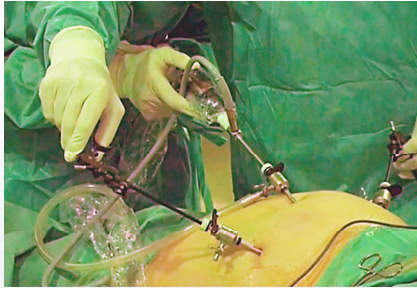


# Kabelloses Stereo-Endoskop mit LED-Beleuchtung

Daniel Brüggemann, Bastian Blase, Robert Dreyer, Kilian Helfmeier, Martin Kelp, Heinz Lehr, Sebastian Schlegel

**Motivation** In der minimal-invasiven Chirurgie werden **Stablinnen-Endoskope in Kombination mit einem Kamerakopf** zur Visualisierung des Operationssitus genutzt. Hierbei sorgt eine leistungsstarke, **externe Xenon-Kaltlichtquelle** für eine helle Ausleuchtung des Endoskopbilds.



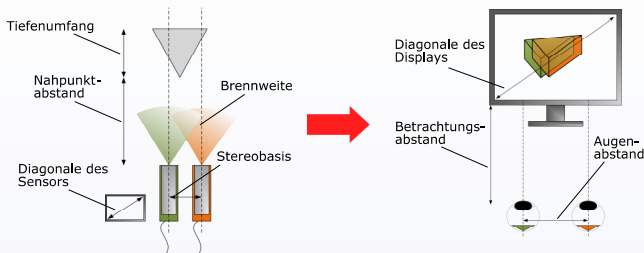
Allerdings weist dieses System **zwei Nachteile** auf: Das extern erzeugte Licht gelangt über ein **unhandliches Glasfaserkabel** zum Endoskop, dessen Anschluss sich in der Regel orthogonal zur Endoskopachse befindet. Sowohl das Lichtleitkabel, als auch das Strom-, beziehungsweise Signalkabel **erschweren die Handhabung** des Endoskops. Heutige Kameras liefern nur ein **zweidimensionales Bild** des Operationssitus. Dies verlangt viel Erfahrung des Chirurgen, damit es nicht zu einer **ungewollten Gewebeschädigung** kommt.

**Signalübertragung und Energieversorgung** Am distalen Ende des Endoskops befinden sich **zwei miniaturisierte Videokameras**, die ein **stereoskopisches Bild** liefern. Die Signale werden durch zwei hochfrequente Sender über **Strecken von bis zu 10 Meter** an zwei Empfänger übertragen, die an einen **PC mit 3D-Monitor** angeschlossen sind. Ein wiederaufladbarer **Lithium-Polymer-Akkumulator** stellt für **90 Minuten genug elektrische Energie** bereit, um die zwei Bildaufnehmer, die zwei Videotransmitter und die Beleuchtungseinheit mit Strom zu versorgen. Dabei weist das kabellose Endoskop ein **Gewicht von weniger als 200 g** auf, was ebenfalls zur stark verbesserten Ergonomie des Systems beiträgt.



**3D-Bild** Der **Tiefeneindruck** entsteht ähnlich der menschlichen Physiologie durch **zwei Bildaufnehmer**, die den Operationssitus von **unterschiedlichen Orten** unter **leicht verschiedenen Blickwinkeln** aufnehmen.

**Empirische Untersuchungen** zeigten, dass, abhängig von den unten dargestellten **Größen am aufnehmenden Endoskop** (links) und den **betrachterseitigen Größen** (rechts), ein unterschiedlich guter 3D-Eindruck entsteht. So führt beispielsweise sowohl ein zu geringer, als auch ein zu großer Basisabstand zu einem unrealistischen stereoskopischen Effekt für den Betrachter.

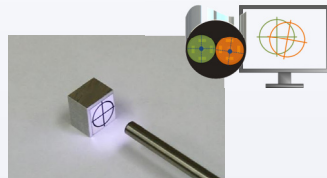


Neben den Größen zur Erzeugung eines realistischen stereoskopischen Bilds ist für eine **angenehme Betrachtung** zudem eine **exakte Kalibrierung** während der Montage notwendig. Folgende Eigenschaften der zwei optischen Systeme dürfen nicht voneinander abweichen, da andernfalls die aufgeführten Symptome auftreten:

**Unterschiede von:**  
Rotationswinkel, vertikaler Position,  
optischen Fehlern, Farbqualität

führen zu

**Ermüdung, Tränenbildung  
Schwindelgefühl, Kinetose**



## Zusammenfassung

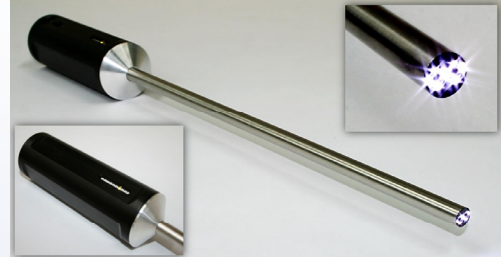
Das am Fachgebiet Mikrotechnik entwickelte, kabellose Stereo-Endoskop mit LED-Beleuchtung **behebt die noch bestehenden Nachteile** von aktuell erhältlichen Endoskop-Systemen.

**Integrierte Lichtquellen** in Form von High-Power-Leuchtdioden liefern eine hohe Beleuchtungsstärke, so dass keine externe Lichtquelle benötigt wird. Das Lichtleitkabel, welches eine ergonomische Bedienung des Medizingeräts stark behindert, entfällt komplett.

Leitungen für die Stromversorgung, beziehungsweise für die Signalübertragung einer Videokamera werden ebenfalls nicht benötigt. Eine autarke Energieversorgung und die Übertragung der Kamerasignale per Funk machen **sämtliche Kabel überflüssig**.

Die **Verwendung von zwei distalen Bildaufnehmern** liefert dem Bediener ein stereoskopisches Bild und damit die bei einem konventionellen Endoskop fehlende Tiefeninformation.

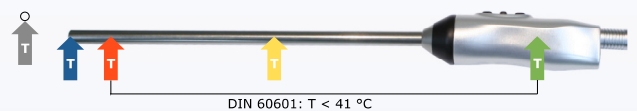
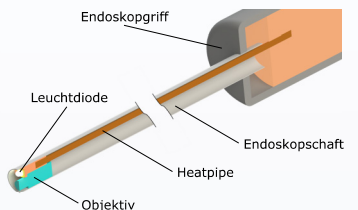
Diese Nachteile lassen sich durch ein kabelloses Stereo-Endoskop mit LED-Beleuchtung beheben. Zwei optische Systeme liefern dem Chirurgen ein **dreidimensionales Endoskopbild** und somit die fehlende **Tiefeninformation**. Eine **Funkverbindung** sowie eine **eigene Energieversorgung** ersetzen das bisher notwendige Kamerakabel. Mit einer Lichtquelle in Form von **High-Power-Leuchtdioden** entfällt das Glasfaserkabel, so dass das Endoskop **wesentlich einfacher zu handhaben** ist.



**Integrierte Beleuchtungseinheit** Eine Beleuchtungseinheit, bestehend aus **High-Power-Leuchtdioden**, kann im Gerät entweder **im Griff** oder am **distalen Ende** platziert werden. Die LEDs besitzen zwar im Vergleich zu Temperaturstrahlern einen hohen Wirkungsgrad, sie erzeugen aber trotzdem soviel **thermische Verlustenergie**, dass die Wärme ohne ein **Wärmeableitsystem** die zulässigen Grenzwerte nach DIN 60601 überschreitet.

Positionierung der LEDs im Griff	Positionierung der LEDs an der Spitze
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ viel Platz im Endoskopgriff: große Auswahl an LEDs</li> <li>+ Oberfläche des Griffs groß: kein Wärmemanagement nötig</li> <li>- Lichttransport notwendig: Wirkungsgrad Lichtübertragung &lt; 40%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ LEDs beleuchten direkt: keine Lichtverluste</li> <li>- wenig Platz im Endoskopschaft: Auswahl an LEDs beschränkt</li> <li>- Oberfläche des Schafts klein: Wärmemanagement nötig</li> </ul>

Die Verwendung von High-Power-Leuchtdioden an der Endoskopspitze erfordert den **Wärme-transport** vom distalen Schaftende zum Endoskopgriff, der durch **Heatpipes** erfolgt. Heatpipes sind **passive Systeme** zum Transport von thermischer Energie, deren **Wärmeleitfähigkeit**, abhängig von der Betriebstemperatur, **bis zu 10.000 mal höher** ist, als die eines Kupferstabs mit gleichen Abmaßen.



**Messungen** an einem komplett montierten **Endoskop-Prototyp** zeigten, dass die **Temperaturen** in den durch die Norm geregelten Bereichen des Endoskops den Grenzwert von 41°C **nicht überschreiten**. Die Leuchtdioden sind dabei annähernd **so hell** wie eine aktuelle externe **Xenon-Lichtquelle**.

