

mst | infobörse

VDI|VDE|IT

Projekträger
Mikrosystemtechnik

VDI/VDE Innovation +
Technik GmbH
Rheinstraße 10 B
D-14513 Teltow
www.vdivde-it.de

In der **Informationsreihe MST Infobörse** werden aktuelle Entwicklungsergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten von FuE-Projekten der Mikrosystemtechnik im **Rahmenprogramm zur Förderung 2004-2009 Mikrosysteme** des BMBF vorgestellt.

Die einzelnen Ausgaben können kostenlos bei der VDI/VDE-IT angefordert werden.

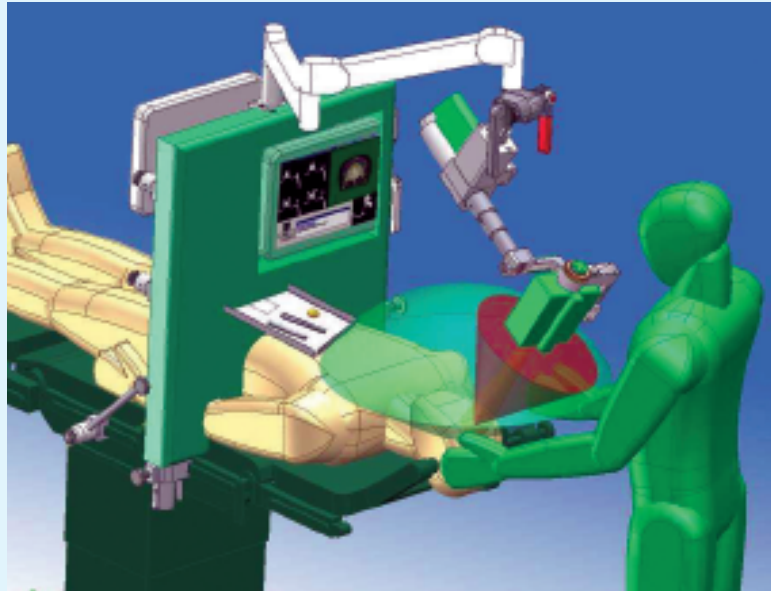
Alle bisher erschienenen Ausgaben sind auch im Internet abrufbar:
www.mst-innovationen.de

© VDI/VDE-IT 07/05 AZ

PROJEKTRÄGER FÜR DAS



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Systemkonzept des MINOP II Projektes / System concept of the MINOP II

Mikrosystemtechnik zum Einsatz in der Minimal Invasiven Neurochirurgischen Endoskopassistenten Operationstechnik (MINOP II)

Microsystems Technology for Use in a Minimally Invasive Endoscope Assisted Neurosurgical Operating System – MINOP II

Theodor Lutze, Dr. Dirk Schauer (Aesculap AG & Co. KG)

MINOP II ist ein weltweit neuartiges Operationssystem zur semirobotischen Manipulation von OP-Kamerasystemen und Multifunktionsinstrumenten. Ein 3D-Exoskope dient der stereoskopischen Bildaufnahme des Operationsgebietes (Situs) in Mikroskop-Qualität. Diese Spezial-Kamera wird von einer an der OP-Liege befestigten semirobotischen, intuitiv gesteuerten Kinematik intraoperativ motorisch ausgerichtet. 3D-Endoskope unterschiedlicher optischer Konzeption zeichnen sich durch deutlich dünnere Optikkanäle sowie exzellente 3D-Darstellung aus. Ein miniaturisiertes, autoklavierbares Positioniersystem dient der Manipulation der 3D-Endoskope. Multifunktionale Instrumente wie bspw. der Laser-Ultraschall-Applikator, die beheizbaren und mechanischen Diamantmesser, die RF-Applikatoren u. a. sind auf die besonderen Anforderungen der endoskopassistenten Neurochirurgie optimal abgestimmt. Es wurden Prototypen aller Module gemeinsam mit dem klinischen Partner unter OP-Bedingungen erprobt.

MINOP II is a worldwide novel operating system for the semi-robotic manipulation of OR-camera systems and multifunctional instruments. A 3D-exoscope provides a stereoscopic video image of the interventional area (situs) in microscope quality. This high performance camera system is intra-operatively maneuvered by a semi-robotic, motor driven mechanical arm which is mounted besides the table and provides an intuitive man-machine-interface. 3D-endoscopes of different optical designs offer an essential minimization of the optical caliber as well as a magnificent spatial visualization. A miniaturized, autoclavable positioning unit is used for endoscope manipulations. Multifunctional instruments like the laser-ultrasound-applicator, the heatable and mechanical diamond knives, the radiofrequency applicators etc., work in perfect harmony with the special demands of the endoscope assisted neurosurgical applications. All modules were realized in prototypes and validated under clinical conditions together with high experienced neurosurgeons.

Motivation

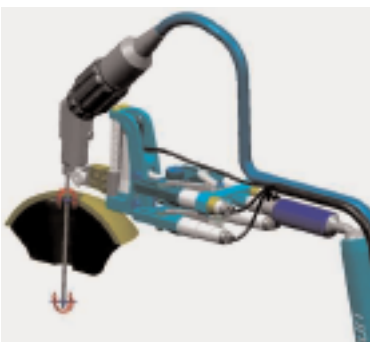
Operationsmikroskope definieren den Goldstandard einer qualitativ hochwertigen Bildübertragung in der neurochirurgischen Praxis. Ein exzellentes Videobild steht schwerwiegenden ergonomischen Nachteilen gegenüber. Endoskopassistierte Methoden konnten sich aufgrund ihrer limitierten räumlichen Orientierung und des begrenzten Instrumentariums nur bedingt in der Neurochirurgie durchsetzen. Ziel des Projektes MINOP II war die Realisierung eines weltweit neuartigen Konzeptes videobasierter neurochirurgischer Eingriffe. Unter Anwendung innovativer Schlüsseltechnologien der Mikrosystemtechnik galt es Module der intra- und extrakorporalen Videotechnik, der Robotik und den intelligenten Mensch-Maschine-Schnittstellen wie auch applikationsspezifische Instrumente zu entwickeln und zu einem Gesamtkonzept zusammen zu führen.



Idee der minimal invasiven neurochirurgischen endoskopassistenten Operationstechnik
Idea of a minimal invasive neurosurgical endoscope assisted operating system



3D-Exoskop, Steuerungseinheit inklusive intuitiver Mensch-Maschine-Schnittstelle
3D-exoscope, control unit inclusive man-machine-interface



3D-Endoskop-Manipulation durch ein semi-robotisches Positioniersystem
3D endoscope manipulation by a semi robotic positioning unit

Motivation

Operating microscopes define the gold standard of high quality image transmission during neurosurgical applications. But, the excellent imaging faces a lot of significant, especially ergonomic disadvantages. Endoscope assisted methods could not establish themselves in the field of neurosurgery due to their restricted spatial orientation and limited instrumentation. The goal of MINOP II was the realization of a worldwide novel surgical and video based OR-setup for neurosurgical applications. A multiplicity of modules regarding intra- and extracorporal video acquisition, robotics and intelligent man-machine-interfaces as well as application specific instruments have been designed, realized in prototypes and finally consolidated in an integrated and closed system applying the key technologies of the micro-systems processing.

Results

Module I: 3D-exoscope

Operating microscopes interfere the access to the patient due to their spatial extensions. The permanent view through the ocular seriously restricts the surgeon's cognitive environmental recognition. OR-microscopes act visually and physiologically tiring and request a significant expert experience. The 3D-exoscope represents an attractive alternative option consisting of a stereoscopic camera with an excellent resolution and magnificent zoom. The 3D-exoscope consists of two high performance cameras including motor driven precision lens systems. It offers a marvellous spatial view within a nominal distance to the situs of 30 cm.

Module II: 3D-endoscopes

Known 3D-endoscopes are not appropriate for neurosurgical applications because of their significant tube diameter. A realized 3D-endoscope transfers a two-dimensional image from the situs to an optical video splitter, which produces two independent and shifted images. Both images are gripped by separate cameras and transferred to a 3D viewing modality. Another approach uses a digital image and departs this into two minimally shifted sections.

Module III: control unit

The control unit of the 3D-exoscope consists of a mechanical arm fixed to a high stable anaesthetic bow above the OR-table. The arm is manually aligned opposite the patient and fixed. Afterwards a motor driven smooth and fine tuning is possible. The instructions for the arm movement and manipulations are transferred to the central control unit via a voice control and a monitoring of the surgeons movements. A miniaturized positioning unit was developed, which can be sterilized in wet steam and allows an interactive robot assisted endoscope

Ergebnisse

Modul I: 3D-Exoskop

Operationsmikroskope beeinträchtigen durch ihren Raumbedarf den Zugang zum Patienten. Der Blick des Chirurgen durch das Okular schränkt die kognitive Erfassung des Operationsgeschehens ein. OP-Mikroskope wirken visuell und physisch ermüdend und erfordern ein ausgeprägtes Erfahrungswissen. Als Alternative hierzu ist das 3D-Exoskop anzusehen, eine stereoskopische Kamera mit exzellenter Auflösung und hohen Zoomstufen. Es besteht aus zwei qualitativ hochwertigen Kameras mit motorgetriebenem Präzisionslinsensystem. Das Exoskop gewährleistet eine exzellente Volumendarstellung im Nominalabstand zum Situs von 30 cm.

Modul II: 3D-Endoskope

Bekannte 3D-Endoskope eignen sich durch ihre großen Optikdurchmesser nicht für neurochirurgische Anwendungen. Ein realisiertes 3D-Endoskop überträgt ein zweidimensionales Bild vom Situs auf eine Splitter-Optik, in der zwei optisch versetzte Einzelbilder erzeugt werden. Beide Bilder werden durch separate Kameras erfasst und auf eine 3D-Modalität übertragen. Ein weiterer Ansatz nutzt ein digitales Videobild und trennt dieses in zwei minimal versetzte Bildausschnitte.

Modul III: Steuerungssystem

Die Steuerungseinheit des 3D-Exoskops besteht aus einem Haltearm, der an einem hochstabilen Anästhesiebogen oberhalb der OP-Liege montiert ist. Der Arm wird von Hand gegenüber dem Situs ausgerichtet und verriegelt. Anschließende Feinpositionierungen erfolgen aktiv, d.h. motorgetrieben. Die Befehle zur Manipulation werden mittels Sprachsteuerung und Bewegungsüberwachung des Chirurgen, an die zentrale Rechneinheit übergeben. Um eine interaktive, robotische Endoskop-Manipulation zu gewährleisten, wurde eine miniaturisierte, in Nassdampf zu sterilisierende Positioniereinheit

entwickelt, die über 5 Freiheitsgrade in einem kugelförmigen Arbeitsraum von ca. 50 mm Durchmesser verfügt. Die selbsthemmende Kinematik arbeitet in den drei Bewegungsmodi Translation, Pivotisieren und Insertion.

Modul IV: Multifunktionale Instrumente

Multifunktionale Instrumente integrieren mehrere Einzel-funktionen und orientieren sich in Aufbau und Arbeitsweise an den besonderen Anforderungen der endoskop-assistierten Neurochirurgie. Der Laser-Ultraschall-Applikator ist eine flexible, licht- und schallübertragende Faser in einer Saugkanüle und dient dem Gewebeabtrag mittels Ultraschall-Aspiration bei gleichzeitiger Koagulation des Wundbereiches. Das beheizbare Diamantmesser nutzt eine elektrische Leitfähigkeit von dotierten, mechanisch hochscharfen Diamantklingen zur bipolaren Koagulation und Temperaturüberwachung. Zur RF-induzierten interstitiellen Thermo-therapie und oberflächlichen Koagulation wurden spezielle bipolare Applikatoren entwickelt, die im Arbeitskanal von Endoskop-Trokaren geführt werden. Die miniaturisierten Branchen der bipolaren Rohrschaftpinzette werden über einen Kunststoff-Schiebeschleife mit Spülkanal geschlossen. Das Instrument ist als Einweg-Schaft und Mehrweg-Handgriff konzipiert. Das Diamantmesser nutzt hochscharfe Diamantklingen in diversen Formen, die eine leichte Schnittführung auch in anatomisch ungünstigsten Situationen erlauben. Endoskopische Sauger mit individuellem distalen Arbeitsende wie bspw. Raspatorium, Dissektor oder Filter ermöglichen eine Reinigung des Wundbereiches bei gleichzeitiger Gewebemanipulation.

Systemsynthese

Alle Module wurden im vorklinischen Einsatz im Einzelnen wie auch im Gesamtkontext durch Neurochirurgen validiert. Die Bedienung von mechanischen wie auch optischen Komponenten ist intuitiv und ohne Spezialkenntnisse möglich. Die Mehrzahl der Instrumente konnte als zugelassene Instrumente am Patienten angewandt werden.

Zukunftsperspektiven und Ausblick

Durch die modulare Zusammensetzung ist eine wirtschaftliche Verwertung systemunabhängig auch für einzelne Komponenten möglich. Das System im Gesamtkontext wird in Zukunft einem breiten Expertenkreis der Neurochirurgie vorgestellt, um die Akzeptanz zu evaluieren und weitere klinische Partner für eine zukünftige Erprobung des Systems zu gewinnen. Durch eine erfolgreiche wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse kann die Aesculap AG & Co. KG ihre Stellung als weltweit führender Hersteller und Lieferant von neurochirurgischen Medizinprodukten der Spitzenklasse ausbauen und den Wirtschaftsstandort Deutschland dauerhaft stärken.

manipulation in 5 degrees of freedom in a spherical work space of about 50 mm in diameter. The self locking kinematics provide the three movement modes translation, pivoting and insertion.

Module IV: multifunctional instruments

Multifunctional instruments combine different single functions and match perfect the special requirements of endoscope assisted neurosurgical applications due to their design and operation method. The laser-ultrasound-probe is based on a flexible light and ultrasound transmitting fiber, which is guided in a suction catheter. It can be used for isochronal tissue aspiration and wound closure due to the coagulation effects. The heatable diamond knives use the effect of an electrical conductivity of doped diamond blades for a bipolar coagulation and temperature monitoring. Special bipolar probes have been developed for use in the radiofrequency-induced interstitial therapy and surface coagulation, which are guided through the working channel of endoscope trocars. The miniaturized jaws of bipolar tube channel instruments are locked by a plastic tube providing an irrigation channel. The instrument is designed as a disposable tube part and a reusable handle. Diamond is a perfect cutting material and is used for mechanical surgical blades in different shapes, which allow an easy cutting even in anatomical critical cases. Endoscopic suction tubes with individual distal working tips, like rasps, dissectors or filters allow a suction even while manipulating the tissue.

System fusion

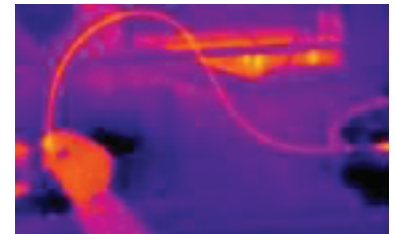
All modules have been validated in pre-clinical trials as stand-alone devices as well as in a consolidated setup by neurosurgeons. The use of mechanical and optical components follows an intuitive strategy and can be managed without any technical background knowledge. The majority of the multifunctional instruments is CE-labeled and could be patient used.

Summary and Outlook

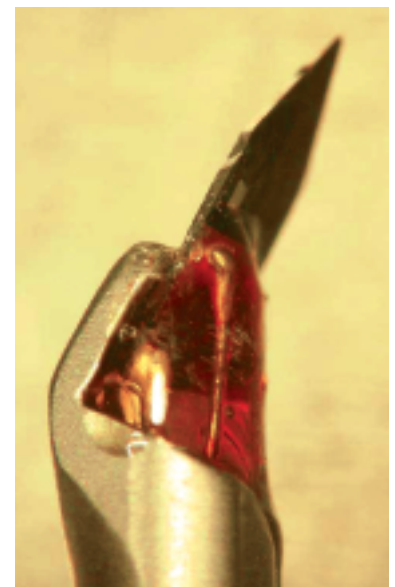
A commercialization of single components is system independent because of the modular system structure. The whole system will be introduced to a broad auditorium of neurosurgical experts within the near future to verify the acceptance of the new surgical strategy and to look for additional clinical advisors who are interested in training and improving the initial design concept. A successful commercialization of the project results can significantly support the worldwide leading position of the Aesculap AG & Co. KG as a manufacturer and supplier of top class neurosurgical medical devices and permanently strengthen the business location Germany.



Positioniersystem mit Kinematik, Steuerungseinheit und Eingabemodul
Positioning unit with kinematics, control unit and interface



Thermisches Verhalten der Energieübertragung via Laser-Ultraschall-Faser
Thermal performance while energy transmission via laser-ultrasound-fiber



Arbeitsende des beheizbaren Diamantmessers
Working tip of the heatable diamond knife

Literatur

- [1] W. Lauer, M. Esser, K. Radermacher:
Entwicklung einer kompakten, teilrobotischen Trägerplattform für ein elektronisches OP-Mikroskop. Biomedizinische Technik, Band 47, Ergänzungsband 1, Teil 1, 2002, S.6-8
- [2] W. Lauer, S. Serefoglou, K. Radermacher:
Development of a compact, semi-robotic positioning-platform for an electronic OR-microscope. Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies, Vol. 12, No. 3/4, August 2003, p.164
- [3] W. Lauer, S. Serefoglou, H. Behrend, N. Hüwel, M. Fischer, K. Radermacher:
Entwicklung einer neuartigen, semirobotischen Handhabungsplattform für ein elektronisches Operationsmikroskop. Biomedizinische Technik, Band 48, Ergänzungsband 1, 2003, S. 520-521
- [4] W. Lauer, S. Serefoglou, H. Behrend, N. Hüwel, M. Fischer, K. Radermacher:
Konzeption und Konstruktion einer semirobotischen Trägerplattform zur räumlichen Positionierung einer Exoskop-Kamera im Rahmen Neuroendoskopischer Eingriffe. Tagungsband 2. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie, 4-7 November 2003, Nürnberg
- [6] S. Serefoglou, W. Lauer, N. Hüwel, A. Perneczky, M. Fischer, K. Radermacher:
Benutzerschnittstelle eines semirobotischen Assistenzsystems für die bildgeführten Neurochirurgie. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik, Ilmenau Sept. 2004. Tagungsband S. 74
- [7] D. Hradetzky, C. Müller, W. Menz:
Einsatz digitaler Kameratechnologie in der Mikroendoskopie. Tagungsband zur Jahrestagung 2003 der Gesellschaft für Biomedizinische Technik BMT 2003, 23-27. September 2003, Salzburg, Austria;
- [8] D. Hradetzky, H. Behrend, C. Müller, U. Stumm, A. Perneczky, N. Hüwel, T. Bauer:
A new miniaturized Endoscope for Quasi Stereoscopic Perception of the Situ. 38. DGBMT-Jahrestagung BMT 2004, 22-24 September, Ilmenau, Deutschland.
- [9] K. Liebold:
Ultraschallübertragung über Quarzglasfasern: ein Laser-Ultraschall-Kombinationsinstrument zur endoskopischen Gewebeexstirpation in der Neurochirurgie. Biomedizinische Technik, Band 49, Ergänzungsband 2, 2004.
- [10] K. Liebold.:
Ultraschallübertragung über Quarzglasfasern: Endoskopische Gewebeentfernung in der Neurochirurgie. Aktuelle Methoden der Laser- und Medizintechnik, 2. Remagener Physiktage, VDE Verlag, Berlin und Offenbach, 2005.

Projektbetreuung im Auftrag des BMBF:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT)
Dipl.-Ing. Christine Weiß
Rheinstraße 10B
14513 Teltow
Tel.: +49 3328 435-184
Fax: +49 3328 435-105
E-Mail: weiss@vdi-vde-it.de

Projektkoordinator:**AESCULAP AG & Co. KG**

Dr. Dirk Schauer
Am Aesculap-Platz
78532 Tuttlingen/Donau
Tel: +49 7461 95-2118
Fax: +49 7461 14614
E-Mail: dirk.schauer@aesculap.de

Projektpartner:**Neurochirurgische Klinik und Poliklinik Johannes Gutenberg Universität**

Prof. Dr. med. Axel Perneczky
Langenbeckstr. 1
55101 Mainz
Tel: +49 6131 17-7331
Fax: +49 6131 17-2274
E-Mail: per@nc.klinik.uni-mainz.de

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Wolfgang Menz
Georges-Köhler Allee 102
79110 Freiburg
Tel: +49 761 203-7351
Fax: +49 761 203-7352
E-Mail: menz@imtek.uni-freiburg.de

Schölly Fiberoptics GmbH

Dr. Volkmar Freystein
Robert-Bosch-Str. 1-3
79211 Denzlingen
Tel: +49 7666 908-239
Fax: +49 7666 908-385
E-Mail: v.freystein@schoelly.de

Celon AG

Dr. Kai Desinger
Rheinstr. 8
14513 Teltow
Tel: +49 3328 3519-12
Fax: +49 3328 3519-23
E-Mail: k.desinger@celon.de

Lehrstuhl für Angewandte Medizintechnik im Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Herr Dr. Klaus Radermacher
Pauwelsstr. 20
52074 Aachen
Tel: +49 241 80-7626
Fax: +49 241 88-88442
E-Mail: radermacher@hia.rwth-aachen.de

Laser- und Medizin-Technologie GmbH

Dipl.-Ing. Karsten Liebold
Fabeckstraße 60-62
14195 Berlin
Tel: +49 30 844923-88
Fax: +49 30 844923-99
E-Mail: k.liebold@LMTB.de

Laufzeit: 2001-2004**Projektkosten:** 3,6 Mio. EUR**Förderungssumme:** 1,6 Mio. EUR