



Bei neurochirurgischen Eingriffen arbeiten Ärzte des Universitätsklinikums Frankfurt gern mit dem System „Rosa“.

Foto Marcus Kaufhold

Der Operateur Henrik Zecha steht heute nicht am Tisch. Geschnitten wird trotzdem. Während Schwester und Assistent brav neben dem grün eingepackten Patienten sitzen, ist er kopfüber in eine Art überdimensionierte Spielkonsole abgetaucht. Das Skalpell führt ein etwa einhalb Meter großer Plastikarm, der sich mit vier riesigen Armen wie eine Krake über den Patienten beugt. Den ausladenden Bewegungen, die der Arzt mit armlangen Joysticks macht, folgen die Greifer mit vorsichtigen Wendungen oder einem winzigen Rucken. Auf einem Bildschirm, der unter der Decke hängt, kann man verfolgen, wie zwei der Arme eine Nadel überreichen, mit der die Harnröhre wieder an die Blase genäht werden soll. Arm drei hält währenddessen die Kamera, Arm vier schafft im Bauch des Patienten Platz für die Operation.

„Früher habe ich bei einer Prostataentfernung mit sechzig Zentimeter langen Stäben herumhantiert und versucht, die Dinger nach zwei Stunden noch ruhig zu halten“, erzählt Zecha, der als leitender Oberarzt der Urologie am Klinikum Stuttgart arbeitet. Selbst unter Spitzenchirurgen gilt die herkömmliche Schlüsselochchirurgie als Schwerstarbeit, die mancher nur unter Einnahme von Schmerzmitteln durchsteht. „Heute sitze ich bequem an der Konsole, zittere nicht, habe eine viel bessere Sicht, eine irrsinnige Bewegungsfreiheit und vier Arme auf einmal zur Verfügung.“

Henrik Zecha ist unverkennbar ein Fan seines Operationsroboters vom Typ „da Vinci“, den der amerikanische Hersteller Intuitive Surgical auch in Deutschland verkauft. Und er ist bei weitem nicht der Einzige: „Es ist, als würden Sie sich ganz klein machen und unten in den Bauch rein kriechen“, schwärmt Benno Mann, Leiter der Chirurgie der Augusta Kliniken Bochum. Das mache sich auch bei den Ergebnissen bemerkbar: Dank Robotertechnik hätten Patienten, die er wegen Mastdarmkrebs operiert, weniger Komplikationen, weniger Rezidive und kürzere Klinikaufenthalte. Ob das nur ein persönlicher Eindruck ist, ob es allein dem Fingergeschick am Joystick geschuldet ist oder einfach nur mit einer vorübergehenden Glückssträhne zu tun hat, vermag er allerdings nicht zu sagen. Und auch niemand sonst: Die eigentliche Nagelprobe, den wissenschaftlichen Vergleich mit anderen Verfahren, hat der da Vinci noch nicht bestanden.

Das hat gerade die Urologen nicht davon abgehalten, im großen Stil in die Technik einzusteigen. Nachdem die Herzchirurgen, für die das Gerät ursprünglich entwickelt worden war, den Roboter nach ersten Versuchen frustriert in den Keller geschoben hatten, entdeckten die Spezialisten für die Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane schnell dessen Potential. Kaum war der Apparat im Jahr 2000 in Amerika zugelassen, entfernte ein Deutscher, der Frank-

## Es sägt und näht der Roboter

Bei manchen Operationen ist der Einsatz von ferngesteuerten Maschinen schon Routine. Jetzt wurde eine vorgestellt, die auch noch selbst entscheidet. *Von Michael Brendler*

furter Urologe Jochen Binder, auch schon die erste Prostata per Roboter. 16 Jahre später werden in den Vereinigten Staaten bereits 80 Prozent aller radikalen Prostatektomien, wie sich die komplette Entfernung des tumorzerfressenen Organs samt Samenblasen und Lymphknoten nennt, ferngesteuert durchgeführt. In Deutschland liegt der Anteil bei rund 30 Prozent. Das sind etwa 6300 Operationen im Jahr. Insgesamt 80 Kliniken nennen im deutschsprachigen Raum einen da Vinci ihr Eigen.

Karriere machen medizinische Roboter auch an anderer Stelle. Der Chirurgieassistent „Rosa“ entnimmt Gewebeproben im Gehirn oder setzt Elektroden ein. Das „Cyberknife“ bestrahlt punktgenau die Tumore von Krebspatienten, es gibt vollautomatisierte OP-Röntgengeräte und entsprechend ausgestattete Patientenliegen in der Schwerionentherapie. Einen Senkrechtstart wie der da Vinci hat aber kein anderes System hingelegt.

Dabei galt der Roboter als Operateur eigentlich schon als gescheitert. 1994 hatte der Orthopäde Martin Börner in Frankfurt versucht, die Chirurgen-Arbeit einer Maschine zu überlassen. Der „Robodoc“ sollte Oberschenkelknochen selbständig und exakter als jeder Mensch auffräsen, um so den Prothesen mehr Halt zu verleihen. Die Folge war einer der größten deutschen Medizinskandale. „Die Patienten klagten reihenweise über Probleme: Schmerzen, Hämatome, Gangschwierigkeiten“, sagt der Bochumer Benno Mann. Etwa zehntausend Menschen wurden deutschlandweit von der Maschine operiert, Hunderte klagten anschließend auf Schmerzensgeld.

Noch 2010, bei der Da-Vinci-Premiere in seiner Klinik, hätten sich viele Patienten geweigert, von einem Roboter behandelt zu werden. Dabei ist der Apparat, wie Mann nicht müde wird zu betonen, ein sogenanntes Meister-Sklave-System. Ohne den Befehl des Chirurgen, soll das heißen, rührt der Roboter keinen Greifer. Noch zwei Jahre später sei er von Kollegen wegen seines Innovationsmutes angegriffen worden. „Experimentell, un-

ethisch, unverantwortlich“, hieß es da. Inzwischen rennt man ihm wegen desselben Gerätes die Bude ein.

Heute traut man dem Roboter sogar wieder zu, ganz selbständig das Skalpell zu führen. In den Vereinigten Staaten hat sich ein Nachfolgemodell des Roboters vor kurzem erfolgreich um die Zulassung beworben. Und vergangenen Mittwoch zeigten Wissenschaftler aus Washington in *Science Translational Medicine*, dass ein einarmiger Industrieroboter samt Nähautomat und aufwendiger Zugspannungs- und 3-D-Sensorik erfolgreicher einen Schweinedarm zusammennähen kann als ein erfahrener menschlicher Operateur. „Ich glaube, wenn wir uns anstrengen, wird auch relativ bald eine Blinddarmpoperation durch einen autonomen Roboter möglich sein“, verspricht einer der Autoren des Artikels, der gelernte Kinderchirurg Peter Kim. Bislang galt das Dogma, dass die Bearbeitung der sehr variablen und flexiblen menschlichen Weichteile jede Maschine überfordern würde. Jörg Raczekowsky, Leiter der Arbeitsgruppe Medizinische Robotik am Karlsruher Institut für Technologie, bleibt trotzdem nüchtern: „Das sind vielversprechende Versuche mit einem interessanten Experimentalsystem“, lautet sein Urteil über die Ergebnisse der Kollegen. Mit einem Roboter, der tagtäglich zum Einsatz an Patienten komme, habe die Maschine noch wenig zu tun: „So ein Gerät wäre sehr viel komplexer.“

In der Regel sind es allerdings weniger medizinische Gründe, die den Robotern den Weg in den Operationssaal bahnen. Stolz 1,8 Millionen Euro kostet ein Da-Vinci-System. Ausgegeben habe man das viele Geld zunächst nur, erzählt Benno Mann, weil ohne die Investition keiner der Wunschkandidaten Chefarzt in seiner Klinik werden wollte. Allein im Ruhrgebiet stünden mehr als zwanzig weitere Geräte. „Wenn wir das Geld nicht in die Hand nehmen, kommen bald keine Patienten mehr“, drängten die Bewerber. Auch in Stuttgart sah man sich vor allem durch den Roboter im Nachbarhaus und aus „Marketinggründen“ zum Da-Vinci-Kauf gezwungen. Dabei ist der Einsatz

der Geräte für die Kliniken häufig ein Minusgeschäft. Rund dreitausend Euro kostet allein jeder einzelne der vier Greifer und jede einzelne Schere, nach zehn Einsätzen müssen sie ausgetauscht werden. Im Vergleich zu einer normalen Operation ist der Robotereinsatz im Schnitt 1300 Euro teurer. Die Krankenkassen übernehmen keinen Cent davon. „Ohne den hohen Preis wäre der Roboter noch viel verbreiteter“, sagt Jens-Uwe Stolzenburg, Leiter der Urologie der Universitätsklinik Leipzig. Geschützt durch eine ganze Mauer von Patenten, genießt der Hersteller Intuitive Surgical zumindest aktuell noch ein Monopol und kann die Preise diktieren.

Ist das Gerät einmal da, greift die Begeisterung oft auf andere Fächer über. Benno Mann operiert inzwischen Speiseröhre, Mast- und Dickdarm per da Vinci. In Stuttgart sollen demnächst nach den Bauchchirurgen auch die HNO-Ärzte und Gynäkologen an die Maschine.

Anfang der 1990er Jahre war schon einmal ein ähnlicher Innovationsrausch in der Chirurgie zu erleben. Die Ärzte hatten gerade die Schlüsselochtechnik entdeckt. Auch weil bald kaum noch ein Patient zu finden war, der sich für eine endzündete Galle auf herkömmliche Weise den Bauch aufschneiden lassen wollte, habe sich die Laparoskopie-Methode wie ein Lauffeuer verbreitet, erzählt Ulrich Wetterauer, Chef der Urologie der Universitätsklinik Freiburg. Erste Fallstudien, in denen einzelne Chirurgen das Ergebnis bei vielleicht zwanzig oder dreißig laparoskopisch Operierten mit der Komplikationsrate und dem Behandlungsverlauf anderer Patienten verglichen, stimmten tatsächlich optimistisch. Aber gerade solche Kleinstudien seien stets sehr fehleranfällig, sagt Wetterauer, weil sie bei der Auswahl der Studienteilnehmer immer zum Rosinenpicken verführten.

Als die Wissenschaftler nach einigen Jahren systematischer und genauer nachschauten, stellte sich tatsächlich heraus, dass es den Patienten mit der Schlüsselochtechnik nicht unbedingt besser ging. Dafür hatten sie häufiger Komplikationen. „Ein neues Verfahren muss erst ein-

mal seine Erprobungsphase durchlaufen“, sagt Wetterauer. Doch nachdem die Chirurgen gelernt hatten, wie die neuen Geräten am besten zu bedienen seien, und die Hersteller die Kinderkrankheiten der Geräte ausgemerzt hatten, verschwanden auch die Probleme.

Nur scheint man aus den damaligen Fehlern wenig gelernt zu haben: „Auch die OP-Roboter wurden im Prinzip ungeprüft in den Markt eingeführt“, kritisiert Wetterauer. „Selbst für die gängigsten Verfahren wie die Prostata-, die Nieren- oder Blasenoperation fehlen weiterhin aussagekräftige Studien“, bemängelt der Leipziger Jens-Uwe Stolzenburg. Das österreichische Ludwig Boltzmann Institut zog nach einer gründlichen Analyse der Datenlage im vergangenen Jahr sogar das Fazit, ein Vorteil für den Patienten sei nicht erwiesen: „Die Roboterchirurgie scheint vielmehr ein nützliches, aber kostspieliges Werkzeug für Operateure zu sein.“

„Wenn 14 Autoren in 14 verschiedenen Untersuchungen zu dem Schluss kommen, dass die Operation gleichwertig oder teilweise sogar besser als Konkurrenzverfahren ist, dann kann das kein Zufall sein“, hält dem der Leipziger Jens-Uwe Stolzenburg entgegen. Einiges spricht dafür, dass er recht hat. Aber muss man angesichts einer so wackligen Datenlage gleich einen Marketingwettbewerb veranstalten, der die Robotertechnik bis in die kleinsten Kliniken verbreitet? Auch die Da-Vinci-Euphorie hat schon eine Phase der Abkühlung hinter sich. So deutete vor zwei Jahren das Ergebnis einer Studie an 8700 Frauen darauf hin, dass zumindest bei Operationen am Eierstock der Einsatz des Roboters mit leicht erhöhten Komplikationsraten verbunden ist. Gerade in kleineren Abteilungen mit wenigen Patienten, heißt es unter der Hand, mangle es den Operateuren manchmal an Übung. Deshalb bietet der Hersteller den Ärzten heute ein ausgefeiltes Trainingsprogramm an. Allerdings ist die Teilnahme freiwillig.

Weitere Studien sollen nun für mehr Klarheit sorgen und zum Beispiel klären, ob die ferngesteuerte Prostatektomie tatsächlich das beste Verfahren ist. Auf dem Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in Berlin wurde kürzlich berichtet, dass Mastdarmkrebspatienten nach einem Da-Vinci-Eingriff zumindest nicht häufiger leiden als klassisch Operierte. Ob sie auch eher darauf hoffen können, vom Tumor befreit zu werden, muss sich noch zeigen.

Früher oder später, sagen die Experten, könnte der Roboter in der Tat die herkömmliche Schlüsselochchirurgie abschaffen. Das heißt aber nicht, meint Jörg Raczekowsky, dass er den Chirurgen ganz aus dem OP-Saal verdrängt: „Den vollautomatischen Operateur wird es meiner Meinung nach in absehbarer Zeit nicht geben“, sagt er. Er sieht die Maschinen ganz einfach als intelligente Werkzeuge, die dem Menschen manche Dinge abnehmen. Nähen, Sägen oder Bohren zum Beispiel.

### ■ NACHRICHTEN

#### Im Transit

Ein nur 13 Mal pro Jahrhundert zu sehendes Ereignis erwartet Besitzer eines für Sonnenbeobachtungen geeigneten Teleskops am morgigen Montag: Von 13:11 Uhr an schiebt sich der Merkur vor die Sonne. Allerdings ist das Planetenscheibchen zu klein, um allein durch eine Finsternis-Schutzbrille sichtbar zu sein. Anders ist das bei den noch viel selteneren Transiten der Venus. Zur Beobachtung eines solchen reiste James Cook 1769 extra nach Tahiti. Sein damaliges Schiff, die HMS Endeavour, wurde zehn Jahre später im amerikanischen Unabhängigkeitskrieg im Hafen von Newport, Rhode Island, versenkt. Dort wollen Archäologen das Wrack nun mit großer Sicherheit identifiziert haben, wie sie in einer Pressekonferenz am Mittwoch mitteilten.

#### Im Reagenzglas

Zwei Forscherteams aus Amerika und Großbritannien ist es unabhängig voneinander gelungen, menschliche Embryonen bis zu 13 Tage lang in einem künstlichen Kulturmedium heranwachsen zu lassen. Sie übertreffen damit den bisherigen Rekord um vier Tage. Für die zu diesem Zeitpunkt bereits fortgeschrittenen Differenzierung des embryonalen Zellhaufens seien also offenbar keine chemischen Signale der mütterlichen Plazenta notwendig, schreiben die Autoren in *Nature* und *Nature Cell Biology*. Sie rütteln damit erstmals an der in vielen Industriestaaten geltenden 14-Tage-Frist für Experimente an Embryonen, welche in Deutschland gänzlich verboten sind.

#### Im Schlaf

Die Bewohner der Niederlande gelten als entspannt, weil sie gerne mal einen durchziehen. Eine Studie in mehr als hundert Ländern, die jetzt in *Science Advances* veröffentlicht wurde, hat eine andere Erklärung gefunden: Rekordträchtige 8 Stunden und 12 Minuten verbringt demnach ein durchschnittlicher Holländer im Schlaf. Am wenigsten schlummern die Menschen in Singapur und Japan mit 7 Stunden und 24 Minuten. Deutsche gehen im Schnitt um kurz vor halb zwölf ins Bett und stehen morgens um kurz nach sieben wieder auf. „Jede halbe Stunde Schlaf mehr macht hinsichtlich Gesundheit und kognitiver Fähigkeiten einen großen Unterschied“, sagen die Forscher. Frauen schlafen grundsätzlich eine halbe Stunde länger als Männer. Außerdem stellte sich heraus, dass Menschen, die viel draußen sind, früher ins Bett gehen und auch länger dort bleiben.

#### Im Höhenflug

Die Partydroge Ketamin wirkt auch antidepressiv. Eine in *Nature* erschienene Arbeit zeigt nun, dass nicht die Droge selbst diesen Effekt hervorruft, sondern ein Zwischenprodukt, das während des Abbaus der Substanz entsteht. Das zeigten Forscher der University of Maryland mit Verhaltenstests an Mäusen. Erstaunlicherweise hat jenes Abbauprodukt im Gegensatz zu Ketamin selbst in vierzigfacher Dosis keine Nebenwirkungen. Allerdings steht zu befürchten, dass sich die Resultate der Nagetierversuche in klinischen Studien am Menschen nicht erhärten. Falls aber doch, wäre das ein großer Fortschritt, denn Ketamin wirkt innerhalb von Stunden, andere Medikamente helfen hingegen erst nach Wochen.

#### Im Wandel

Die Geschichte der Bevölkerung Europas war ähnlich kompliziert, wie sie wohl auch in Zukunft sein wird. Nachdem sich hier die ersten modernen Menschen zeigten, gab es immer wieder Ein- und Auswanderungen. Genetische Analysen der Überreste von 51 Individuen, die zwischen 45 000 und 7000 Jahre alt sind, legen nahe, dass man erst jene Gruppen zu unseren direkten Vorfahren zählen kann, die seit 37 000 Jahren hier lebten. Das berichtet eine Gruppe von Paläogenetikern, zu denen auch Johannes Krause und Svante Pääbo vom Max-Planck-Institut für Evolutionäre Anthropologie gehören, in *Nature*. Auch lässt sich so die Wiederbesiedlung zum Ende der Eiszeit nachvollziehen. Außerdem belegen italienische Funde, das bereits vor 14 000 Jahren Migranten aus dem Nahen Osten eintrafen.