

Eignet sich ein Joystick zur Steuerung eines flexiblen Endoskops?

Richard Eckl¹, Jan D.J. Gumprecht¹, Gero Strauss², Mathias Hofer², Andreas Dietz² und Tim C. Lueth¹

¹Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching, Deutschland

²Universitätsklinikum Leipzig, Liebigstraße 10-14, 04103 Leipzig, Deutschland

Kontakt: richard.eckl@tum.de

Einleitung

Für Untersuchungen der Nasenhöhlen werden in der HNO-Heilkunde statt der weit verbreiteten starren Endoskope flexible Endoskope eingesetzt, wenn Bereiche eingesehen werden sollen, die durch starre Endoskope nicht erreichbar sind [1].

Die Untersuchung wird vom Arzt am nicht narkotisierten Patienten durchgeführt. Dabei sitzt der Arzt gegenüber dem ebenfalls sitzenden Patienten. Derzeit erfolgt die Steuerung des flexiblen Rhino Endoskops im klinischen Einsatz rein manuell. Über einen Hebel am Handstück lässt sich das distale Ende biegen, die Drehung des Endoskops erfolgt aus dem Handgelenk heraus und der Vorschub wird durch eine Vorwärtsbewegung ein und derselben Hand erzielt. Bei der Steuerung erfolgt die Orientierung allein über das Kamerabild des Endoskops, das auf einem Bildschirm wieder gegeben wird. Die Steuerung hierbei gestaltet sich allerdings als sehr komplex [2].

Obwohl die Idee zur Steuerung und Motorisierung eines flexiblen Endoskops schon viele Jahre existiert [3,4], wurde noch kein derartiges System in die klinische Praxis überführt. Ebenso wurde bisher noch keine Untersuchung veröffentlicht, die darlegt, ob sich Joysticks zur Steuerung eines flexiblen Endoskops eignen. Entscheidend ist hierbei, dass sich durch die Verwendung eines Joysticks in Verbindung mit einem motorisierten Endoskop die Steuerzeiten gegenüber der manuellen Bedienung nicht verschlechtern. Mit dem hier beschriebenen Experiment wird überprüft, inwiefern das neu entwickelte System zur Steuerung eines flexiblen Endoskops für den HNO-Bereich diese Anforderung erfüllt.

Methoden und Materialien

Aufbau mit Joysticksteuerung

Das neu entwickelte System zur Motorisierung eines flexiblen Endoskops des Typs KARL STORZ 11101RP2 (Tuttlingen, Deutschland) kann ohne Werkzeug einfach auf das Endoskop gesteckt werden und rastet ein. Die Antriebsmotoren sind dann automatisch mit dem Endoskop verbunden. Dieses System dient als Grundlage zur späteren Erweiterung um Zusatzfunktionen, die die Steuerung eines flexiblen Endoskops vereinfachen sollen. Angesteuert werden hierbei nur zwei der drei bereits genannten Bewegungsfreiheitsgrade, die Biegung des distalen Endes und die Rotation des Endoskops. Der Vorschub kann weiterhin manuell erfolgen, da dieser Freiheitsgrad für die Ausrichtung des distalen Endes nicht von Belang ist. Bei

diesem System erfolgt die Steuerung der motorisierten Freiheitsgrade über einen Joystick. Die Joystickwerte werden von einem Mikrocontroller in PWM-Signale (Pulsweitenmodulation) umgewandelt und damit die Winkelstellung der zwei zur Motorisierung verwendeten Servomotoren bestimmt. Der Servo zur Bewegung des Hebels zur Biegung des distalen Endes ist mit diesem direkt über eine Kupplung verbunden. Die Rotation erfolgt mit dem zweiten Servo über ein Getriebe. Gehalten wird das System an einem Handgriff, der die Motorisierung umschließt.

Bei diesem Experiment steckt das distale Ende des Endoskops in einem abgedeckten Becher, so dass nur über den Bildschirm das Innere erkennbar ist, wie in Abb. 1 zu sehen. Der Abstand der unausgelenkten Endoskopspitze zum Boden des Bechers beträgt 10 mm. Auf dem Boden des Bechers befindet sich ein Millimeterpapier, auf dem fünf durchnummerierte Punkte mit einem Durchmesser von 2 mm aufgemalt sind. Auf dem Bildschirm mit einer Diagonale von 440 mm ist zentral ein Zielbereich mit einem Durchmesser von 60 mm aufgemalt.

Die bei den Untersuchungen der Nasenhöhlen typischen unübersichtlichen Verhältnisse werden bei diesem Experiment durch den abgeschlossenen Becher und durch eine Sperrung des Vorschubfreiheitsgrads modelliert. So kann der Bediener nicht das Endoskop von dem Boden des Bechers wegbewegen, um sich einen Überblick über die Anordnung der Punkte zu verschaffen. Auch der direkte Blick bleibt dem Bediener verwehrt. Zudem sind die Punkte auf dem Millimeterpapier so angeordnet, dass immer nur ein Punkt auf dem Bildschirm sichtbar ist.

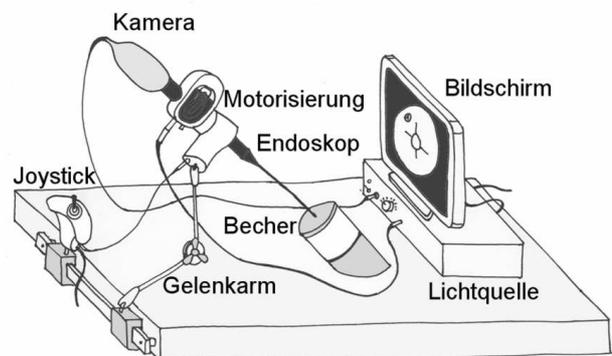


Abb. 1: Aufbau mit Joysticksteuerung

Aufbau mit manueller Steuerung

Die manuelle Steuerung erfolgt nach wie vor durch eine Hand des Bedieners. Das Endoskop wurde hierfür nicht modifiziert oder erweitert. Wie für den Teil des Experiments mit Joysticksteuerung (Abb. 1) ist auch hier der Vorschub durch die Befestigung des Endoskops an einem Gelenkarm gesperrt. Somit gelten für beide Teile des Experiments die gleichen Grundvoraussetzungen.

Ablauf des Experiments

Der Bediener steuert manuell oder über einen Joystick die zwei verbliebenen Bewegungsfreiheitsgrade zur Ausrichtung des distalen Endes des Endoskops. Für dieses Experiment wurden als Bediener nur solche Personen ausgewählt, die keinerlei Erfahrung in der Steuerung von flexiblen Endoskopen haben. Damit wird verhindert, dass Erfahrung das Ergebnis zu Gunsten einer der Steuerungsvarianten beeinflusst.

Nach einer Einweisung der Personen in den Ablauf des Experiments wird die Zeit gestoppt, die die Bediener von der ersten Berührung der Steuerung bis zum Verstreichen der 5 Sekunden Haltezeit für den letzten Punkt benötigt. Dabei müssen die Punkte der aufsteigenden Nummerierung folgend nacheinander gesucht, angesteuert und jeweils für 5 Sekunden in dem auf dem Bildschirm aufgemalten Zielbereich gehalten werden, bevor zum nächsten Punkt verfahren werden darf.

Ergebnisse

Jeder Experimentteil wurde von elf Personen durchgeführt, wobei acht Personen beide Teile durchlaufen haben und die übrigen Versuche von Personen durchgeführt wurden, die nur einen Experimentteil absolviert haben.

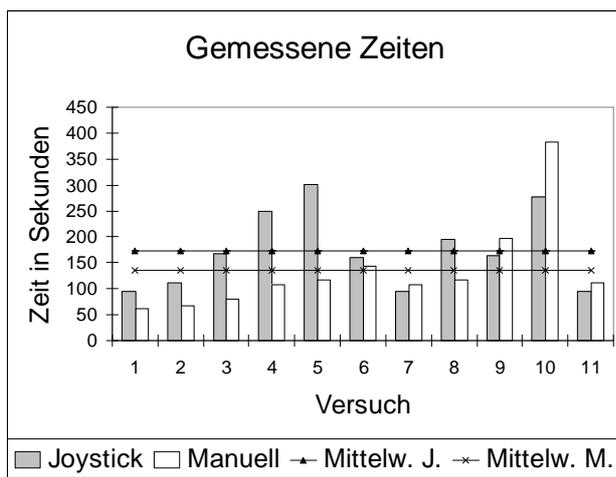


Abb. 2: Gemessene Zeiten und Mittelwerte

Um zu verhindern, dass diejenigen Personen, die beide Teile durchgeführt haben einen Lerneffekt für den zweiten Teil nutzen können, in dem sie sich die Positionen der Punkte gemerkt haben, kamen zwei Millimeterpapiere mit

unterschiedlicher Punkteverteilung zum Einsatz. Die gemessenen Zeiten und deren Mittelwerte sind Abb. 2 zu entnehmen.

Für die Bedienung über einen Joystick ergibt sich ein Mittelwert von 173,7 s bei Einzelwerten zwischen 95 s und 301 s. Bei der manuellen Bedienung ergibt sich ein Mittelwert von 136,0 s bei Einzelwerten zwischen 62 s und 383 s.

Diskussion

Betrachtet man die Mittelwerte, so kann man zu dem Schluss kommen, dass die manuelle Bedienung zu kürzeren Steuerzeiten führt. Allerdings ist dabei noch nicht klar, inwiefern die zwei Testreihen signifikant unterscheidbar sind. Hierfür bietet es sich an den t-Test heranzuziehen. Dabei ergibt sich für t ein Wert von 0,322. Zusammen mit der Anzahl der Versuche von 11 ergibt sich mit einer Wahrscheinlichkeit von 75,4 %, dass die beiden Testreihen nicht signifikant unterschieden werden können. Davon ausgehend kann nicht festgestellt werden, dass die Bedienung über einen Joystick zu langsameren Steuerzeiten führt als die rein manuelle Bedienung.

Schlussfolgerungen

In diesem Artikel wurde ein Experiment vorgestellt, dass die Messung und den Vergleich von Steuerzeiten erlaubt. Das hier vorgestellte System zur motorisierten Ansteuerung eines flexiblen Endoskops für den HNO-Bereich kann später um computergestützte Funktionen erweitert werden. Derzeit erfolgt die Steuerung allein über einen Joystick. Schon dieser Aufbau bewirkt nach den Messergebnissen bei dem Vergleich der Steuerzeiten zumindest keine signifikante Verschlechterung gegenüber der rein manuellen Steuerung. Für zukünftige Erweiterungen des Systems kann dieses Experiment erneut herangezogen werden, um die Wirksamkeit von Verbesserungen nachzuweisen.

Literatur

- [1] HÖRMANN, K. ; SCHMIDT, H.: Flexible endoscopy in ENT practice. In: HNO1998, Band 46, Seiten 654-659, Springer-Verlag 1998.
- [2] KRÜEGER, A. ; KUBISCH, CH. ; STRAUß, G. ; PREIM, B.: Sinus endoscopy-application of advanced GPU volume rendering for virtual endoscopy. In: IEEE Trans Vis Comput Graph, 2008, Band 14, Seiten 1491-1498, Nummer 6.
- [3] DANIELI, G.: US Patent 4873965 – Flexible endoscope, Foreign Application Priority Data, 1987-07-31 IT.
- [4] KUEHNAPFEL, U.G. ; NEISIUS, B.: CAD-based graphical computer simulation in endoscopic surgery. In: Endosc Surg Allied Technol 1993, Band 1, Seiten 181-184, 1993.

Danksagung

Wir danken der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) für die Förderung dieses Forschungsvorhabens (LU 604/24-1).