: die Höhe des Kammerelementes senkrecht zur Folienebene nimmt zu.

- das Kontraktionsverhalten: Durch das Befüllen des Fluidaktors verkürzt sich dieser in Querrichtung.

Das Kontraktionsverhalten des flexiblen Fluidaktors entspricht weitgehend dem des menschlichen Muskels.

Gelenkstruktur

Verschiedene Gelenkvarianten können durch den Einsatz des Aktorelements realisiert werden. Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau jeweils einer Gelenkvariante und die Wirkung von Kontraktion und Expansion des Aktorelements. Die Verbindung mehrerer Aktorelemente und auch die gleichzeitige Nutzung von Expansion und Kontraktion erlauben die Konstruktion komplexer Antriebsmechanismen.

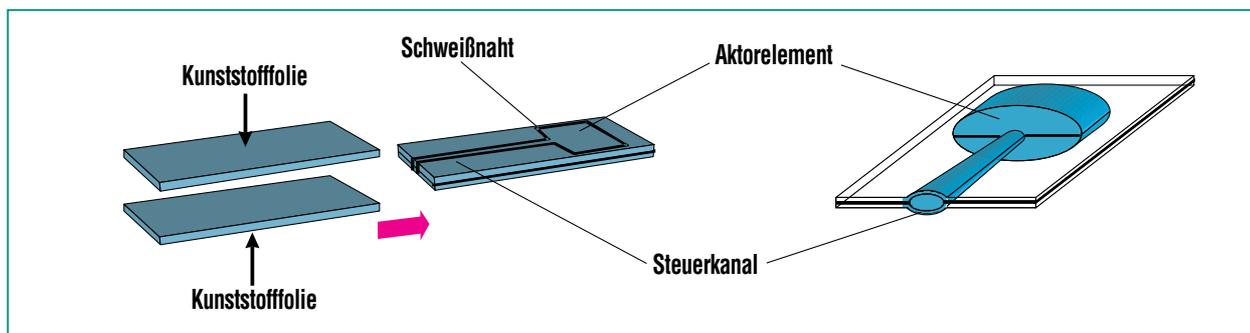


Abb.1: Aufbau eines Fluidaktors aus zwei miteinander verschweißten Folienschichten.

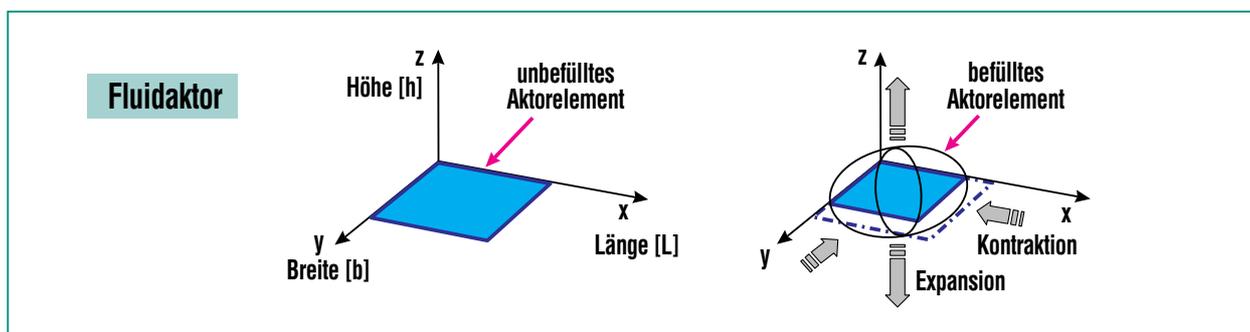


Abb. 2: Formveränderung des Aktors beim Befüllen als Antriebsgrundlage.

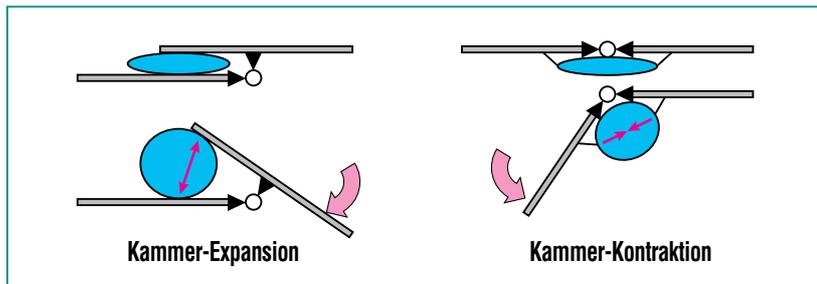


Abb. 3: Schematische Gestaltung eines einfachen Gelenks.

Handprothese

In Europa leben ca. 85.000 Menschen denen eine Hand, bzw. ein kompletter Arm fehlt. Nur etwa 5% dieser Personengruppe sind bislang mit einer Funktionsprothese versorgt, die übrigen 95% mit einer rein kosmetischen oder mit gar keiner Prothese. Die am weitesten verbreitete Funktionsprothese bietet jedoch nur eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten mit unnatürlich wirkenden Bewegungsabläufen.



Abb. 4: Die künstliche Hand auf der Basis flexibler Fluidaktoren kommt dem natürlichen Original nahe.

In Zusammenarbeit mit Ärzten und Orthopädietechnikern wurde eine Patientenbefragung durchgeführt und die Ergebnisse zu einem Anforderungskatalog zusammengestellt. Danach ist die Gewichtsreduktion ein wichtiges Kriterium bei der Neukonstruktion einer Prothese. Außerdem sollten natürliche Bewegungsmöglichkeiten und dadurch ein natürlicheres Erscheinungsbild verwirklicht werden. Weitere Anforderungen ergeben sich aus den auszuübenden Tätigkeiten des Nutzers im Beruf und Alltag. Prothesen mit mehreren Freiheitsgraden [3] ermöglichen komplexere Bewegungen, die die Ein-

satzmöglichkeiten in Alltag und Beruf erweitern.

Durch den Einsatz von flexiblen Fluidaktoren, die nach dem Expansionsprinzip funktionieren, konnte eine künstliche Hand realisiert werden, die eine hohe Beweglichkeit und hohe Dynamik aufweist. Da sich jeder Finger individuell an den zu greifenden Gegenstand anschmiegen kann, ist zudem eine geringere Haltekraft erforderlich. Die neuen Akteure bilden somit die Grundlage für ein natürliches Erscheinungsbild: die Bewegungen der künstlichen Hand wirken weniger mechanisch und durch ihre Flexibilität vermittelt sie das gewohnte Berührungsgefühl. Abbildung 4 zeigt ein Ausführungsmuster der neuartigen, künstlichen Hand. Die Anlehnung an das natürliche Original ist offensichtlich.

Die weitere Entwicklung einer Handprothese ist ein interdisziplinäres Unternehmen; die notwendigen miniaturisierten Ventile, die Steuerung und Energiever-

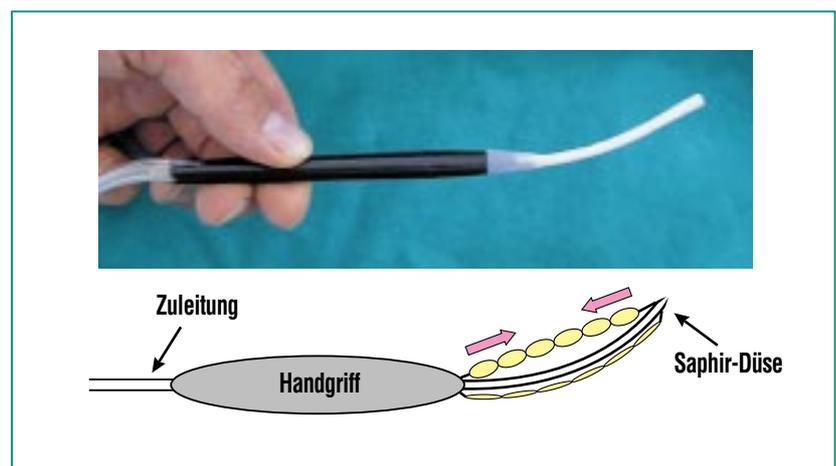


Abb. 5: Flexible Fluidaktoren winkeln die Austrittsdüse des Wasserstrahl-Gewebeschniders rasch ab, so dass das Gerät auch für endoskopische Eingriffe einsetzbar wird. Schematisch ist die Funktionsweise des Geräts nach dem Kontraktionsprinzip dargestellt.



Abb. 6: Im Endoskopiekamera-Aufnahmesystem arbeiten die neuen Aktoren auch nach dem Kontraktionsprinzip.

sorgung, Druckerzeugungseinheit und Mikrosensoren, werden in enger Zusammenarbeit mit anderen Instituten entwickelt.

Endoskopie

Flexible fluidische Aktoren eignen sich gut als Antriebsmechanismus für endoluminale, d.h. auf Hohlräume des Körpers bezogene Therapie- und Diagnosesysteme in der Medizin [4,5]. In miniaturisierter Form mit Abmessungen im Submillimeterbereich können Kamerasysteme, Lichtleitfasern, Elektroden, Sensoren, und Manipulatoren in kleinsten Hohlräumen im menschlichen Körper eingesetzt werden. Die neuen Aktoren sind in der Herstellung kostengünstig und unproblematisch in der Entsorgung, so dass die endoluminalen Systeme auch als Einmalartikel angeboten werden können (siehe Abb. 5 und 6).

Für den Einsatz im stark wachsenden Anwendungsbereich der interventionellen Radiologie besitzen die Aktoren zudem den Vorteil, dass sie wegen der möglichen Materialauswahl röntgenstrahlentransparent sind und

auch das Magnetfeld der Kernspintomographen nicht stören.

In Abbildung 7 ist ein neuartiges Koloskop dargestellt, das sich mit eigenem Antrieb durch den zu untersuchenden Darm bewegen soll. Koloskope dienen zur Diagnostik und Therapie von Dickdarmerkrankungen. Durch seinen (eigenen) Antriebsmechanismus passt sich das Koloskop den Krümmungen des Darms an. Somit entfällt das schmerzhaftes Beugradigen von Darmschlingen durch das Verschieben des relativ steifen, herkömmlichen Koloskops. Dadurch soll auf die Schmerzmedikamentengabe vor der Untersuchung mit all ihren Nebenwirkungen verzichtet werden können.

Das Koloskop besteht aus einem Visualisierungssystem und dem Antriebsmechanismus. Das Visualisierungssystem an der Koloskopspitze beinhaltet die Kamera, die Beleuchtung, den Arbeitskanal und den Spülkanal. Der Antriebsmechanismus funktioniert nach dem Bewegungsprinzip des Inchworm (Abb. 8). Dabei dienen flexible Fluidaktoren zur Fixierung



Abb. 7: Das Koloskop kann sich aus eigenem Antrieb im Darm fortbewegen.

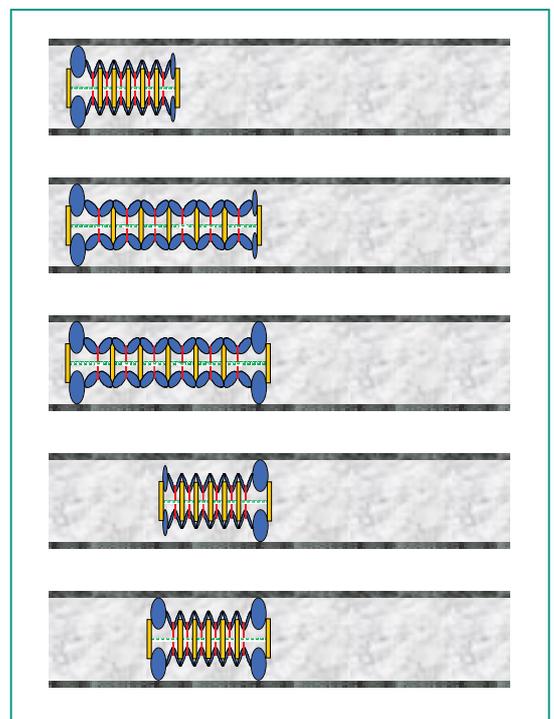


Abb. 8: Funktionsprinzip der Inchworm-Fortbewegung: zunächst werden die hinteren Aktoren befüllt und fixiert dadurch das Gerät an der Darmwand, anschließend strecken sich die mittleren Aktoren und ziehen den Versorgungsstrang des Koloskops weiter. Danach fixieren Aktoren im vorderen Bereich das Koloskop an der Darmwand, die hinteren Aktoren werden entleert und der Antriebsmechanismus zieht sich wieder zusammen.

an der Darmwand, und führen außerdem eine Streckbewegung in Längsachse des Geräts aus. Wird ein Aktor geringer befüllt beugt sich die Koloskopspitze in die Richtung des niedrigsten Füllniveaus um bis zu 90 Grad. Damit kann das Koloskop den Krümmungen des Darms selbstständig folgen. In einem eigens dafür aufgebauten, annähernd realistischen Darmmodell wurde das Koloskop bereits mit positivem Ergebnis getestet.

Zusammenfassung

Die vorgestellten, neuartigen Fluidaktoren zeichnen sich im Gegensatz zu konventionellen, pneumatischen und hydraulischen Aktoren durch eine hohe Flexibilität, gute Miniaturisierbarkeit und zusätzliche Bewegungsmöglichkeiten aus.

Die beiden grundlegenden Bewegungsprinzipien und konkrete Anwendungen aus dem Bereich der Medizintechnik wurden vorgestellt.

Literatur

- [1] W. Backé,
Fluidtechnische Aktoren.
In: Janocha, H. (Hrsg.):
Aktoren Grundlagen und Anwendungen.
Springer Verlag, Berlin
Heidelberg 1992
- [2] Patent: PCT/EP97/01954;
*Verfahren zur planaren
Herstellung von pneumatischen
und fluidischen Miniatur-
manipulatoren.*
Patentamt München, 1997
- [3] P. J. Kyberd, P. H. Chappell,
Vol. 31 No. 4, Nov. 1994,
pp 326-334
- [4] S. Schulz, et.al.,
*Hydraulische Muskeln als
Antriebseinheit für endoluminale
Systeme in der Medizin.*
*3. Statuskolloquium des
Projektes Mikrosystemtechnik.*
Wissenschaftliche Berichte,
FZKA 6080, Karlsruhe, 1998
- [5] S. Schulz, Ch. Pylatiuk,
G. Bretthauer,
Automatisierungstechnik Vol. 47,
no. 8 , Seite 390-395, 1999