Technische Universität München

Fakultät für Maschinenwesen

Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik

Univ.-Prof. Dr. Tim C. Lüth

Studienarbeit

Teilautomatische Steuerung eines motorisierten flexiblen

Endoskops über endoskopische Videodaten

Eugen Gross

Matr.-Nr.: 03032848

Betreuender

Hochschullehrer: Univ.-Prof. Dr. Tim C. Lüth

Betreuer: Dipl.-Ing. Konrad Entsfellner

Ausgegeben am: 15.11.2013

Abgegeben am: 15.05.2014

# Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht.

Garching bei München, den 15.05.2014 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Eugen Gross

# Inhaltsverzeichnis

[Ehrenwörtliche Erklärung II](#_Toc379842025)

[Inhaltsverzeichnis III](#_Toc379842026)

[1 Einleitung 1](#_Toc379842027)

[1.1 Anwendung 1](#_Toc379842028)

[1.2 Stand der Technik 3](#_Toc379842029)

[1.2.1 Aktuelle Steuerungsmethode in der Rhinoskopie mit dem flexiblen Endoskop 3](#_Toc379842030)

[1.2.2 Nachteile des Stand der Technik 4](#_Toc379842031)

[1.3 Stand der Forschung 5](#_Toc379842032)

[1.3.1 Stand der Forschung am MIMED Lehrstuhl 5](#_Toc379842033)

[1.3.2 Forschungsprojekt 1 5](#_Toc379842034)

[1.3.3 Forschungsprojekt 2 5](#_Toc379842035)

[2 Eigener Ansatz 5](#_Toc379842036)

# Einleitung

In der vorliegenden Studienarbeit wird die Entwicklung einer halbautomatischen Steuerung eines Endoskops über Videodaten für den HNO-Bereich beschrieben. Die das Endoskop in zwei Freiheitsgraden antreibende Komponente, der Manipulator, wurde bereits in vorangegangenen Arbeiten am Lehrstuhl MIMED realisiert. Dieser besitzt zwei Servomotoren, welche die Biegung des distalen Endes und die Rotation des Endoskops um seine Längsachse bewerkstelligen. Der Vorschub des Endoskops wird weiterhin von der bedienenden Person durchgeführt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Manipulator anhand der Positionsdaten, die mittels Bildverarbeitungsalgorithmen über endoskopischen Videodaten gewonnen werden, in Echtzeit angesteuert und damit das flexible Endoskop bewegt werden.

## Anwendung

Die medizinische Anwendung besteht in der Untersuchung des Naseninneren auf Krankheitsanzeichen mit einem flexiblen Endoskop. Zur detaillierten Beschreibung der Krankheitsbilder und deren Behandlungsmethoden ist eine Darstellung der umgebenden Anatomie unerlässlich.

**Anatomischer und physiologischer Überblick**

Aus anatomischer Sicht besteht die menschliche Nase aus äußerer und innerer Nase. Die äußere Nase kann in einen knöchernen und einen knorpeligen Teil gegliedert werden und hat vor allen Dingen eine strukturelle Funktion. Das Naseninnere setzt sich aus der Nasenhaupthöhle und den Nasennebenhöhlen, die durch die sogenannten Ostien (Ausführungsgänge) mit der Nasenhaupthöhle in Verbindung stehen, zusammen. Die Nasenhaupthöhle ist ein großer luftgefüllter Hohlraum, welche sich über und hinter der Nase mittig im Gesicht befindet. Abgesehen vom Nasenvorhof, der von Haut überzogen ist, ist sie mit Schleimhaut ausgekleidet (Lenarz und Boenninghaus, 2012). In Abbildung 1.1 ist die Topographie der wichtigsten anatomischen Strukturen dargestellt.

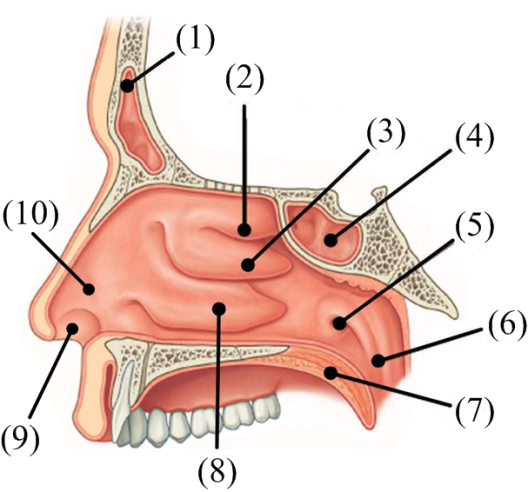


Abbildung 1.1 Rechte laterale Nasenwand (angelehnt an Drake et al., 2004). (1) Stirnhöhle, (2) obere Nasenmuschel, (3) mittlere Nasenmuschel, (4) Keilbeinhöhle, (5) Tubenöffnung, (6) Nasenrachen, (7) weicher Gaumen, (8) untere Nasenmuschel, (9) Nasenlöcher, (10) Nasenvorhof

Die menschliche Nase erfüllt eine Reihe von physiologischen Aufgaben. Darunter fallen die Regulierung des Atemstroms, Reflexfunktion (Niesen), Abwehrfunktion und die Funktion des Riechsinns. Darüber hinaus dienen die Nase und wohl auch die Nasennebenhöhlen beim Sprechen als Resonanzraum (Lenarz und Boenninghaus, 2012). Auch wenn die Bedeutung der Nasennebenhöhlen noch teilweise unklar ist, gibt es Hypothesen, denenzufolge die Nasennebenhöhlen auch strukturelle Funktionen aufweisen, wie die Reduzierung des Schädelgewichts und das Abdämpfen von Schlägen gegen das Gesicht, und physiologische Funktionen, wie die Regulierung des Atemstroms (Behrbohm *et al*., 1997).

**Krankheitsbilder im Naseninneren**

Mögliche auftretende Krankheiten und Verletzungen im Naseninneren sind Fehlbildungen, Septumdeviation, Nasenbluten (Epistaxis), Fremdkörper, Frakturen, Entzündungen der Nasenhaupthöhle (Rhinitis), Krankheitsbilder durch Schadstoffe, Entzündungen der Nebenhöhlen (Sinusitis), gutartige (benigne) und bösartige (maligne) Tumore. Beispielhaft sind in Abbildung 1.2 endonasale Polypen dargestellt. Zur Bildung dieser kann es im Verlauf einer chronischen Sinusitis kommen (Lenarz und Boenninghaus, 2012).



Abbildung 1.2 Endonasale Polypen (angelehnt an Lenarz und Boenninghaus, 2012). Links: Polyp im mittleren Nasengang, Mittig: Entnommene Polypen, Rechts: Choanalpolyp

Krankenhausstatistiken weisen rund 75000 stationäre Aufenthalte pro Jahr aufgrund akuter Infektionen im oberen Atmungstrakt und rund 56000 aufgrund von chronischer Sinusitis auf (Statistisches Bundesamt, 2011).**//Hier brauch ich noch die Quelle**

**Untersuchung des Naseninneren**

Zur Untersuchung des Naseninneren existieren verschiedene Methoden. Darunter fallen die funktionelle, die bildgebende (CT) und die endoskopische Diagnose. Aufgrund der über die Jahre stetigen Verbesserung der optischen Systeme, haben sich diese als präferierte Methode zur Untersuchung der Nase und der Nasennebenhöhlen erwiesen (Behrbohm *et al*., 1997). Endoskope erlauben eine visuelle Untersuchung in verschiedenen Bereichen der Nasenhaupthöhle und der Ostien der Nasennebenhöhlen (Lenarz und Boenninghaus, 2012). Diese Art der Untersuchung wird als Rhinoskopie bezeichnet. Dafür stehen sowohl starre Endoskope mit fixer Standardblickrichtung von 0°, 30°, 45°, 70°, 90° und 120° als auch flexible Endoskope zur Verfügung (Kramme, 2011) (siehe Abb. 1.3). Untersuchungen mittels starrer Endoskope erfordert lokale Anästhesierung des Patienten und wird durch die Anatomie des Patienten eingeschränkt. Flexible Endoskope dagegen vergrößern die inspizierbare Region und bedürfen keiner Betäubung des Patienten (Behrbohm *et al*., 1997).

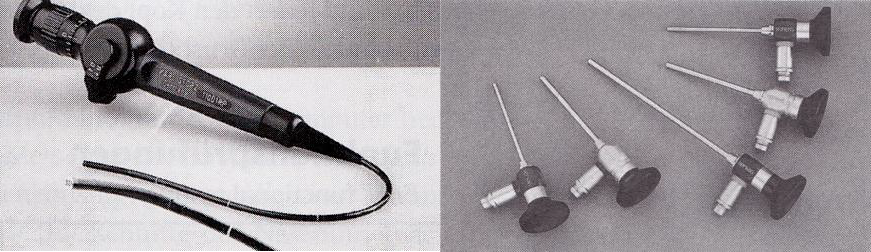


Abbildung 1.3 flexibles Endoskop (links) und starre Endoskope mit verschiedenen Optiken (rechts) (angelehnt an Lenarz und Boenninghaus, 2012)

## Stand der Technik

In diesem Kapitel wird zunächst das zum jetzigen Stand der Technik in der Rhinoskopie verwendete Steuerungskonzept des flexiblen Endoskops vorgestellt. Im Anschluss werden dessen Nachteile beschrieben.

### Aktuelle Steuerungsmethode in der Rhinoskopie mit dem flexiblen Endoskop

Bei dem in dieser Studienarbeit verwendeten Endoskop handelt es sich um das Modell 11101RP2 der Firma *Karl Storz*. Dessen vier wesentliche Bestandteile sind der 30 cm lange flexible Schaft, das 3 cm lange distale Ende, der Daumenhebel und das Rad zur Fokuseinstellung. Im Inneren des flexiblen Schafts befinden sich biegsame Glasfaserleitungen, von denen ein Teil bei angeschlossener Lichtquelle der Belichtung des Untersuchungsraums dient. Der andere Teil überträgt das Bild zum Visier, das dem Arzt die Inspizierung des Untersuchungsraums ermöglicht. Alternativ kann auf dem Visier eine Kamera angebracht werden, deren Bilddaten zur Visualisierung oder Weiterverarbeitung genutzt werden können. Da der flexible Schaft einen Durchmesser von nur 3 mm besitzt, eignet sich dieses Modell sehr gut für die Rhinoskopie. Die Lage des distalen Endes kann von der bedienenden Person in drei Freiheitsgraden verändert werden. Die Rotation und Translation wird dabei mit der Hand ausgeführt. Die Biegung des distalen Endes erfolgt durch Betätigung des Daumenhebels (siehe Abb. 1.4).

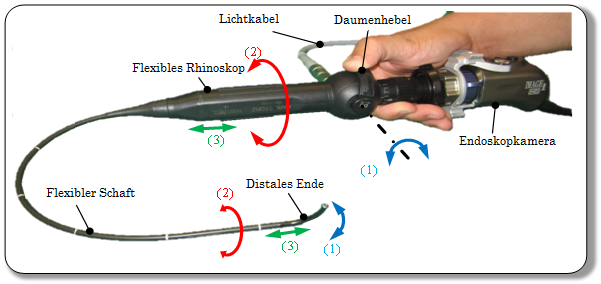


Abbildung 1.4 Steuerungsmöglichkeiten der drei Freiheitsgrade (© MiMed 2011). (1) Biegung des distalen Endes, (2) Rotation des Endoskops, (3) Translation des Endoskops

Eine Untersuchung des Naseninneren mit dem flexiblen Endoskop läuft hierbei wie folgt ab: Zu allererst muss der flexible Schaft desinfiziert und gereinigt werden. Anschließend werden das Lichtkabel und die Kamera an das Endoskop angebracht. Arzt und Patient sitzen sich während der Untersuchung gegenüber. Gehalten wird das Endoskop in der rechten Hand, mit der linken Hand führt der Arzt den flexiblen Schaft in die Nasenhöhle ein. Durch Bewegen des distalen Endes und gleichzeitiger Beobachtung der Kamerabilder kann der Arzt die aktuelle Bewegungsrichtung feststellen und mittels manueller Rotation, Translation und Biegung das erwünschte Zielgebiet erreichen. Die Orientierung erfolgt dabei mit Hilfe anatomischer Landmarken (siehe Abb. 1.5) (MiMed Interne Nr. 004453).



Abbildung 1.5 Rhinoskopie mit einem flexiblen Endoskop (angelehnt an Eckl et al., 2010). (1) Arzt, (2) Patient, (3) Flexibles Rhinoendoskop, (4) Endoskopkamera, (5) Daumenhebel, (6) Distales Ende, (7) Monitor, (8) Endoskopisches Bild

### Nachteile des Stand der Technik

Ein Nachteil dieses Steuerungskonzepts ist die schlechte Hand-Augen-Koordination. Während der Untersuchung der Nasen- und Mundhöhlen verliert der Arzt dadurch schnell die Orientierung. Darüber hinaus ist das Abwinkeln des Handgelenks zur Durchführung der Rotation nicht ergonomisch (Protokollbesprechung mit Prof. Strauß, 2009).

Erfahrungsgemäß dauert eine Rhinoskopie mit einem flexiblen Endoskop drei bis sechs Minuten. Dabei muss das Endoskop durchschnittlich fünf Mal, aufgrund von Verschmutzungen, herausgezogen und gereinigt werden. Das Wiederauffinden der ursprünglichen Position gestaltet sich dabei häufig als sehr mühsam (Prof. Strauß in Cesmeci, 2011/Experiment Protokoll).

Um die Untersuchungsdauer und Komplikationen zu verringern und die aufwendige Handhabung zu erleichtern, soll eine automatisierte Navigation des Endoskops entwickelt werden.

## Stand der Forschung

In diesem Kapitel wird der aktuelle Stand der Forschung anhand des am Lehrstuhl MiMed entwickelten Steuerungskonzepts eines flexiblen Rhinoendoskops zweier internationaler Forschungsprojekte vorgestellt.

### Stand der Forschung am Lehrstuhl MiMed

Am Lehrstuhl MiMed soll aufgrund der Nachteile des Stand der Technik eine automatische Steuerung des flexiblen Endoskops, basierend auf endoskopischen Videodaten, entwickelt werden. Im ersten Schritt wurde ein Manipulator zur Steuerung eines flexiblen Endoskops für die Rhinoskopie realisiert.

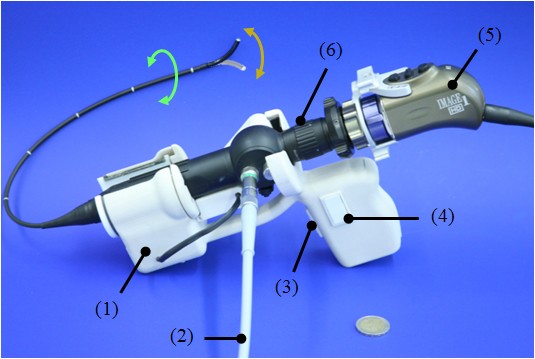


Abbildung 1.6 Manipulator zur Steuerung des flexiblen Endoskops (Fang *et al*., 2012). (1) Manipulator, (2) Lichtkabel, (3) Wipptaste für Biegung, (4) Wipptaste für Rotation, (5) Endoskopkamera, (6) flexibles Endoskop

Wie in Abbildung 1.6 zu sehen ist, wird hierbei ein herkömmliches flexibles Rhinoendoskop (Karl Storz 11101RP2, Tuttlingen, Deutschland) in den Manipulator eingelegt werden. Dieser ist in der Lage über zwei Wipptasten sowohl die Rotation als ich die Biegung des distalen Endes zu steuern. Die Bewegungen werden dabei von zwei Servomotoren bewerkstelligt. Die Translation wird weiterhin von der bedienenden Person ausgeführt. Darauf aufbauend wurde eine RS-485 Schnittstelle implementiert. Dies soll ermöglichen, dass die Steuerbefehle für Rotation und Biegung von einem Rechner an den Manipulator gesendet werden. Mittels Bildverarbeitungsalgorithmen werden dabei die anzusteuernden Richtungen gefunden. Diese werden in Motorstellbefehle überführt und an den Mikrocontroller gesendet, welcher sich im Handgriff des Manipulators befindet. Über Pulsweitenmodulation steuert dieser wiederrum die Stellwinkel der beiden Servomotoren.

Ergänzend wird der bereits erwähnte Bildverarbeitungsalgorithmus näher beschrieben. Grundlage hierfür bildet folgender Ansatz: Im Nasengang soll der am weitesten entfernte sichtbare Punkt angesteuert werden. Da die Lichtstärke im Untersuchungsraum quadratisch mit der Distanz zur Lichtquelle abnimmt, sind die Regionen, welche sich näher an der Lichtquelle befinden, heller als die weiter entfernten. Demzufolge soll der sogenannte dunkle Bereich aus dem Bild segmentiert und dessen Flächenschwerpunkt als Zielpunkt berechnet werden (Asari, 1999). Um diesen dunklen Bereich zu finden, wird eine adaptive Grenzwertmethode angewendet. Dabei wird, wie in Abbildung 1.7 dargestellt, ein Histogramm des endoskopischen Bildes erstellt. Im nächsten Schritt soll das erste Tal, ergo das erste lokale Minimum nach dem ersten lokalen Maximum, und das zweite Tal gefunden werden. Der erste Wert dient der Bildung einer Maske, mit dessen Hilfe man den äußeren schwarzen Rahmen entfernt. Der zweite Wert stellt den Grenzwert bei der darauf folgenden Grenzwertoperation dar. Als Ergebnis bleibt nur noch der angestrebte dunkle Bereich zurück. Nach der Berechnung des Flächenschwerpunkts können aus dessen Koordinaten die Motorstellwerte berechnet werden(Fang *et al*., 2012).

### Forschungsprojekt 1

### Forschungsprojekt 2

# Eigener Ansatz