

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft



2/2009 ▶ Alte Zeugnisse, neu ausgestellt ▶ Vertrauen verpflichtet  
 ▶ „Mach’s noch einmal, Nick!“ ▶ Im Rhythmus der Vegetation  
 ▶ Gelenkig am offenen Herzen ▶ Sprachliche Grenzgänge ▶ Eine Feier der besonderen Art



## Im Querschnitt

### Doppelte Freude

Wie in Bonn die DFG und das BMBF sechs junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit dem Heinz Maier-Leibnitz-Preis auszeichneten, während in Berlin die Bundeskanzlerin und die Ministerpräsidenten die Fortsetzung der Exzellenzinitiative, des Forschungs- und des Hochschulpaktes beschlossen. **Seite 26**

### Willkommen in Tokio!

Mit ihrem neu eröffneten Büro in der japanischen Hauptstadt will die DFG die vielfältigen Kontakte und Kooperationen zwischen Forschern aus beiden Ländern intensivieren. **Seite 28**

### Kein Fehlverhalten

Schwere Vorwürfe kosteten Axel Haverich die Nominierung zum Deutschen Zukunftspreis – eine DFG-Untersuchung hat den renommierten Hannoveraner Herzchirurgen jetzt entlastet. **Seite 30**



Foto: Herzog August Bibliothek / Wittwer

Kreis mit goldenen Zahlen in einem Kalender aus einem „Blockbuch“. Holzschnitt mit Handkolorierung um 1457/58. Holzschnitte bildeten die Grundlage für die ältesten auf Papier gedruckten Abbildungen.

## Der Kommentar

Matthias Kleiner

### Vertrauen verpflichtet ..... S. 2

Nach dem „Ja“ zu den drei Pakten – Die Wissenschaft wird die Erwartungen erfüllen

## Ingenieurwissenschaften

Gerhard Hirzinger und Ulrich Hagn

### Gelenkig am offenen Herzen ..... S. 4

Eine neue robotische Plattform macht die minimalinvasive Chirurgie noch effektiver

## Biowissenschaften

Kerstin Wiegand

### Im Rhythmus der Vegetation ..... S. 8

Verbuschung in Savannen ist keine Bedrohung, sondern ein Durchgangsstadium

## Geistes- und Sozialwissenschaften

Rüdiger Harnisch

### Sprachliche Grenzgänge ..... S. 13

Wie der „Eiserne Vorhang“ auch die Dialekte der Menschen durchschneidet

Ad Stijnman und Thomas Stäcker

### Alte Zeugnisse, neu ausgestellt ..... S. 16

Für das „Virtuelle Kupferstichkabinett“ werden 40000 Blätter digitalisiert

## Jahr der Forschungsexpedition 2009

Rembergt Unterstell

### „Mach’s noch einmal, Nick!“ ..... S. 20

Seehunde, Sinneswelten, Barthaare, Besucher: Ortstermin im Marine Science Center

## Leibniz-Preise 2009

Marco Finetti

### Eine Feier der besonderen Art ..... S. 24

Warten auf die Politik und kritische Dankesworte aus Preisträgermund

## Querschnitt

### Nachrichten und Berichte aus der DFG ..... S. 26

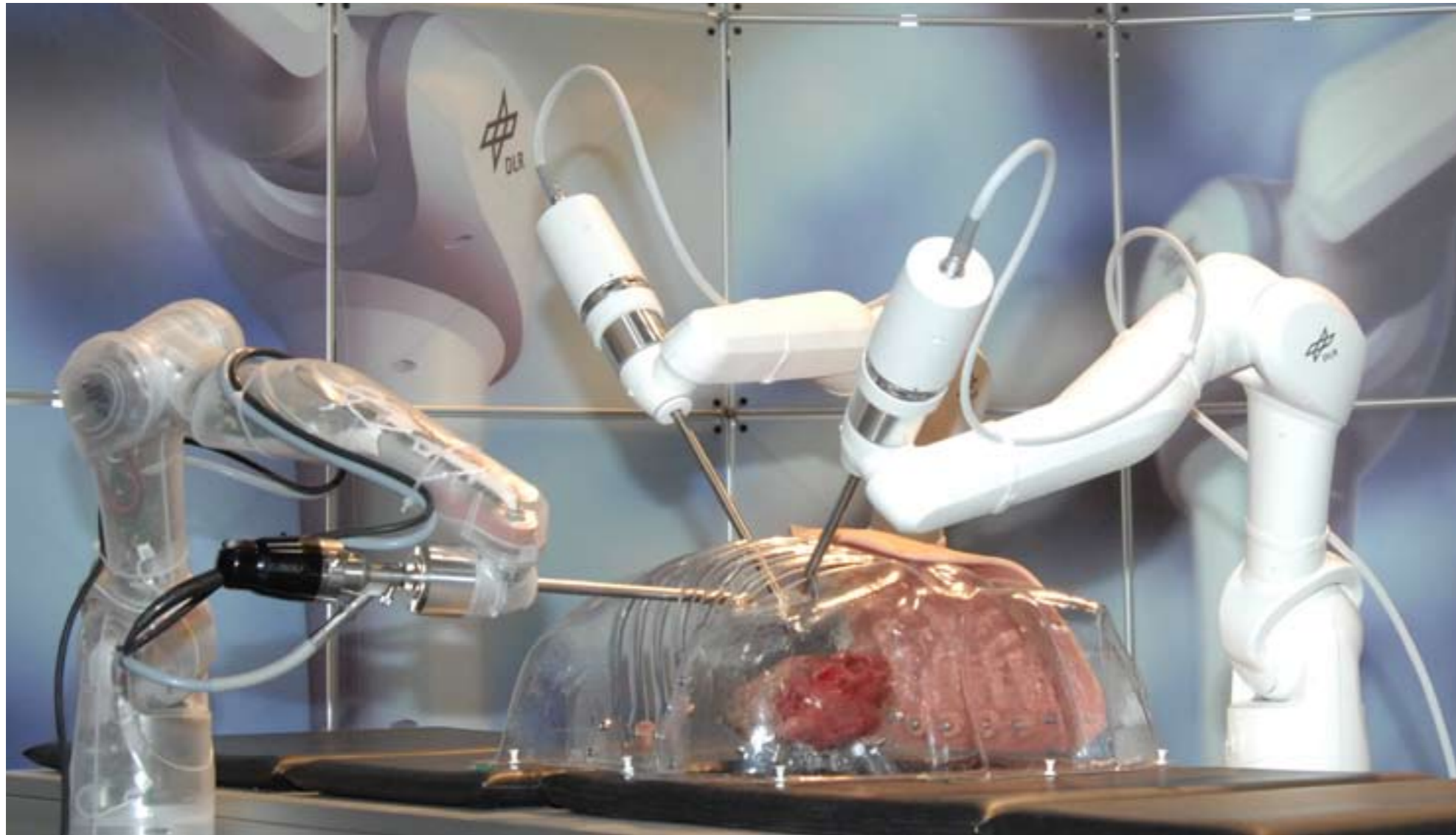


Foto: DLR / Institut für Robotik und Mechatronik

Ein vielseitig einsetzbares Telerobotersystem für die moderne endoskopische Chirurgie: MiroSurge, entwickelt am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Die Marktreife soll in einigen Jahren erreicht sein.

Worten: Die Beweglichkeit der langen chirurgischen Instrumente wird durch den Einstichpunkt in der Körperhülle begrenzt. So werden einige Bewegungen in ihrer Richtung umgekehrt oder maßstäblich reduziert. Dies führt zu unnatürlichen und vergleichsweise großräumigen Armbewegungen des Chirurgen, der sich am Videobild des Endoskops orientiert. Das Endoskop wird üblicherweise neben zwei Instrumenteneinstichpunkten durch einen dritten Zugang, etwa im Bauchnabel, in den Körper eingeführt.

Im klassischen Fall wird dieses Endoskop von einem zweiten Arzt den Instrumentenspitzen des operierenden Chirurgen nachgeführt. Auf diesem Wege behält dieser sein Operationsgebiet immer gut im Blick. Obgleich die eher schonenden Techniken sich langsamer als vorausgesagt durchsetzen, gehen viele Chirurgen davon aus, dass das 21. Jahrhundert der minimalinvasiven Chirurgie den breiten Durchbruch verschaffen wird. Entscheidender Schlüssel dafür sind Mechatronik- und Robotiksysteme, die dem Chirurgen über sogenannte Telepräsenztechniken das realistische Gefühl vermitteln, am offenen Körper zu operieren. Hinzu kommt, dass der Chirurg statt angestrengt und womöglich stundenlang über einen Patienten gebeugt zu stehen vergleichsweise entspannt am sogenannten Operationspult sitzen kann – ein großer Gewinn in der chirurgischen Alltagspraxis.

Bereits Anfang der 1990er-Jahre wiesen Forschergruppen auf die Möglichkeiten der Telerobotik für einen Einsatz in der minimalinvasiven Chirurgie hin. Das zugrunde liegende Prinzip ist einfach: Das chirurgische Instrument wird gewissermaßen in seiner Mitte durchgeschnitten und sein Ende an einem Roboter und der Handgriff an einer Eingabestation befestigt.

Als erste Entwicklungen auf diesem Gebiet sind vor allem

das „ARTEMIS“-System des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) oder das amerikanische „ZEUS“-System von Computer Motion zu nennen. Heute feiert vor allem das da Vinci® Surgical System von Intuitive Surgical® Inc. große Erfolge im Bereich der Urologie. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) arbeitet im Rahmen verschiedener DFG-Projekte an dem Telepräsenzsystem MiroSurge. Grundkomponente des Systems ist der Medizinroboter MIRO, ein gänzlich auf chirurgische Anwendungen zugeschnittener Roboterarm in Leichtbauweise. Der dem menschlichen Arm nachempfundene Aufbau (mit sieben statt der bei Industrierobotern üblichen sechs Gelenke) erlaubt ein flexibles Positionieren im Operationsaal. Auch ein Umkonfigurieren des Arms ist möglich, ohne dass die Instrumentenspitze ihre räumliche Lage verändern oder gar die Operation unterbrochen werden müsste.

Durch eine intelligente Sensorik folgt der Roboter feinfühlig den Vorgaben des OP-Personals. Auch können Kollisionen zwischen Roboter und Umgebung schnell entdeckt und behandelt werden – eine Beschädigung von OP-Ausrüstung oder Gefährdung des Patienten ist so ausgeschlossen. Aufgrund der geringen Gewichts von zehn Kilogramm kann der Roboter von einer Person auf- und abgebaut werden, was Rüstzeit und Kosten spart.

Die Anordnung der Roboter-gelenke und die Auslegung der Armsegmente wurden mit Blick auf eine Vielzahl möglicher Operationen, zum Beispiel in der Herz- und Bauchchirurgie, entwickelt. Damit ist sichergestellt, dass der Roboterarm für ein breites Spektrum von chirurgischen Anwendungen einsetzbar ist. Deshalb ist eine bewusst einfache und in Zukunft offene Schnittstelle für Instrumente entwickelt worden, wodurch unterschiedliche Instrumentenhersteller den Roboterarm als Plattform nutzen können. Es ist zu erwarten, dass schnell ein großes Spektrum chirurgischen Instrumentariums zur Verfügung steht.

# Gelenkig am offenen Herzen

*Grundlagenforschung in der Medizintechnik: Eine innovative robotische Plattform macht die minimalinvasive Chirurgie noch intelligenter und effektiver / Von Gerhard Hirzinger und Ulrich Hagn*

Schlüsselloch-Chirurgie ist längst mehr als ein Schlagwort, das von Medizinerinnen und ihren Patienten gerne gehört wird. Bereits vor über zehn Jahren wiesen Marktanalysten wie McKinsey auf das Potenzial der minimalinvasiven Chirurgie (MIC) hin. Das Operieren durch sehr kleine Schnitte und mithilfe spezieller stabförmiger Instrumente wird als schonend für den Patienten, aber auch als große Herausforderung für den Chirurgen gesehen.

Einschränkend für das intuitive Arbeiten des Chirurgen ist vor allem der sogenannte „Chopstick-Effekt“ (abgeleitet von den chinesischen Essstäbchen). Mit anderen



Fotos: DLR / Institut für Robotik und Mechatronik

Somit können Firmen und Forschungseinrichtungen, auch unter begrenztem finanziellen Einsatz und Risiko an dieser innovativen Technologie partizipieren.

Gleichzeitig erweitert sich das Einsatzspektrum weiter. Im MiroSurge-System werden derzeit drei MIRO-Arme eingesetzt, je einer für das linke und rechte Zangeninstrument sowie für das Führen der endoskopischen Stereokamera. Die dabei zum Einsatz kommenden Zangeninstrumente DLR-MICA verfügen über zwei zusätzliche Freiheitsgrade im Patientenkörper, Kraft- und Drehmomentsensorik und Antriebstechnik. Auf diesem Wege erhält der Chirurg seine volle Beweglichkeit – vergleichbar zur offenen Chirurgie – bei einer gleichzeitig drastisch reduzierten Traumatisierung des Patienten.

Die Instrumente mit einem Durchmesser von nur zehn Millimetern werden durch kleine Schnitte in den Patienten eingeführt. Dabei sind sie mit miniaturisierten und sterilisierbaren Kraft- und Drehmomentsensoren ausgestattet. Sie erlauben die realistische Erfassung der im Patienten auftretenden Manipulationskräfte, welche nun dem Chirurgen haptisch oder visuell dargestellt werden können. Zusätzlich zur Kontaktkraft wird bei Pinzetteninstrumenten die Greifkraft gemessen. Diese Instru-

mente sollen zu einem Alleinstellungsmerkmal des Systems werden. Die weitere Entwicklung von flexiblen Instrumenten für den gastroenterologischen Bereich soll den Einsatzbereich der neuartigen Roboter wesentlich vergrößern.

Zwei Ansätze zur Krafrückkopplung werden bei MiroSurge verfolgt: Einerseits sollen haptische Handcontroller eine feinfühligere Krafrückkopplung ermöglichen. Andererseits können die auftretenden Kräfte als Virtual-Reality-Komponente in das Stereobild eingeblendet werden. Damit wird auch eine technisch einfachere Schnittstelle ohne haptische Krafrückkopplung erprobt, bei der der Chirurg nachgebildete Instrumente in der Hand führt, deren Bewegung von Kameras erfasst und auf die Instrumente im Körperinneren übertragen werden. Daneben ist die räumliche Darstellung des Operationsgebietes ein zentraler Punkt für das Gefühl des Chirurgen, am offenen Brustkorb zu arbeiten. Dabei kommen sowohl stereoskopische Displays mit sogenannten Polarisationsbrillen als auch neuartige 3D-Displays zum Einsatz, für die das DLR eine robuste Erfassung der Kopf- und Augenbewegung (ohne zusätzliche Brillen) über Kameras entwickelt.

Links: Die Chirurgenkonsole, an der der Operateur mit beiden Händen taktil arbeitet. Oben: Angetriebenes Zangeninstrument mit zwei zusätzlichen Freiheitsgraden sowie miniaturisierter Kraft- und Drehmomentsensorik.

Um die Robotertechnik im Operationssaal effizient nutzen zu können, wird an optimierenden Verfahren zur Platzierung der Roboter und der Einstichpunkte, den „Ports“, gearbeitet. Dafür wird der Patient vor der Operation mittels Computertomographie vermessen.

Ein besonders anspruchsvolles Gebiet sind Handlungssequenzen während einer Operation, etwa am Herzen. Die damit verbundenen Aktionen sind manuell nicht nur sehr schwierig und mühsam, sondern mehrfach vorzunehmen und damit sehr ermüdend. Chirurgen wüssten es bereits als großen Fortschritt zu schätzen, wenn Teiloperationen, etwa bei der Knotenerstellung, autonom erfolgen könnten.

Als Resultat jahrelanger Vorarbeiten am Institut „Robotics and Embedded Systems“ der Technischen Universität München konnte bis zum Experiment an realen Organen gezeigt werden, dass dies technisch möglich ist. Dabei wird nicht nur eine automatische Handlungsabfolge möglich, sondern lässt sich das Verfahren auch ganz oder

teilweise auf andere Szenarien übertragen. Die Ergebnisse sollen in der letzten Phase des Sonderforschungsbereichs „Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion“ in das neue DLR-System MiroSurge integriert werden.

Die Vorteile liegen auf der Hand: Autonomiefunktionen in der minimalinvasiven Chirurgie sollen den Arzt von Routineaufgaben entlasten, sodass er sich auf den eigentlichen Eingriff konzentrieren kann. Zwei besonders Erfolg versprechende Anwendungen stehen dabei im Blickpunkt: das automatische Vernähen von Blutgefäßen und die „Bewegungskompensation“ am schlagenden Herzen. Letztere führt zu einer sehr schonenden Operationstechnik, da auf den Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine verzichtet werden kann. Als für

Die Telepräsenz kann dem Chirurgen das realistische Gefühl vermitteln, am offenen Organ seines Patienten zu operieren. Am Operationspult steht ihm auch das stereoskopische Display zur Verfügung; im Hintergrund sind die drei Arme des Leichtbauroboters zu sehen.

den Chirurgen besonders störend hat sich die verbleibende Restbewegung des mechanisch stabilisierten Herzens erwiesen. Ziel ist deshalb, die Herzbewegung optisch zu erfassen und anschließend mit den Robotern so zu kompensieren, dass sich die Instrumentenspitzen synchron zum Herzschlag bewegen. Kann jetzt noch das Videobild stabilisiert werden, so vermag der Chirurg an einem „virtuell“ stillstehenden Herzen zu operieren – gute Voraussetzung für den Behandlungserfolg.

Es ist zu erwarten, dass sich die Operationsdauer drastisch reduzieren und die Operationsqualität erhöhen werden. Besonders Augenmerk muss auf die Robustheit sowie auf die Fehlertoleranz des Verfahrens gelegt werden, unter anderem durch einbezogene zusätzliche Sensordaten, zum Beispiel EKG-Daten.

Fazit über zahlreiche Studien hinweg: Grundsätzlich lassen sich die bislang gewonnenen Ergebnisse auch auf andere klinische An-

wendungen übertragen, zum Beispiel auf das Punktieren der Leber. In den nächsten vier bis fünf Jahren soll die Entwicklung der MIRO-Arme mit all den Optimierungs-, Reglereinstellungs- und Sicherheitsaspekten sowie den anstehenden medizinischen Zulassungen abgeschlossen werden. Zugleich ist geplant, MiroSurge in ein OP-Gesamtsystem zu integrieren und marktreif zu machen – zum Nutzen der Patienten und im Interesse der künftigen Grundlagenforschung.

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hirzinger, Gottfried Wilhelm Leibniz-Preisträger 1995, ist Direktor des Instituts für Robotik und Mechatronik am DLR. Dort ist auch Dipl.-Ing. Ulrich Hagn tätig.

Adresse: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Robotik und Mechatronik, Robotersysteme, Münchner Straße 20, 82234 Oberpfaffenhofen-Wessling

Die Studien sind von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in verschiedenen Verfahren unterstützt worden, derzeit im Sonderforschungsbereich „Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion“.



Foto: DLR / Institut für Robotik und Mechatronik