

Bistabile Mikro-Aktuatoren für medizinische Video-Endoskope

Ph. Abel ¹, R. Kasper ², St. Klein ¹

¹ Medizinische Sensor- und Gerätetechnik, Fachhochschule Lübeck
² Institut für Mobile Systeme, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Motivation

- Um komplexe und den Patienten schonende Eingriffe durchführen zu können, wird angestrebt, die Funktionalität von Videoendoskopen zu erweitern.
- Dazu gehören optischer Zoom, Fokus- und Makro-Funktion. Weiterhin ist die Integration schwenkbarer Filter und einer variablen Blickrichtung von großem Interesse.



Abbildung 1: Medizinisches Videoendoskop des Herstellers Olympus

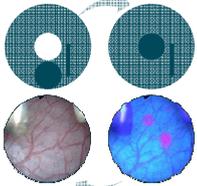


Abbildung 2: Schwenkbares Filter zur Detektion von Tumoren

- Die Technik aller genannten Funktionalitäten basiert auf der Bewegung von mindestens einem optischen Element wie z.B. einer Linse, einer Blende oder eines Prismas, die von Aktuatoren realisiert wird.

Anforderungen an Aktuatoren in Videoendoskopen

- Sehr kleine Baugröße. Integration in 5 mm Geräten erwünscht.
- Sterilisierbarkeit. Temperaturresistenz bis min. 134 °C.
- Elektrische Ansteuerung. Elektrische Leitungen vorhanden.
- Hohe Stellgeschwindigkeiten. Kurze Schaltvorgänge gefordert.
- Geringe Erwärmung. Keine Beschädigung des Gewebes.

Entwicklung eines bistabilen Linearantriebs

- Der bistabile Reluktanz-Aktuator erzeugt eine Linearbewegung, die über zwei Positionen verfügt. Die Bewegung und das leistungslose Halten der beiden Positionen basiert auf der Reluktanzkraft.

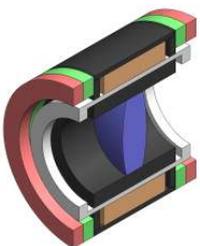


Abbildung 3: Reluktanz-Hohlaktuator

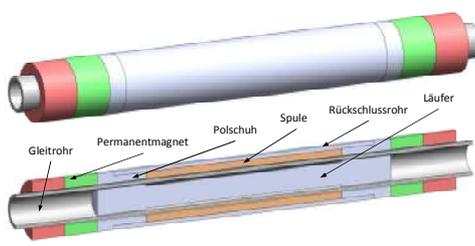


Abbildung 4: Reluktanz-Vollaktuator

- Die Abbildungen 3 und 4 zeigen den Aufbau der Aktuatoren. Der feststehende Teil umfasst zwei Permanentmagnete mit unterschiedlicher Polarisationsrichtung, zwei Polschuhe, die über ein Rückschlussrohr miteinander verbunden sind, eine Spule und ein Gleitrohr. Der bewegliche Teil des Aktuators, der Läufer, besteht nur aus einem Bauteil, das sich im Innern des Gleitrohres befindet.

Simulation der elektromagnetischen Vorgänge

- Der Läufer verfügt über zwei feste Endlagen (links und rechts), zwischen denen er bewegt werden kann. Diese Endlagen werden mit Hilfe mechanischer Anschläge realisiert. Um den Läufer aus der rechten Endlage in die linke Endlage zu verschieben, wird die Spule bestromt.

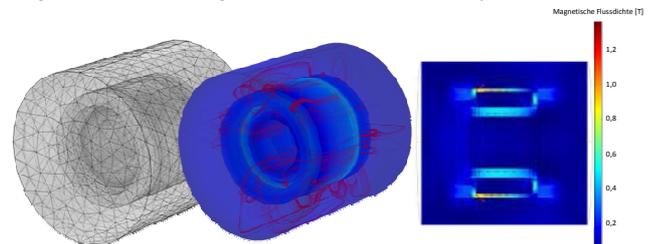


Abbildung 5: Simulation der elektromagnetischen Vorgänge mit Hilfe der Software COMSOL Multiphysics

- Nach dem Abschalten der Spule verbleibt der Läufer in der einen Endlage, da der Permanentmagnet eine Haltekraft auf den Läufer ausübt. Auf gleiche Weise lässt sich der Läufer in positive z-Richtung verschieben. Dazu muss die Spule entgegengesetzt bestromt werden. Die Kraft-kennlinien sind in Abbildung 6 dargestellt.
- Die Schaltzeit beträgt 20 ms.

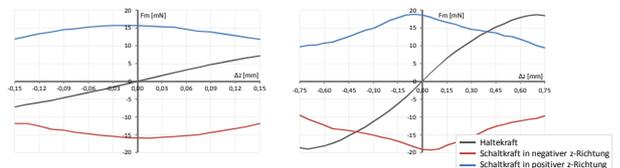


Abbildung 6: Kraftkennlinien des Hohlaktuators (links) und des Vollaktuators (rechts)

Aufbau und Test bistabiler Linearantriebe

- Hohlaktuator:**
 - Außendurchmesser: 3,4 mm
 - Innendurchmesser: 1,6 mm
 - Gesamtlänge: 2,8 mm
 - Hub: 0,3 mm
 - Für 5 mm Videolaparoskope
- Vollaktuator:**
 - Außendurchmesser: 2 mm
 - Gesamtlänge: 13 mm
 - Hub: 1,5 mm
 - Für 5 mm Videolaparoskope



Abbildung 7: bistabiler Hohlaktuator (links), bistabiler Vollaktuator (Mitte), Prüfstand für Aktuatoren (rechts)

- Test der Aktuator-Parameter mit Hilfe eines Prüfstands
- Aufnahme der Kraftkennlinien, Erfassung der Stellgeschwindigkeit, Dauertest zur Erfassung der Lebensdauer usw.