

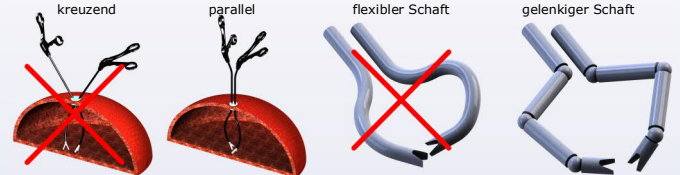
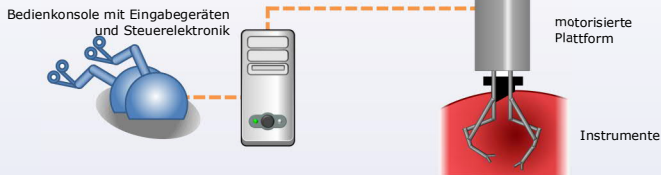
Telemanipulator für laparoskopische Eingriffe

Simon Albrecht, Bastian Blase, Gordon Böse, Heinz Lehr, Sebastian Schlegel

Konzept

Im Rahmen des Forschungsprojekts **AKIM** wurde ein **telemanipulatives Chirurgesystem** mit motorisch unterstützten gelenkigen Instrumenten für minimal-invasive Eingriffe entwickelt. Das Master-Slave-System besteht aus einer über dem Patienten ruhenden **Plattform** mit den die Bauchdecke passierenden **Instrumenten** und einer **Bedienkonsole** für chirurgisches Personal, von der aus diese unter endoskopischer Kontrolle über haptische **Eingabegeräte** gesteuert werden. Die Instrumente lassen sich individuell mit der Plattform verbinden. In dieser befinden sich alle Antriebe zur Betätigung der Instrumente und sie sind derart gestaltet, dass sie möglichst wenig Platz im OP einnehmen.

Das AKIM-System wurde speziell für Single-Port-Eingriffe konzipiert. Im Gegensatz zu herkömmlichen minimal-invasiven Eingriffen, welche oft auf starren Instrumenten in einer zueinander gerichteten Anordnung basieren, sind die hierfür entwickelten Instrumente mit mehreren zusätzlichen Freiheitsgraden ausgestattet. Anstatt sie jedoch im Trokar zu kreuzen, werden sie parallel eingebracht und erst im Bauchraum triangulierend positioniert. Dies schont die Bauchdecke und vermeidet Kollisionen im Trokar. Flexible seilzugbetriebene Strukturen sind mechanisch unterbestimmt und geben unter Last nach. Daher bestehen die AKIM-Instrumente aus gelenkig verbundenen Schaftsegmenten in einer speziellen selbststützenden stabilen Anordnung.

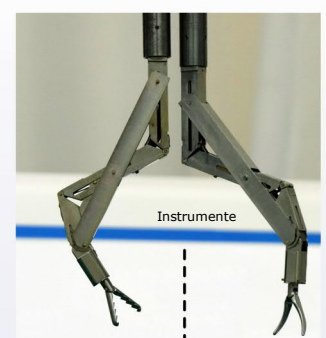
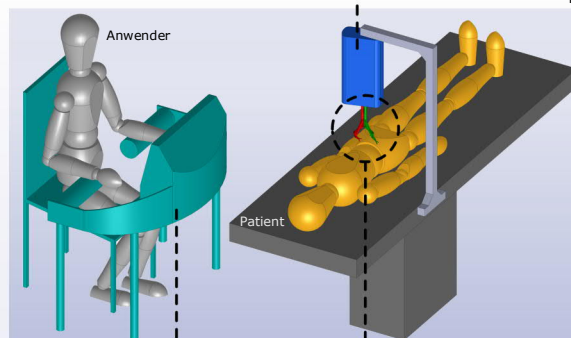
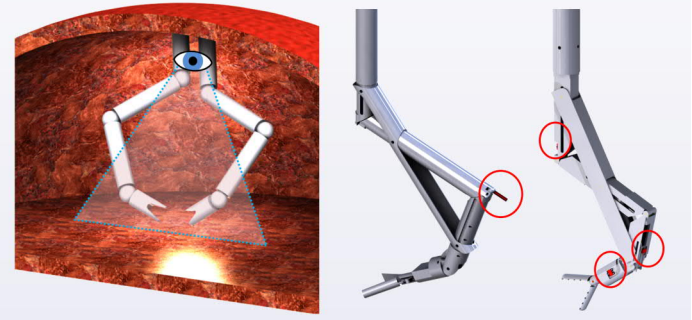
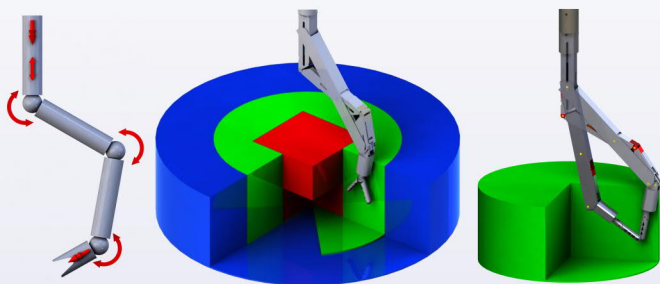


Form und Beweglichkeit der Instrumente

Die Besonderheit der AKIM-Instrumente beruht auf ihrer **selbststützenden Form**, bei der eine halboffene Stützstruktur die einzelnen Segmente umgreift, wodurch alle Gelenke entlastet und die oberen beiden miteinander gekoppelt werden. Jedes Instrument weist **fünf Freiheitsgrade** zur Positionierung und Orientierung der Spitze auf. Frühere In-Vivo-Tests ergaben, dass Instrumente zumeist nur in einem eingegrenzten **Zielvolumen** (rot) von 50 mm Kantenlänge eingesetzt werden. Durch einen Optimierungsalgorithmus wurden die einzelnen Schaftsegmente so dimensioniert, dass die Beweglichkeit stark erhöht ist. Innerhalb eines **Geschicklichkeitsraums** (grün) mit einem Radius von ca. 60 mm sind dank erhöhter Zugänglichkeit auch komplexe Tätigkeiten durchführbar, während das erreichbare **Arbeitsvolumen** (blau) sogar einen Radius von knapp 100 mm umfasst.

Sensorik

Aufgrund ihrer abgewinkelten Form während des Eingriffs liegen einige Teile der Schaftstruktur nicht ständig innerhalb des endoskopisch überwachten Bereichs. Um eine Kollision mit organischen Strukturen zu vermeiden, sind einige der Instrumente mit einem **optischen Fasersensor** ausgestattet, der sich bei Annäherung an das Gewebe verbiegt und dabei ein Signal an den Anwender zurückmeldet. Um eine präzise Steuerung der vielgelenkigen Instrumente zu gewährleisten, sind zudem mehrere **Positionssensoren** im Instrumentenschaft integriert. Diese machen beim Anschließen der Instrumente eine Initialfahrt überflüssig und sparen damit Zeit im OP.



Bedienkonsole mit Eingabegeräten und Steuerelektronik

motorisierte Plattform

Instrumente



Fazit und Ausblick

Im Verlauf des Projekts wurden mehrere Plattformen und Instrumente entwickelt, optimiert und unter Laborbedingungen getestet. Dabei wurden verschiedene Übergabe- und Belastungsszenarien untersucht und erfolgreich durchgeführt. Zusätzliche flexible Abdeckungen und Drapes vermeiden das Risiko, organisches Gewebe einzuklemmen oder zu verschleppen. Jedes Instrument ist in allen seinen Bewegungen von der Bedienkonsole aus einhändig steuerbar.

Zusammen bilden die Bedienkonsole, die motorisch unterstützte Plattform und die gelenkigen Instrumente ein neues telemanipulatives Chirurgesystem, das speziell für Single-Port-Eingriffe konzipiert wurde. Das nächste Projekt AMIE ist bereits gestartet, um, basierend auf den Erkenntnissen des AKIM-Projekts, die Entwicklung weiter voranzutreiben und zusätzliche Einsatzmöglichkeiten für andere Techniken wie Multi-Port-Eingriffe zu entwickeln.

