

Endoskopie



Endoskopie

Endoskopie in der alten Zeit, bis zurück ins Altertum

Merkmale:

- Spekulum zur Untersuchung der leicht zugänglichen Organe, z.B. Scheide, Ohr, Nase.
 - Nur mit natürlichem Licht.
-
- Berichte über Katheter und Mastdarmspiegel von Hippokrates II (460-370 v.C)
 - Erwähnung der Endoskopie im babylonischen Talmud
 - Ein dreiarmer Vaginalspiegel und ein Mastdarmspekulum wurden in Pompeji ausgegraben.

Die Entwicklung der modernen Endoskopie ab 1800

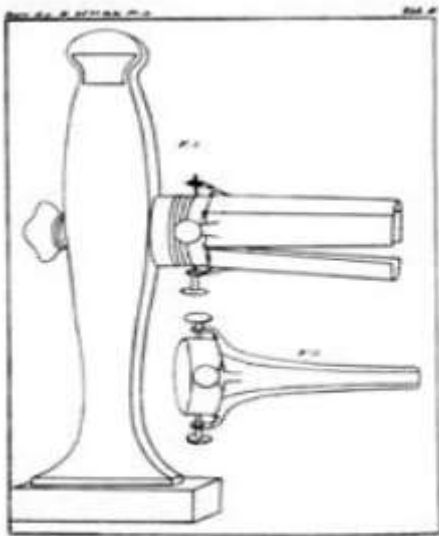
- Erfindung und Einsatz des Lichtleiters
- Starre optische Endoskopie mit dem Teleskop
- Halbflexible und vollflexible Endoskopie
- Die Revolution in der Endoskopie während des späten zwanzigsten Jahrhunderts

Der Beitrag von Philipp Bozzini (25.05.1773 –05.04.1809)

- Die Erfindung des Lichtleiters
- 1806 –Veröffentlichung eines ausführlichen Berichtes über den Lichtleiter
- Unterbrechung des Versuchs wegen seines frühen Todes
- Kein Einsatz des Lichtleiters in Praxis

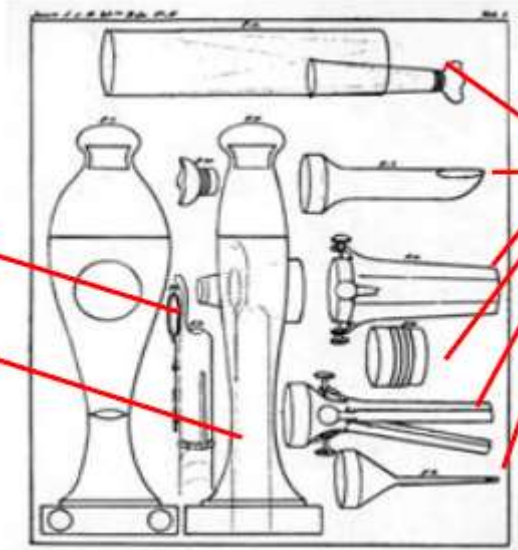
Das Prinzip des Lichtleiters:

- eine Beleuchtungseinrichtung
- ein optischer Teil
- ein mechanischer Teil, der sich der Anatomie der Körperöffnung anpasst.



Ein
Konkavspiegel

Eine
Wachskerze
als Lichtquelle



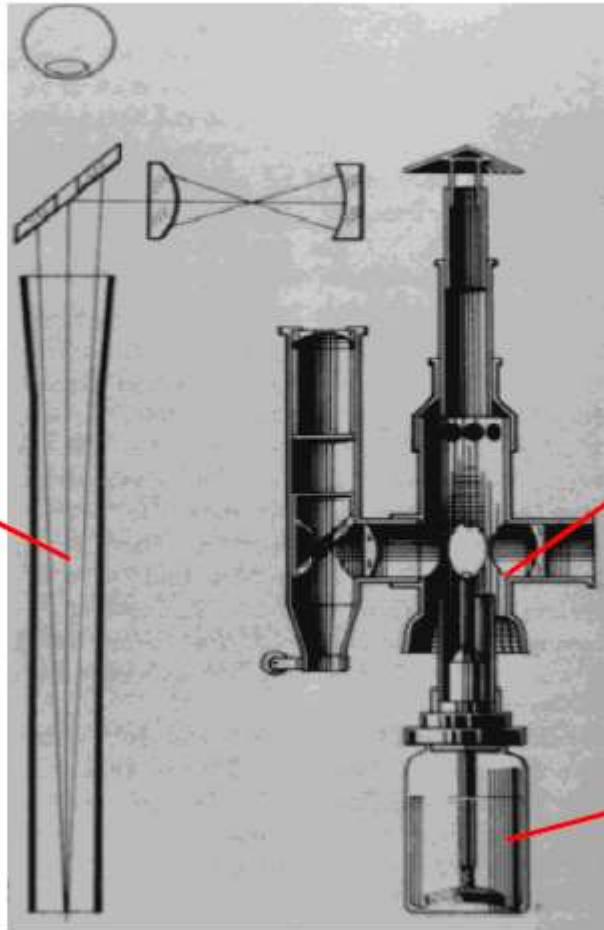
An
verschiedene
Körperöffnungen
angepasste
Spekula

Erste Praktische Endoskopie

- Der französische Arzt Antonin J. Desormeaux nahm ca. 50 Jahre später die Erfindung Bozzinis wieder auf und entwickelte den Lichtleiter weiter
- Durchführung der ersten praktischen Endoskopie in Paris
- Desormeaux als "Vater der Endoskopie"

Weitere Entwicklung des Lichtleiters von Desormeaux

Eine offenes Rohr mit einem Reflektor und einem Kondensor – die Intensität der Beleuchtung wird verbessert



Ersatz der Kerze durch die deutlich heller brennende Gasogenflamme

Lichtquelle: Mischung von Alkohol und Terpentinen

Erste Praktische Endoskopie

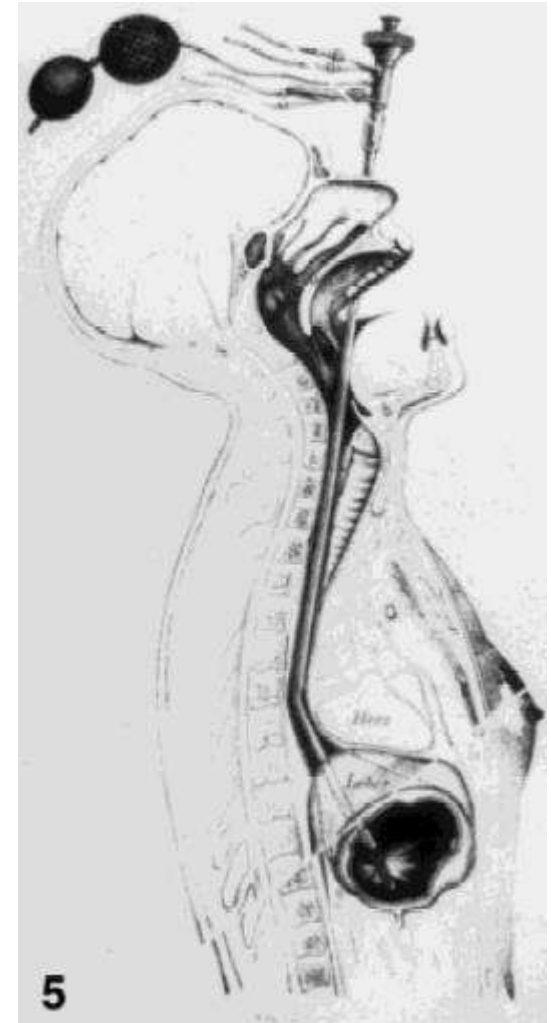
- Der Lichtleiter wurde im wesentlichen bei Patienten mit urologischen Erkrankungen eingesetzt.
- Die häufigste Komplikation bestand in Verbrennungen der Haut.

Die Entwicklung der modernen Endoskopie

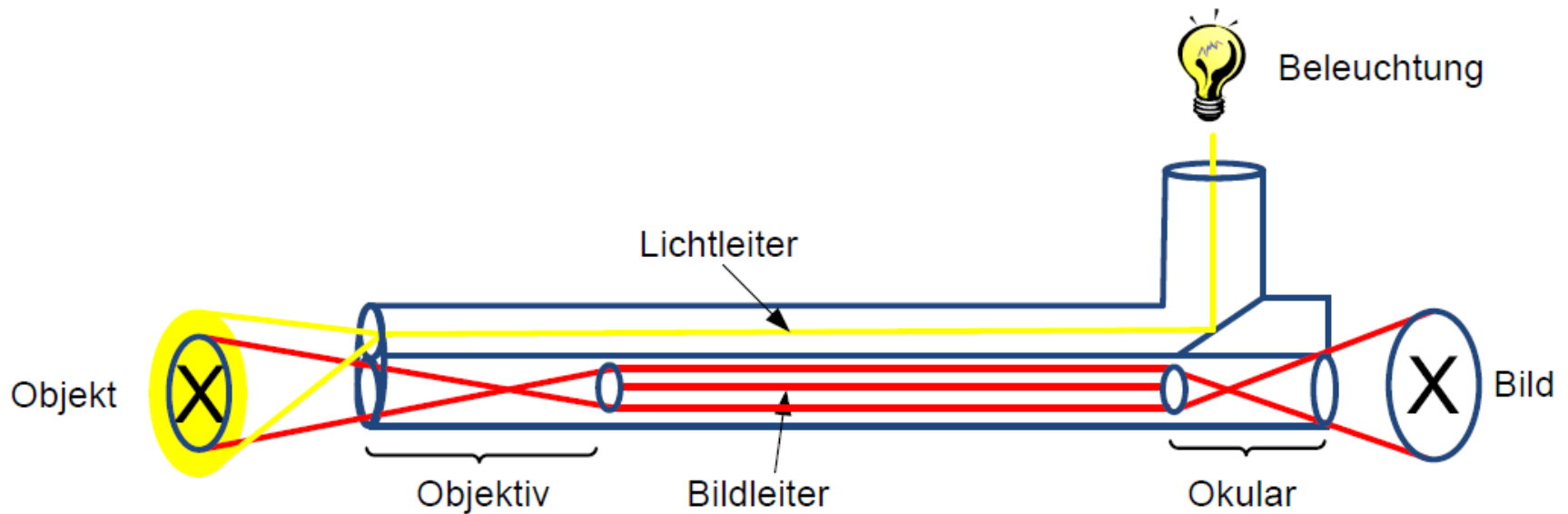
- Erfindung und Einsatz des Lichtleiters
- Starre optische Endoskopie mit dem Teleskop
- Halbflexible und vollflexible Endoskopie
- Die Revolution in der Endoskopie während des späten zwanzigsten Jahrhunderts Endoskopie
- 1881 baute der Wiener Chirurg Johann von Mikulicz-Radecki zusammen mit dem Wiener Instrumentenmacher Josef Leiter ein Gastroskop mit Beleuchtung und Spülung.

Das Prinzip des ersten Gastroskops

- Länge: 630mm, Durchmesser: 13mm
- Ein Winkel im unteren Drittel
- Zusätzliche Kanäle

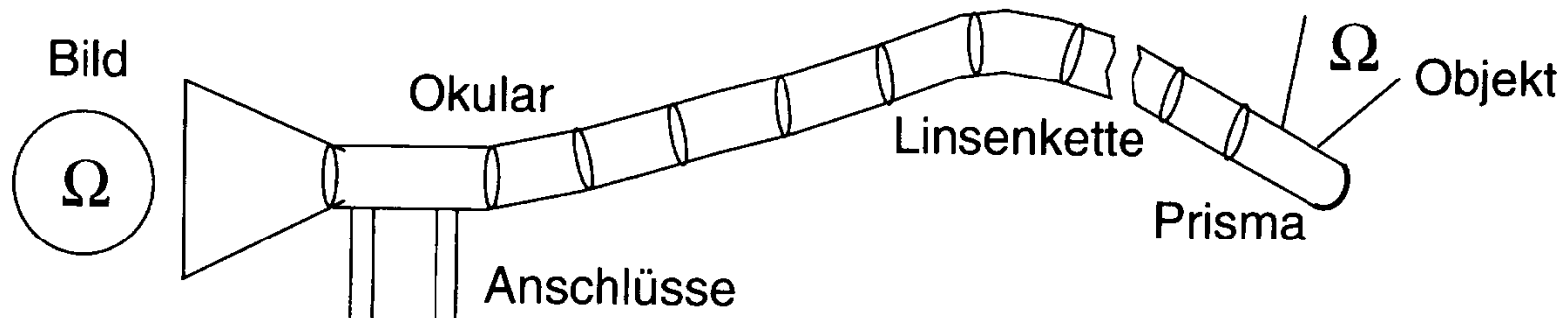


Endoskop: Schematische Funktionsweise



Endoskopie

Linsenendoskopie



Abbildungsmaßstab: 1:1

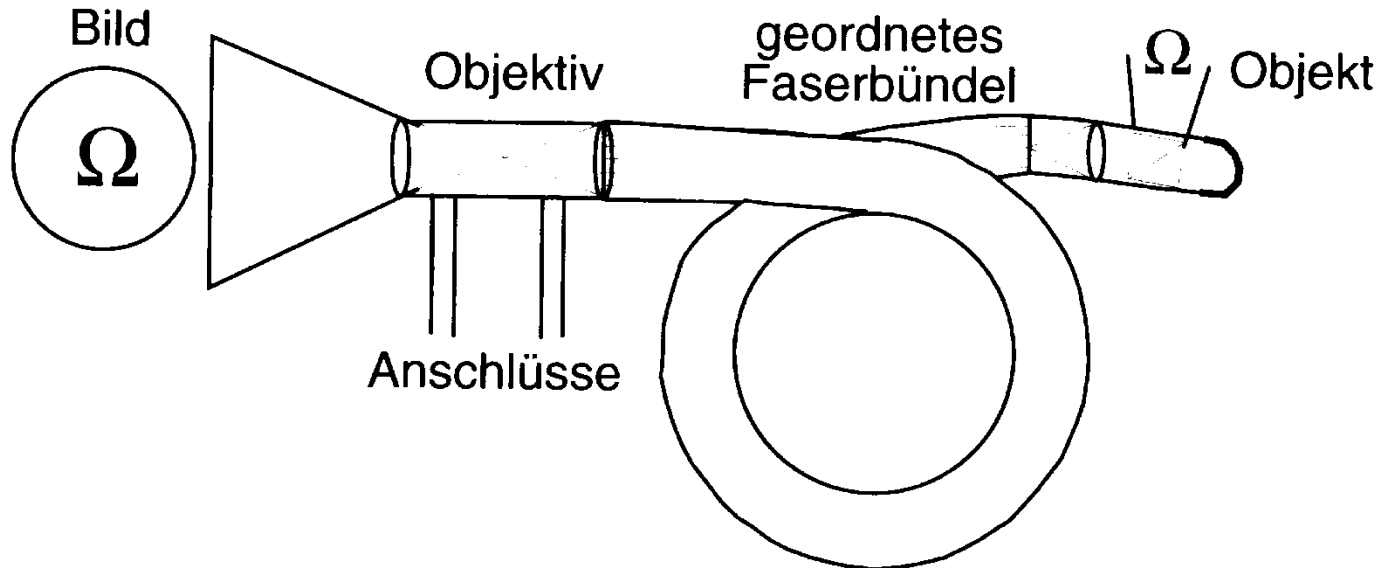
Prisma zur seitlichen Betrachtung von Objekten

Okular ermöglicht vergrößerte Betrachtung

Kanäle für Spülflüssigkeit, Luft (CO_2), zum
Aufblasen der Körperhöhle und Faserbündel für
Lichteinkopplung zur Beleuchtung

Endoskopie

Faserendoskopie



Hohe Flexibilität (Krümmungsradien bis herunter zu 10 mm)

5000 - 7000 Glasfasern für Beleuchtungskanal, ca. 3 mm Durchmesser

10000 - 50000 Glasfasern für Bildübertragung, 7 - 10 mm Durchmesser, geordnetes (kohärentes) Faserbündel

Endoskopie

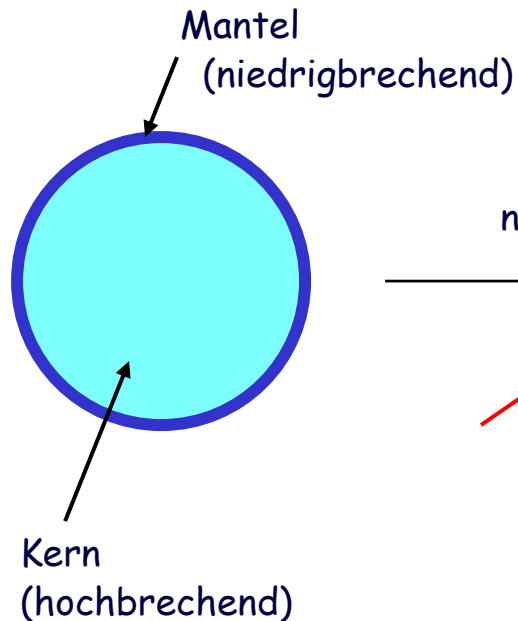
Faserendoskopie

Die drei wichtigsten Kenngrößen einer Faser sind:

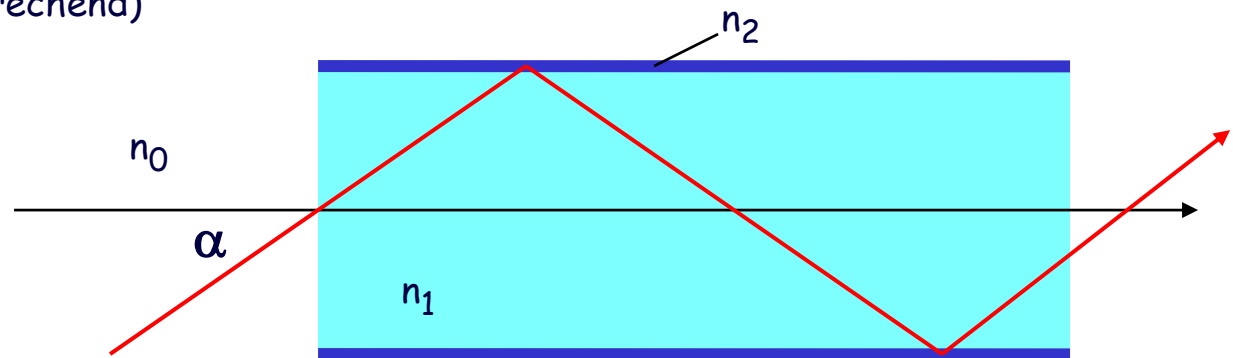
- Numerische Apertur (NA)
- Spektrale Transmission
- Faserdurchmesser

Faserendoskopie

Numerische Apertur



Lichtleitfaser (Glas)



$$NA = n_0 \cdot \sin \alpha_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Lichtstrahlen, die in einem Winkel kleiner als dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Faser auftreffen, werden durch Reflexionen an der Kern/Mantelfläche innerhalb des Kerns weitergeleitet.

n_0 = Brechzahl des umgebenden Mediums

n_1 = Brechzahl des Faserkerns

n_2 = Brechzahl des Fasermantels

α_0 = Grenzwinkel zur optischen Achse

Faserendoskopie

Spektrale Transmission

Beim Durchgang von Licht durch eine Faser nimmt dessen Intensität ab. Das Verhältnis von austretender zu eintretender Intensität wird als spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ bezeichnet. Betrachtet man eine Einzelfaser, so hängt dieser von drei Faktoren ab:

- Die „Fresnelschen Reflexionsverluste“ an den Ein- und Austrittsflächen der Faser liegen bei ca. 11%.
- Verluste durch nicht ideale Totalreflexion an der Grenzfläche Kern/Mantelglas hängen stark vom Einfallswinkel der Strahlung und damit von der Anzahl der Totalreflexionen über die Länge der Faser ab.
- Absorptionsverluste im Kernglas sind beeinflusst von der Länge der Faser und werden überwiegend verursacht durch die unvermeidbare Anwesenheit färbender Metalloxide sowie durch Lichtstreuung, die hauptsächlich durch eine natürliche Dichtefluktuation in der Glasschmelze hervorgerufen wird.

Im Unterschied zur Einzelfaser wird die spektrale Transmission eines faseroptischen Bauteils von weiteren Faktoren bestimmt:

Die zylindrischen Fasern sind in der Regel gebündelt und an den Enden mit Klebstoff in Hülsen fixiert. Die zwischen den Fasern mit Kleber gefüllten Zwickel tragen ebenso wie das Mantelglas nicht zur Lichtübertragung bei. Von dem Gesamtlichtstrom, der auf die Stirnfläche eines Faserbündels fällt, wird daher nur der Anteil, der in das Kernglas der Fasern gelangt, weitergeleitet.

Faserendoskopie

Faserdurchmesser

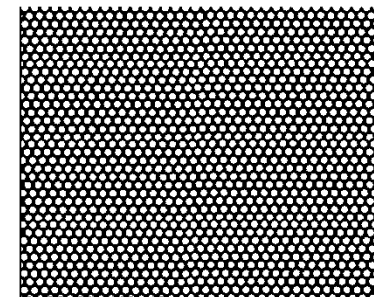
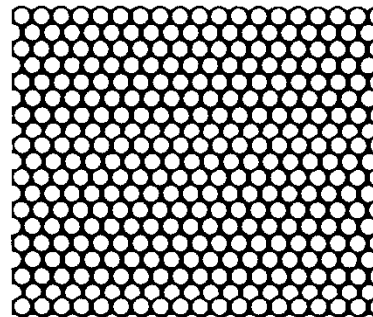
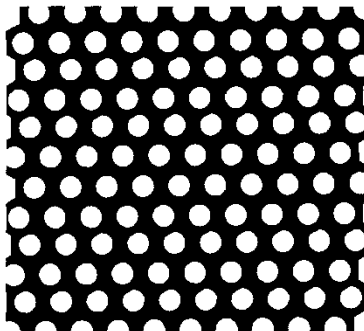
Um die Totalreflexion sicher zu gewährleisten, muß der Fasermantel für den sichtbaren Bereich eine Dicke von mindestens $2\text{ }\mu\text{m}$ besitzen. Mit größer werdendem Faserdurchmesser wird bei gleichbleibender Manteldicke der optisch wirksame Querschnitt der Lichtleiter günstiger, zugleich nimmt aber die Flexibilität der Faser ab. Für die meisten Anwendungen ergibt sich bei einem Faserdurchmesser von $70\text{ }\mu\text{m}$ ein gutes Verhältnis zwischen Durchlässigkeit und Flexibilität.

Endoskopie

Faserendoskopie

Fasern	Auflösung in Linienpaare /mm
11000	3,3
16000	4,0
23000	6,2
30000	7,5

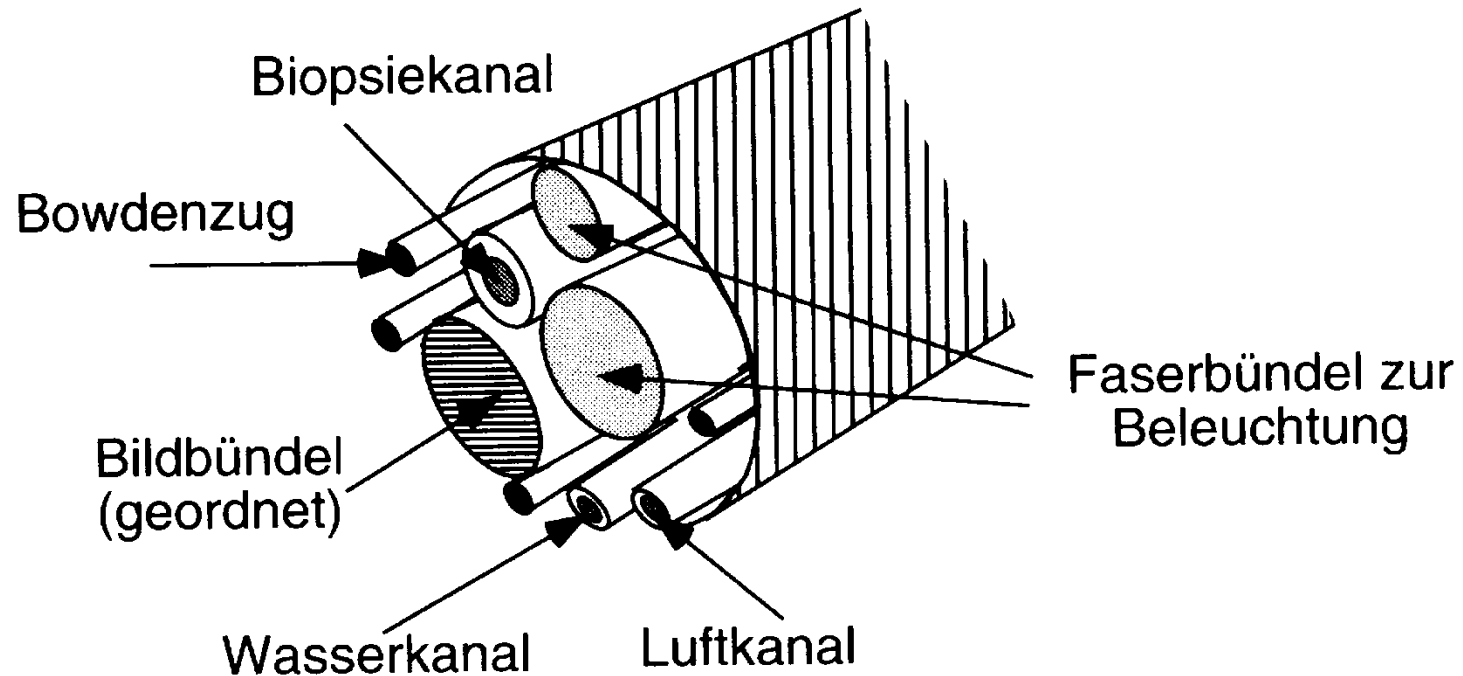
Auflösungsvermögen in Abhängigkeit
von der Faserzahl (Objekt in 15 mm
Abstand)



Rasterung von Faserbündeln mit unterschiedlichen Faserdurchmessern

Endoskopie

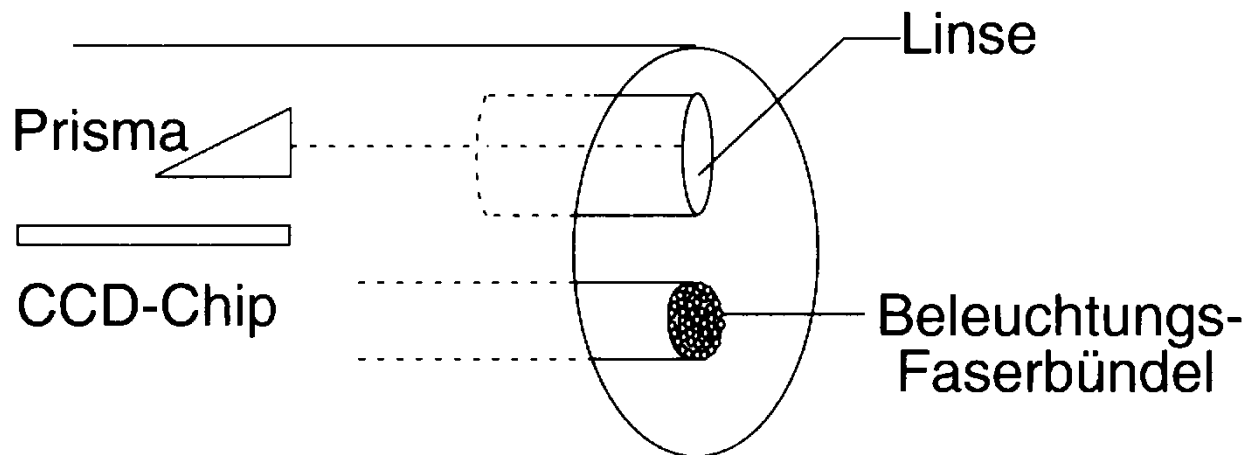
Faserendoskopie



Schematischer Querschnitt eines Endoskops

Endoskopie

Videoendoskopie



Schema zur Anordnung eines CCD-Chips
am distalen Ende eines Endoskops.

Endoskopie

Qualitätsmerkmale von Endoskopen

Optische Eigenschaften

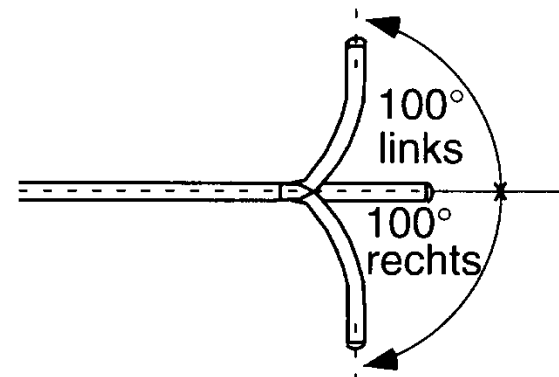
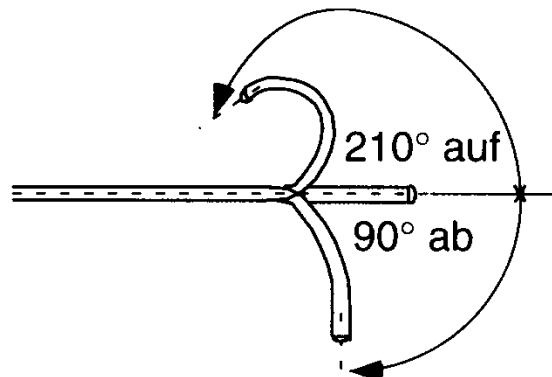
Zahl der auflösbaren Bildpunkte,
Fokusbereich,
Farbwiedergabe,
Ausleuchtung

Mechanische Eigenschaften

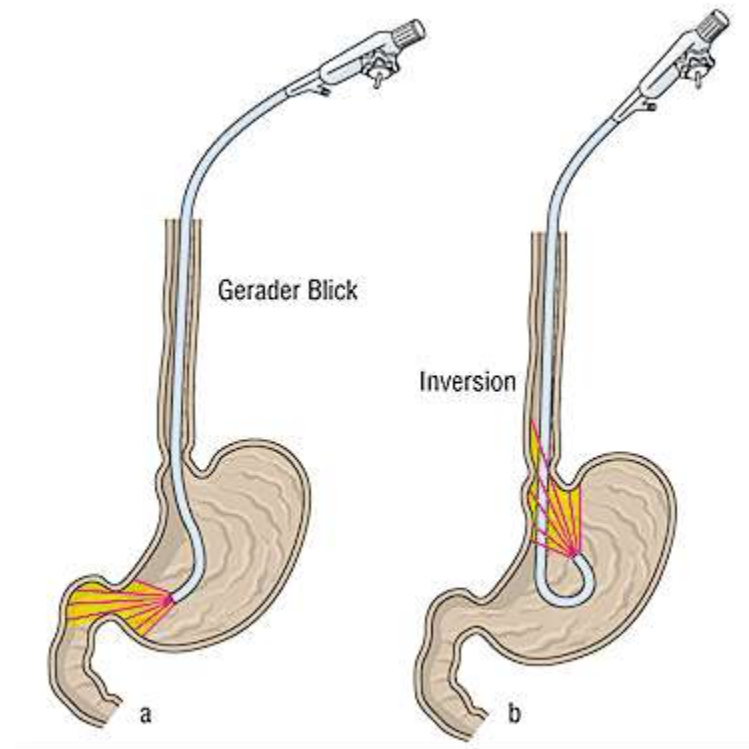
Schaftdurchmesser
Flexibilität des Schaftes
Bewegungsmöglichkeiten der Spitze

Desinfizierbarkeit

Dauer, Kosten



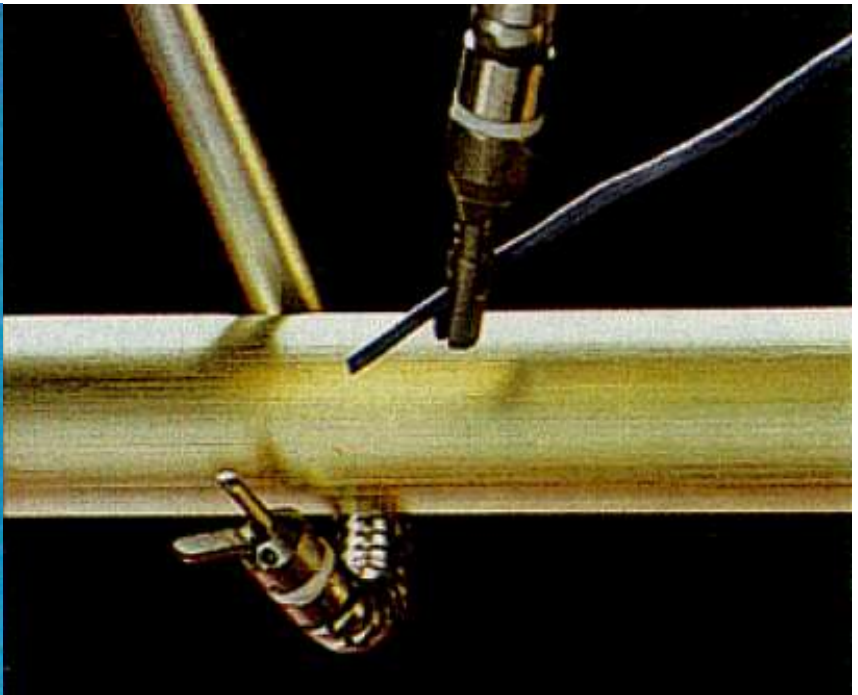
Bewegungsmöglichkeiten der Endoskop-Spitze



Endoskopie



Gastroskop



Flexbesteck



Anwendung eines Endoskops

Endoskopie

Anwendungen

Bronchoskopie	Lufttröhre und Bronchien
Oesophagoskopie	Speiseröhre
Gastroskopie	Magen
Duodenoskopie	Zwölffingerdarm
Cholangioskopie	Gallenwege
Enteroskopie	Illeum (Teil des Dünndarms)
Koloskopie	Enddarm
Sigmoidoskopie	Colon sigmoideum (Teil des Enddarms)
Arthroskopie	Gelenkhöhlen
Ohr-Endoskopie	Ohr
Rhino-Endoskopie	Nase und Rachen
Antroskopie	Nasen-Nebenhöhlen
Thorakoskopie	Lunge und Brusthöhle
Laparoskopie	Bauchhöhle
Pelviskopie	Bauchraum oft mit gynäkologische Fragestellung
Vaginoskopie	Vagina
Angioskopie	Gefäße



Endoskopie

Schon immer war es Ziel der operativen Behandlung, durch kleinere Schnitte und geringere Verletzungen der Weichteile beim Zugang in den Körper des Patienten die Schmerzen nach der Operation zu verringern und zu einer rascheren Erholung und Mobilisation beizutragen. In diesem Zuge etablierte sich zu Beginn der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts die laparoskopische Chirurgie zunächst zur operativen Entfernung der Gallenblase, später auch zur Durchführung komplexerer Operationen im Bauchraum.

Endoskopie

Die Begriffe laparoskopische Chirurgie und minimal-invasive Chirurgie wurden zunächst nahezu synonym verwendet als Oberbegriff für operative Eingriffe mit geringstem Trauma, d.h. mit kleinstmöglicher Verletzung von Haut und Weichteilen. Nachdem die Vorteile einer Operationstechnik mit nur kleinen Schnitten bezüglich der Erholung des Patienten immer augenfälliger wurden, begann auch auf anderen Gebieten die Entwicklung minimal-invasiver Operationsverfahren. Beispiele hierfür sind die thorakoskopischen Operationen, die Revaskularisierung koronarer Arterien, sowie minimalinvasive Zugänge beim Hüftgelenkersatz (Endo-Prothese).

Endoskopie

In den letzten Jahren haben sich die minimal-invasiven Operationstechniken fest etabliert und werden zunehmend ambulant erbracht. Neben den vielfältigen Vorteilen für die Patienten ergeben sich hierdurch auch erhebliche Einsparungen für das Gesundheitswesen.

Endoskopie

Bei der minimalinvasiven Chirurgie werden durch Trokarzugänge, auch „Schlüsselloch-Öffnungen“ genannt, Endoskope und chirurgische Spezialinstrumente in den Körper eingeführt und vom Operateur von Hand bedient. Um die Fähigkeiten des Chirurgen zu steigern, z.B. durch das Eliminieren von Zittern und die Schaffung zusätzlicher Freiheitsgrade der verfügbaren, ursprünglich starren Instrumente, und um zusätzliche Anwendungen zu ermöglichen, wie Operationen am Herzen ohne die Erfordernis der sehr traumatisierenden Durchtrennung des Brustbeins, werden zunehmend Chirurgie-Roboter eingesetzt, die die chirurgischen Instrumente vom Arzt ferngesteuert führen.

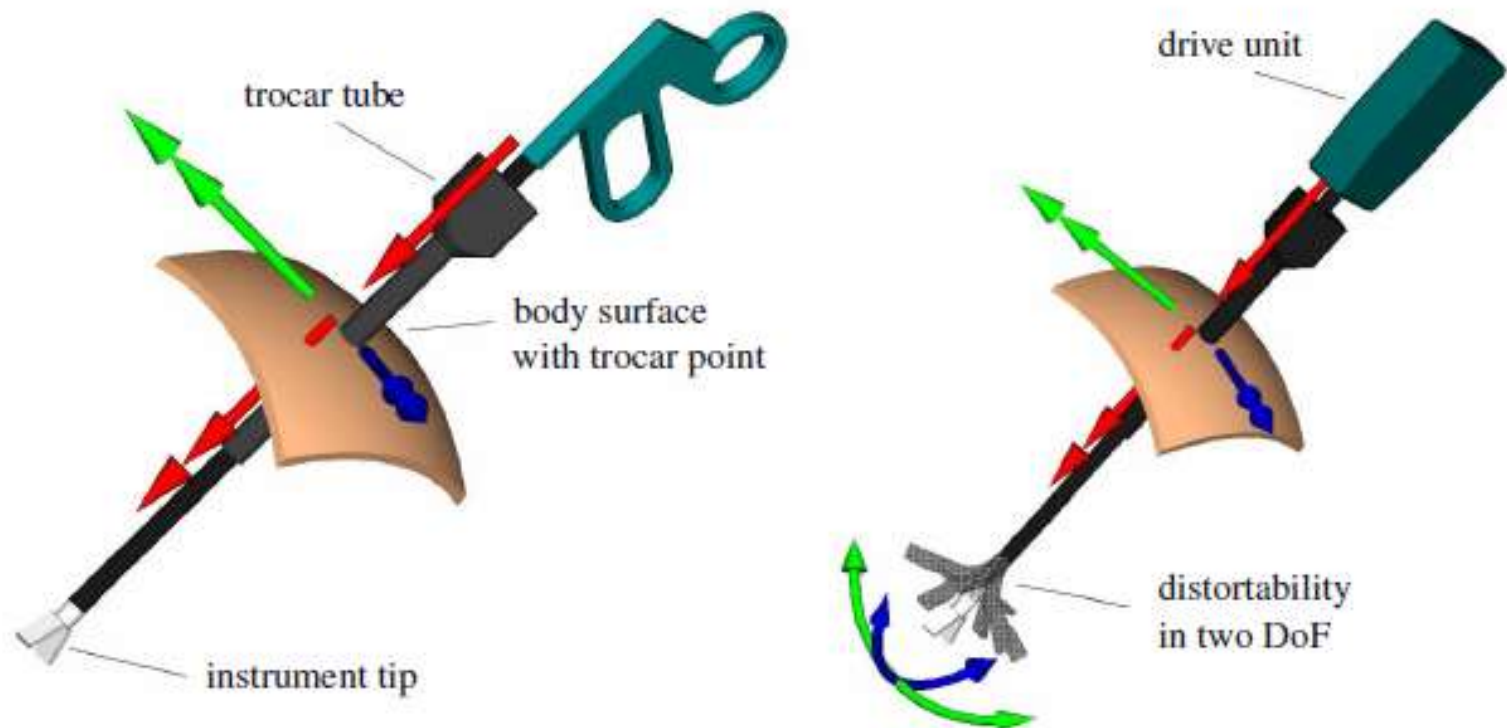
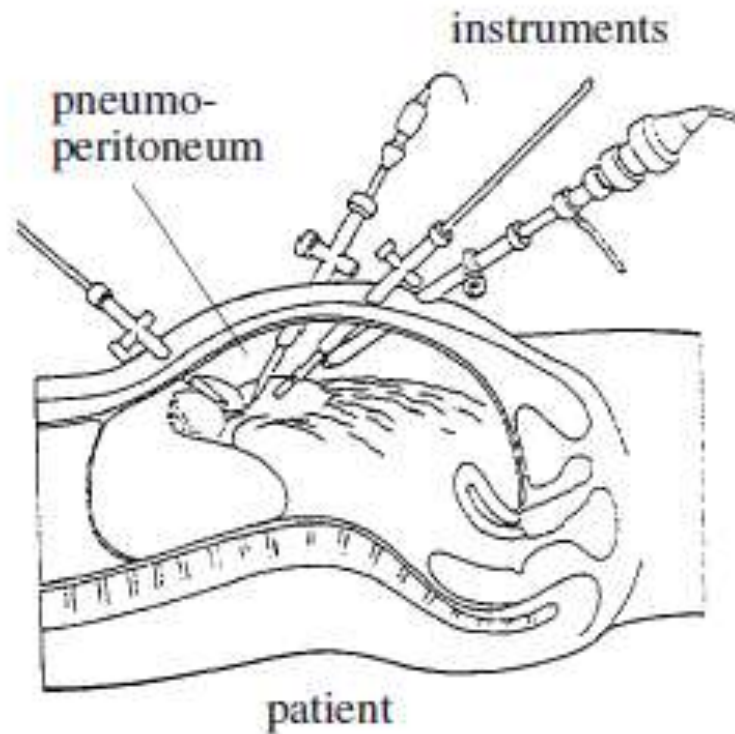


Fig. 2.2: *Left:* Diagram of the four available degrees of freedom (DoF) in conventional minimally invasive surgery (MIS); the instruments are under constraint by the fulcrum point. Double-headed arrows indicate rotational DoF, single-headed translational DoF. *Right:* Diagram of two additional DoF at the distal end of the instrument e. g. in teleoperated MIS. Actuation effects on the proximal end of the instrument, outside the patient [25].



(b) Principle of laparoscopic surgery,
example: cholecystectomy.

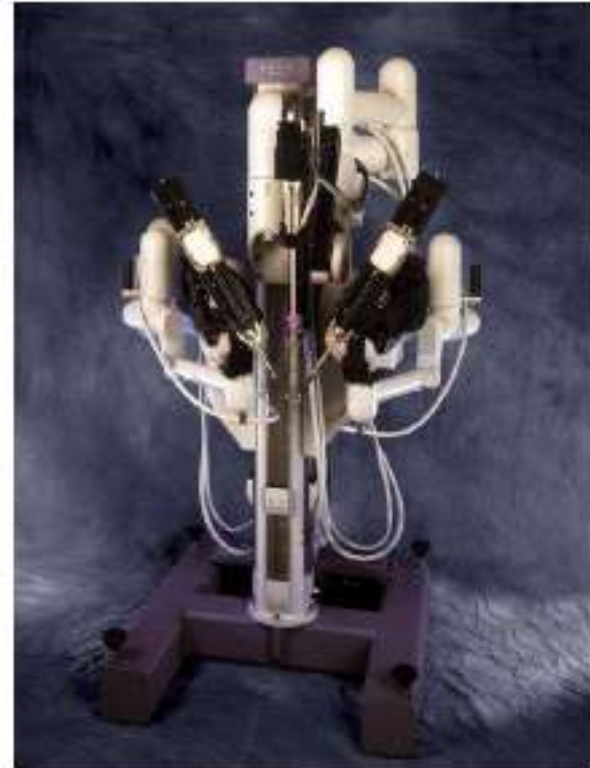
Entfernung der Gallenblase



Fig. 2.3: DaVinci Surgical System from Intuitive Surgical, Inc. In the front left the master console of the system; in the center the slave-robot (photo courtesy of Intuitive Surgical, Inc., 2009).



(a) Master console.



(b) Slave-robot.

Fig. 2.4: Main components of the daVinci Surgical System (photo courtesy of Intuitive Surgical, Inc., 2009).



Fig. 1.1: DLR surgery scenario. *Left:* remote surgeon with force feedback input devices and 3D display. *Right:* DLR slave system consisting of three MIRO robot arms; one carrying the endoscope (semitransparent), two more carrying MIRS instruments for two handed manipulation (photos: DLR).

MIRS: Minimally Invasive Robot Surgery

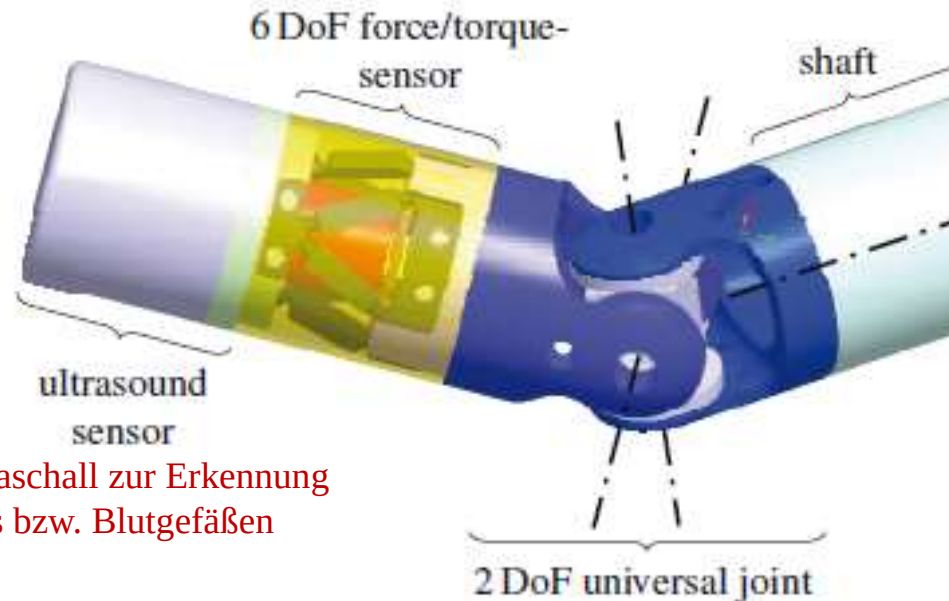
Endoskopie

Hierbei wird der Operateur mechanisch vom Patienten getrennt, er verliert vollständig seinen Tastsinn. Dadurch entsteht die Gefahr, von Gewebe bedeckte und dadurch mittels Kamera nicht erkennbare Arterien beim Schneiden in das Gewebe zu verletzen mit der Folge schwer kontrollierbarer Blutungen. In der offenen Chirurgie kann das Gewebe betastet werden bevor ein Schnitt erfolgt, wobei ein Pulsieren auf eine im Gewebe liegende Arterie verrät.

Die Substitution des Tastsinnes mittels geeigneter Sensoren und einer taktilen Rückkopplung würde die Gefahr von Verletzungen bei der minimal invasiven Chirurgie (MIS) und der mini-malinvasiven roboterunterstützten Chirurgie (MIRS) verringern oder gar gänzlich verhindern.



Fig. 1.3: Previous version of the DLR MIRS instrument. The gripper branches are developed in a basic form. In the instrument presented in this thesis the end-effector (gripper) is replaced by the ultrasound transducer, cf. Fig. 1.4 (photos: DLR).



Doppler Ultraschall zur Erkennung
von Blutfluss bzw. Blutgefäßen

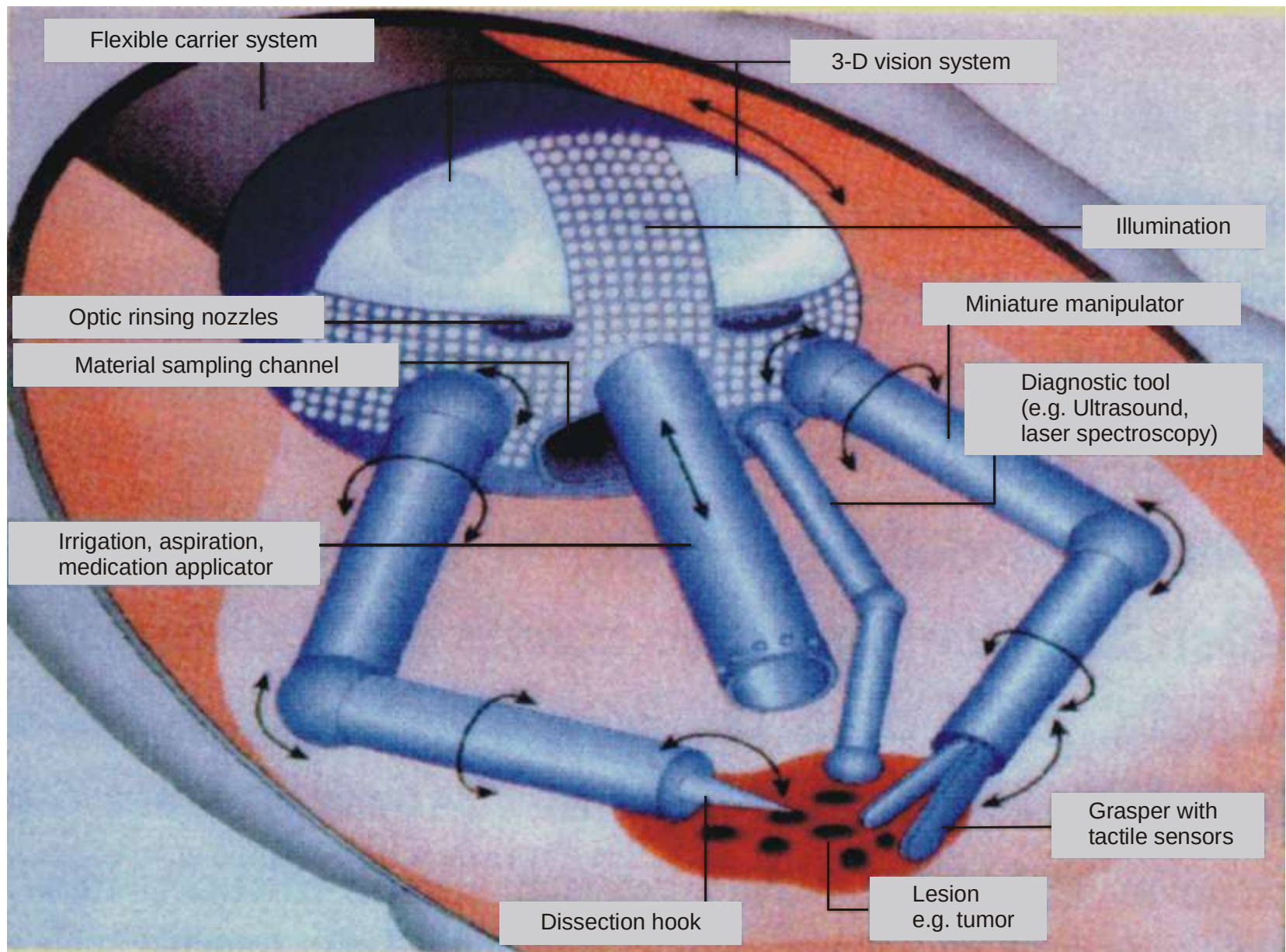
Fig. 1.4: Ultrasound transducer mounted on the tip of the DLR MIRS instrument in rendered CAD depiction: indicated transducer on the instrument tip (light violet on the left), force/torque sensor (yellow), universal joint for instrument distortion (blue), and partial view of instrument shaft (on the right). Outer diameter of the instrument is 10 mm.

Endoskopie

Entwicklungen

Zur Zeit werden Systeme erprobt, bei denen das Endoskop gleichzeitig einen Ultraschall-Meßkopf enthält, um neben dem optischen Bild der Oberfläche auch ein Ultraschall-Bild der tieferliegenden Gewebeschichten zu bekommen.

Auch die photosensibilisierte Endoskopie wird gewinnt an Bedeutung. Hierbei werden Stoffe in den Körper gebracht, die sich in erkrankten Organen anreichern und die bei Beleuchtung mit UV-Licht fluoreszieren (Erkennung von Tumorgewebe). Die Fluoreszenz wird endoskopisch beobachtet.



Capsule



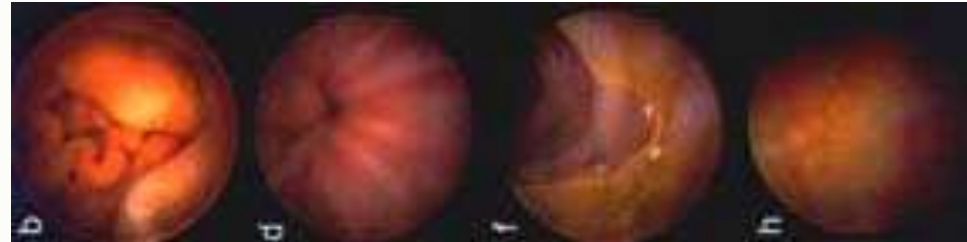
Wireless link

Recorder and antennae



Wired link

Workstation



Aufnahmen eines Kapselendoskops vom Verdauungstrakt

Untersuchung mit Kapselendoskop

Endoskopie

Minimal Invasive Chirurgie (Knopflochtechniken)

Verknüpfung von:

Diagnose und Therapie

Bildgebung und chirurgischen Instrumenten

Virtuelle Endoskopie

Trainingssystem für die minimal invasive Chirurgie

