

## Fokus- und Zoomfunktion für Endoskope der jüngsten Generation

Miniaturisierte Präzisionsantriebe machen es möglich



Bisherige Chip-on-the-Tip-Endoskope nutzen Fixfokus-Optiken, die nur einen Objektstand optimal darstellen können. Befindet sich das Objekt in einer anderen Entfernung, verliert das Bild an Schärfe. Mit der Integration eines Kleinstantriebs könnte eine variable Fokussierung möglich werden, so dass das Objekt stets optimal scharf abgebildet werden kann.

Die moderne Medizintechnik strebt danach, Patienten durch Therapien möglichst wenig zu belasten. Endoskope, die minimal invasive Eingriffe (MIC) ermöglichen, leisten dazu einen wichtigen Beitrag, beispielsweise bei der Laparoskopie (Abb. 1).

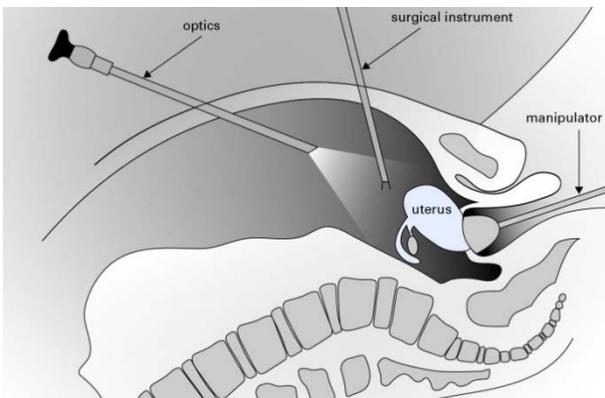


Abb. 1 Die moderne Medizintechnik strebt danach, Patienten durch Therapien möglichst wenig zu belasten. Endoskope, die minimal invasive Eingriffe ermöglichen, leisten dazu einen wichtigen Beitrag, beispielsweise bei der Laparoskopie (Bauchspiegelung) (Bild: PI)

Hier sind heute statt eines langes Schnittes, wie er in der offenen Abdominalchirurgie erforderlich ist, nur zwei bis drei kleine Inzisionen notwendig. Über so genannte Arbeitstrokare werden dann Optiken und spezielle Instrumente (Scheren, Häkchen, Faszangen, Ultraschallscheren usw.) in die Bauchhöhle eingeführt. Der Patient hat nach dem Eingriff geringere postoperative Schmerzen und kann aufgrund der schnelleren Genesung früher aus dem Krankenhaus entlassen werden.

Das Risiko von Wundinfektionen oder -heilstörungen wird minimiert. Dadurch können auch Patienten behandelt werden, deren schlechter Allgemeinzustand eine offene Operation in Frage stellt.

## Integration des Bildsensors in der Endoskopspitze

Die Technik der klassischen Endoskopie hat sich zwischenzeitlich etabliert und besitzt einen hohen Reifegrad. Lange Zeit fielen die Fortschritte bei der Verbesserung der Bildübertragung eher klein aus. Mit dem verhältnismäßig neuen Feld der Mikroelektronik, eröffneten sich aber hier neue, interessante Perspektiven, welche vor Jahren nicht denkbar waren. Ein Beispiel dafür ist die Integration des Bildsensors in der Endoskopspitze bei Chip-on-the-Tip Endoskopen. Die Vorteile dieser Methode liegen in der gestochenen scharfen und klaren Bildqualität, die der Vergangenheit angehörige Anfälligkeit bei mechanischer Beanspruchung und der direkten, vereinfachten Bildübertragung.

Bei der herkömmlichen Endoskopiertechnologie konnte allerdings bei Bedarf zwischen Okular und Kamera ein sogenanntes Zoom- und Fokusobjektiv angebracht werden. Dadurch waren ein Scharfstellen auf unterschiedliche Objektstände und eine optische Vergrößerung möglich. Beides geschah manuell, wirkte sich aber vor allem in der Laparoskopie sehr hilfreich aus. Die digitale Zoom-Funktion der Chip-on-the-Tip Technologie dagegen lässt lediglich eine Ausschnittsvergrößerung zu, die immer mit einem Qualitätsverlust verbunden ist.

Die beliebig hochauflösenden CCD- oder CMOS-Chips schaffen in dieser Anwendung ebenfalls keine Abhilfe, da die der Optik zur Verfügung stehende Lichtmenge immer begrenzt bleibt. Ohne diese Fokusfunktion muss also ein Kompromiss aus Tiefenschärfe und Bildhelligkeit gefunden werden, was bei vielen Anwendern auf Missfallen stößt.

## Optische Zoomfunktion für Chip-on-the-Tip Endoskope

Solche Kompromisse könnten allerdings bald der Vergangenheit angehören, denn im Prinzip lässt sich die für optische Fokus- und Zoomfunktionen notwendige Aktorik bei Chip-on-the-Tip Endoskopen auch zwischen Optik und Bildverarbeitungs-Chip unterbringen (Abb. 2). Bei Durchmessern bis zu lediglich 10 mm ist der potentielle Einbauraum allerdings sehr knapp bemessen. Passende Antriebe für die Zoom- und Fokuslinse zu finden, scheint schwierig, ist jedoch keineswegs unmöglich.

Kleine Piezomotoren und Voice-Coil-Antriebe beispielsweise könnten sich hier ein neues Einsatzgebiet erschließen. Die Karlsruher Firma Physik Instrumente, die schon seit Jahrzehnten als Spezialist für kleine, meist piezobasierte Präzisionsantriebe gilt, hat auch miniaturisierte lineare Direktantriebe im Programm, die für den Einsatz in modernen Mikroskopen gute Voraussetzungen bieten.

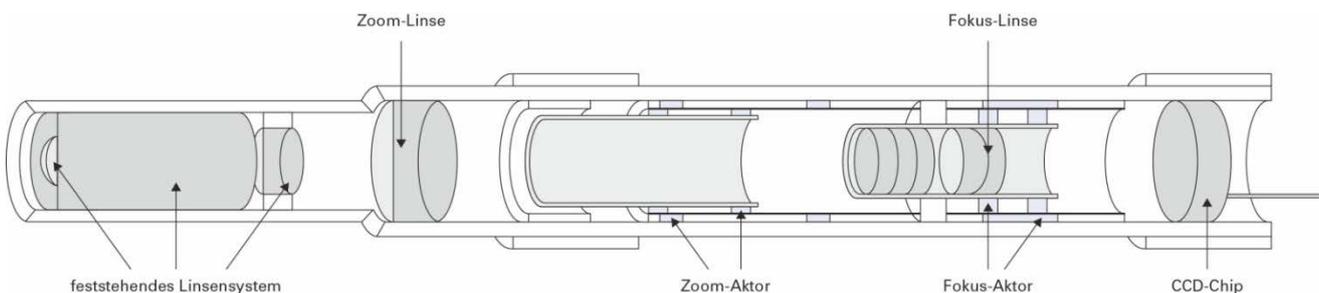


Abb. 2 Die für eine optische Fokus- und Zoomfunktion notwendige Aktorik lässt sich bei Chip-on-the-Tip Endoskopen auch zwischen Optik und Bildverarbeitungs-Chip unterbringen (Bild: PI)

## Kleine Piezomotoren oder Voice-Coil-Antriebe

Interessante Lösungsansätze bieten beispielsweise Piezo-Ultraschallantriebe. Die Direktantriebe, die es in unterschiedlichen Bauformen gibt (Abb. 3), verzichten zugunsten der Kosten und der Zuverlässigkeit auf mechanische Komponenten klassischer Motor-Spindel-Antriebssysteme wie Kupplung oder Getriebe. Unabhängig von der Bauform ist das Funktionsprinzip immer gleich: Schwingungen mit Ultraschallfrequenzen eines piezokeramischen Aktuators werden entlang eines bewegten Läufers in lineare Bewegung umgewandelt und treiben so den beweglichen Teil eines mechanischen Aufbaus, auf dem dann die Linse befestigt ist, an (Abb. 3).



Abb. 3 Kleine Piezo-Ultraschallantriebe eignen sich für die Verstellung der Fokus- und Zoom-Linsen (Bild: PI)

Insgesamt ergibt sich so eine gleichmäßige Bewegung mit theoretisch unbegrenztem Stellbereich. Das Resultat sind leichte Antriebe, die sich für Verfahrensgeschwindigkeiten bis etwa 100 mm/s eignen und unregelt mit einer Bewegungsauflösung von ca. 100 nm arbeiten.

Piezobasierte Trägheitsantriebe (Abb. 4) sind dank ihrer geringen Abmessungen und ihres günstigen Preis-/Leistungsverhältnisses ebenfalls für den Endoskop-Einsatz geradezu prädestiniert. Sie nutzen den Stick-Slip-Effekt für ebenfalls unbegrenzte Stellwege mit einer Auflösung von wenigen Nanometern.



Abb. 4 Piezobasierte Trägheitsantriebe sind dank ihrer geringen Abmessungen und ihres günstigen Preis-/Leistungsverhältnisses ebenfalls für den Endoskopeinsatz geradezu prädestiniert (Bild: PI)

Ein piezoelektrischer Aktor dehnt sich aus und nimmt einen bewegten Läufer mit. Im zweiten Teil eines Bewegungszyklus kontrahiert der Aktor so schnell, dass er am bewegten Teil entlang gleitet, da dieser aufgrund seiner Trägheit der Bewegung des Aktors nicht folgen kann, also auf seiner Position verharrt. Die elektrische Ansteuerung ist einfach und erinnert an eine Sägezahnspannung.

Last but not least sind für die Realisierung einer optischen Fokus- und Zoomfunktion auch magnetische Antriebslösungen denkbar, z.B. die Voice-Coil-Antriebe der PIMag®-Serie (Abb. 5).



Abb. 5 Voice-Coil-Antriebe der PIMag®-Serie sind für die in Endoskopen erforderlichen Stellwege zwischen einigen Millimetern und Zentimetern ebenfalls gut geeignet, zumal ausgesprochen kleine Bauformen realisierbar sind (Bild: PI)

Diese Linearantriebe, die auch als Tauchspulenantriebe bezeichnet werden, arbeiten nach dem gleichen Grundprinzip wie Lautsprecher. Für die in Endoskopen erforderlichen Stellwege zwischen einigen Millimetern und Zentimetern sind sie, da ausgesprochen kleine Bauformen realisierbar sind, ebenfalls gut geeignet (Abb. 6). Aufgrund dieser antriebstechnischen Möglichkeiten darf man gespannt sein, welche in Chip-on-the-Tip Endoskopen der nächsten Generation zu besserer Bildqualität und Tiefenschärfe beitragen werden.



Abb. 6 Ansteuerung für einen VoiceCoil-Antrieb mit integriertem magnetischen Sensor. Miniaturisierte Antriebssysteme erfordern kompakte Elektroniken z. B. auf einer flexiblen Platine (Bild: PI)

## Über PI

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und fünfzehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten.

Über 850 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisionspositioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensoren.

Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte.

Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallelkinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.

## Autoren



Doris Knauer, Fachredakteurin bei Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG

Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee