

Marionetten der Politik?

von Georg Hoffmann

Der 26. Januar 2010 markierte das Ende einer denkwürdigen Operation im All: Die NASA gab ihren Mars-Roboter *Spirit* auf, weil er in einem Sandloch festsaß und sich nicht mehr befreien ließ. Warum ist dies in einem medizinischen Magazin berichtenswert? Weil Spirit wie ein Operationsroboter in der Telechirurgie ferngesteuert wurde.

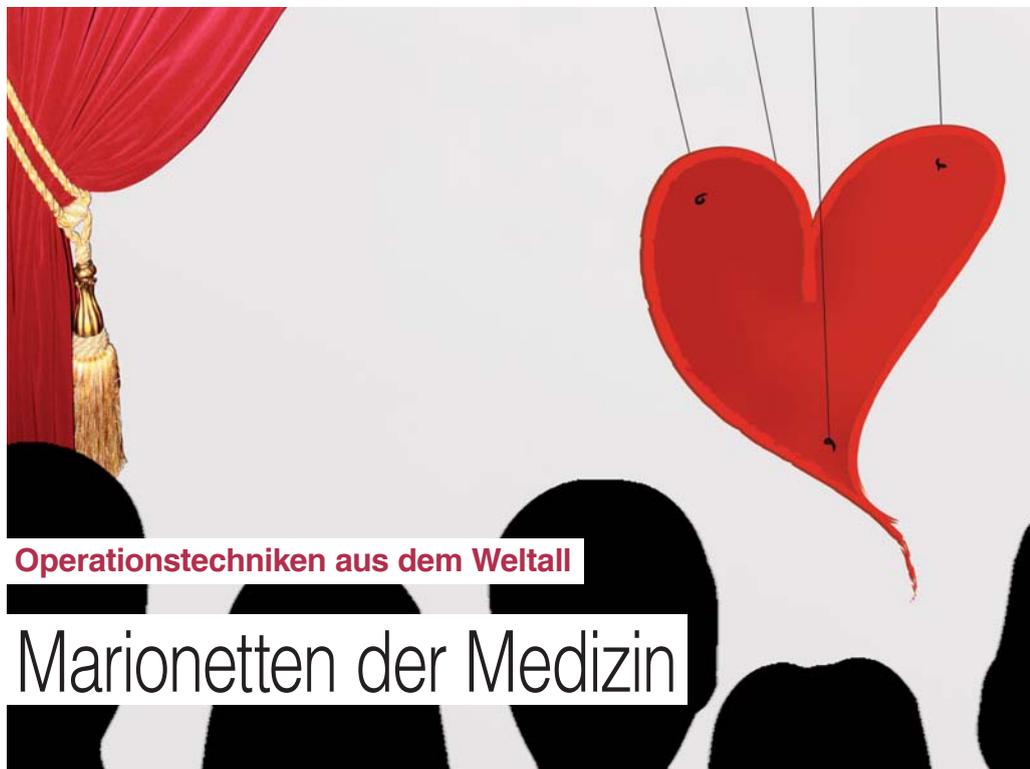
Die Herausforderungen sind ähnlich, denn entscheidend ist nicht der Entfernungsunterschied von über 100 Millionen Kilometern im All und meist nur wenigen Metern im OP, sondern das Faktum der Telepräsenz an sich: Der Operateur befindet sich in beiden Fällen an einem bestimmten Ort und arbeitet an einem anderen. Das ist der Grund, warum ausgerechnet ein Weltraumforscher, Prof. Gerd Hirzinger vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen, einen telechirurgischen Roboter für den Einsatz auf der Erde entwickelt.



Prof. Dr.-Ing. Gerd Hirzinger, Leiter des Instituts für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen bei München.

Mit seinem Entwicklungsteam um Dipl.-Ing. Ulrich Hagn ist er international berühmt geworden, nicht zuletzt deshalb, weil sich nach anfänglicher Euphorie weltweit mittlerweile nur noch zwei konkurrierende Roboter „im Rennen“ befinden, der amerikanische *da Vinci* und das deutsche *MiroSurge*-System des DLR. Aber die beiden Entwicklerteams kämpfen mit unterschiedlich langen Speeren, denn in Deutschland wurde die Förderung für diese Spitzentechnologie von einem Tag auf den anderen gestoppt.

Unsere Titelgeschichte beschreibt Operationsroboter als Marionetten der Medizin. Da stellt sich natürlich die Frage: Sind Ihre Entwickler womöglich Marionetten der Politik? Lesen Sie dazu den Beitrag von Prof. Hirzinger über die *MiroSurge*-Erfolgsgeschichte und eine unverständliche politische Entscheidung (siehe Seite 16-17).



Operationstechniken aus dem Weltall

Marionetten der Medizin

Telechirurgische Roboter arbeiten ferngesteuert wie Marionetten in der Hand des Arztes. Sie operieren mit maximaler Präzision und minimaler Belastung für den Patienten. Künftig sollen sie sogar Eingriffe am schlagenden Herzen ermöglichen.

Im Jahr 2001 geschah Unglaubliches: Die Patientin lag in einer Klinik der Pasteur-Universität in Straßburg auf dem OP-Tisch, der Chirurg Prof. Jacques Marescaux saß im Mount Sinai Medical Center in New York am Bildschirm. Nach 54 Minuten war die Gallenblase der 68-jährigen Frau entfernt und die erste transatlantische Operation am Menschen war gelungen.

Ermöglicht wurde das medienwirksame Spektakel durch die Zusammenarbeit der kalifornischen Firma Computer Motion, die den Operationsroboter Zeus entwickelt hatte, und der France Telecom, die für die Bildübertragung mittels Glasfaserkabel eine Kapazität von zehn Megabits pro Sekunde bereitstellte. Dank der geringen Zeitverzögerung von nur 130 Millisekunden konnte Marescaux fast in Echtzeit operieren.

Der Grundstein der Telechirurgie wurde allerdings bereits zehn Jahre zuvor von deutschen Weltraumforschern gelegt, die bei der Robotersteuerung ganz andere Distanzen zu überwinden hatten. Damals benötigten die Signale von der DLR-Zentrale in Oberpfaffenhofen bis zur internationalen Raumfähre ISS noch volle sieben Sekun-

den und trieben die Wissenschaftler fast zur Verzweiflung. Wer schon einmal versucht hat, unter der Dusche mit zwei Wasserhähnen die Temperatur einzustellen, kennt die Problematik der Verzögerung zwischen Aktion und Reaktion. Doch die Not machte erfinderisch: Da die Bewegungen des Roboters vorhersagbar waren, konnte man die Zukunft auf dem Bildschirm simulieren und so die Roboter in einer virtuellen Realität sehr exakt steuern.

Ähnliches geschieht bei Teleoperationen in der Medizin, auch wenn hier das Zeitverzögerungsproblem eine untergeordnete Rolle spielt. Allein durch die Unzugänglichkeit und Uneinsehbarkeit des Operationsfelds ist bei der minimal invasiven Chirurgie der ständige Abgleich zwischen der „echten“ Realität im Patienten und der virtuellen Realität auf dem Bildschirm unverzichtbar.

Auch in den USA lagen die Anfänge der Telechirurgie in der Weltraumforschung. Mitarbeiter der NASA entwickelten ein Robotersystem, das nun unter dem Namen *da Vinci* den Markt erobert. Anders als hierzulande interessierte sich jenseits des Atlantiks bald das Militär für fernge-

gesteuerte Operationsroboter: Man wollte verwundete Soldaten über eine gewisse Distanz hinweg operieren können, um die Ärzte nicht zu gefährden. Diese Argumentation wurde zwar später als unrealistisch wieder aufgegeben, doch dank finanzieller Förderung – auch aus dem US-Verteidigungsministerium – ging die Entwicklung der Telechirurgie für zivile Zwecke ständig weiter. Auf den folgenden Seiten sind technologische Details und historische Hintergründe der Erfolgsgeschichte nachzulesen. Hier sei nur das Ende vorweg genommen: Der amerikanische da Vinci hat alle Konkurrenzsysteme hinter sich gelassen, und die deutsche Entwicklung MiroSurge ist ihm technologisch hart auf den Fersen (s.S. 14). International sind derzeit weit über 1.000 da Vinci Systeme im Einsatz, davon 33 in Deutschland. Im Jahr 2009 wurden weltweit über 200.000 Eingriffe durchgeführt und Fachleute gehen von einem erheblichen Wachstumspotenzial aus.

Genau genommen sind da Vinci und MiroSurge keine richtigen Roboter, sondern ferngesteuerte „Hightech-Marionettenpuppen“: Ein Chirurg legt jede Aktion exakt fest. Er sitzt einige Meter vom Operationstisch entfernt an einer Kontrollkonsole und steuert von dort aus alle Bewegungen der Instrumente im Operationsgebiet. Der Patient liegt dabei auf einem Operationstisch im selben Raum. Die „Arme“ des Roboters

befinden sich auf einem fahrbaren Stativ neben diesem Tisch, einer für eine dreidimensionale Endoskopkamera und zwei, die mit auswechselbaren Spezialinstrumenten wie zum Beispiel Greifhand oder Skalpell versehen werden.

Die Steuerung der Instrumente geschieht durch spezielle Griffe (Telemanipulatoren), die die Handbewegungen über eine wählbare Skalierung zitterfrei auf die Instrumente übertragen. Die Robotergelenke mit insgesamt sieben Freiheitsgraden sind der menschlichen Hand in punkto Beweglichkeit überlegen. Beim da Vinci sieht der Chirurg ein vergrößertes dreidimensionales Bild des Operationsfeldes in einem Stereo-Bildbetrachter, während sein Kopf zwischen zwei Kopfsensoren ruht, beim MiroSurge wird die räumliche Darstellung wesentlich eleganter mit einem 3D-Bildschirm realisiert (Abb. S. 16). Die in der Anzeige sichtbaren Instrumente sind genau auf die Manipulatoren abgestimmt, um eine natürliche Bewegung der Instrumente sicherzustellen. Auf diese Weise bleibt die Hand-Auge-Koordination wie

bei einer offenen Operation für den Operateur erhalten. Unterstützt wird der Chirurg durch eine am Operationstisch stehende Schwester und einen Assistenten, die auf Anweisung des Operateurs die Instrumente an den Roboterarmen wechseln.

Ein solches Robotik-System bietet dem Operateur Zugang durch kleine Öffnungen im Körper des Patienten, ohne die Bewegungsfreiheit offener chirurgischer Eingriffe aufzugeben. Die Skalierung sorgt dafür, dass Handbewegungen auf entsprechend geringere Bewegungen der Instrumentenspitze im Operationsgebiet reduziert werden. Jede Bewegung kann auch gefilmt werden.

Von der Öffentlichkeit besonders stark beachtet werden derzeit minimal-invasive Eingriffe am Herzen, da sie helfen könnten, Herz-Lungen-Maschine zu operieren. Das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf gehört zu den Pionieren auf diesem Gebiet. Im Kasten finden Sie einen Kurzbericht über den aktuellen Stand der Technik und die viel versprechende Weitentwicklung auf Basis des MiroSurge Systems. 🌸

cbt, gh

Ein entscheidender Fortschritt in der Kardiochirurgie

Seit 1998 hält das da Vinci System weltweit in immer mehr Operationssälen Einzug. Im Herzzentrum des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf (UKE) führen

Kardiochirurgen damit seit 2001 zum Beispiel Bypassoperationen durch oder reparieren Herzklappen.

Da das Herz ein bewegtes Organ ist, bedürfen minimal-invasive Operationen einer extrem hohen Präzision, die nur mit Hilfe der Chirurgierobotik zu gewährleisten ist. Die derzeitigen Limitationen des da Vinci Systems wurden – wie auf der nächsten Seite beschrieben – mit dem MiroSurge-Roboter erfolgreich beseitigt. Den Entwicklern des DLR Oberpfaffenhofen gelang es in enger Kooperation mit dem UKE und gefördert von der DFG, das schlagende Herz

am Monitor virtuell zu stabilisieren. Damit sind kardiochirurgische Operationen erstmals ohne induzierten Herzstillstand technisch möglich.

Desweiteren kann man Kräfteinwirkungen beim da Vinci System nur visuell an Gewebsdeformationen oder am Verbiegen der Nadel erkennen. Die integrierte Kräfte-Rückkopplung des MiroSurge vermittelt dagegen ein Gefühl des Widerstands

und bedeutet auch hier einen entscheidenden Fortschritt. Wir sehen deshalb der Einführung des neuen Systems mit großer Spannung entgegen.

Priv.-Doz. Dr. Dr. D. Boehm
Prof. Dr. Dr. H. Reichenspurner
Universitäres Herzzentrum Hamburg GmbH

