Vortrag

**Friedrich Bootz** - Universitätsklinikum Bonn, Chirurgisches Zentrum Klinik für HNO, Bonn, Deutschland

|  |  |
| --- | --- |
| **Published:** | **September 6, 2012** |

Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie. 29. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie (DGPP). Bonn, 21.-23.09.2012.

### Text

### Vorteile von Medizinrobotern ist die hohe Präzision und Reproduzierbarkeit von Abläufen, eine hohe Geschwindigkeit von Prozessen, Anwendung höherer Kräfte und die Zugänglichkeit zu anatomisch schwer zu erreichenden Regionen.

Beim Einsatz am Patienten werden **Pflegeroboter** von **Diagnoserobotern, Assistenzrobotern** und **Therapierobotern** unterschieden. Verschiedene Systeme stehen zur Verfügung. Der programmierbare Roboter, bei dem der Chirurg die Operation offline auf einem Computermodell plant und den Roboter dann zur Ausführung der Prozedur programmiert. Ein weiteres System ist die robotische Telechirurgie, wobei der Chirurg den Roboter in Realtime über ein optisches Interface kontrolliert. Der Roboter führt dabei nur die Aktion nach dem Master-Slave-Prinzip durch, die der Chirurg vorgibt. Ein weiteres System besteht in der direkten Kontrolle des Roboters durch den Chirurgen, der ihn direkt steuert (intuitive Steuerung).

Die erste Anwendung eines Chirurgieroboters geht auf das Jahr 1985 zurück, wobei KWOH und Mitarbeiter an einem Puma 200 eine stereotaktische Biopsie aus dem Gehirn entnahm. Dieses Prinzip der stereotaktischen Eingriffe hat sich heute als gewisser Standard bei neurochirurgischen Eingriffen etabliert. Eine weitere etablierte Entwicklung ist die Roboter geführte Strahlentherapie mit dem sog. Cyberknife, wodurch eine sehr genaue Bild geführte Roboter-Radiochirurgie durchgeführt werden kann.

1990 nahmen die ersten Urologen eine Biopsie aus Prostatagewebe am Guy’s-Hospital in London vor. Der erste kommerziell verfügbare Chirurgieroboter stand 1992 zur Verfügung. Der sog. Robodoc wurde zum Fräsen von Knochen für Hüfte und Kniegelenksprothesen eingesetzt. 1998 wurden die ersten Roboter für minimal-invasive endoskopische Operationen im Bereich des Abdomens eingeführt, die sowohl Endoskope als auch Instrumente führten. Auf diesem Gebiet hat sich in den letzten Jahren technisch Vieles weiter entwickelt, so dass heute eine Roboterintegration mit Singleport also einem einzigen Zugang für mehrere Instrumente möglich ist. Auch die Telerobotik hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht, jedoch waren Operationen, die von weiter Entfernung zum Patienten aus gesteuert wurden, nur selten durchgeführt worden. Der sog. Da Vinci-Roboter, der seit 1991 zur Verfügung steht und seither mehrfach weiterentwickelt wurde, wird heute weltweit eingesetzt. Streng genommen handelt es sich hier um eine Konsole, also einem Master-Slave-Prinzip. Weltweit sind über 300 Da Vinci-Systeme im Einsatz. Der Da Vinci wird hauptsächlich in der Prostatachirurgie, aber auch in der Abdominal- und Herzchirurgie eingesetzt. Die Indikationen haben sich in den letzten Jahren deutlich erweitert. Bei den Patienten wird durch die Publikation und auch durch die Werbung ein hohes Maß an Sicherheit bei operativen Eingriffen erwartet.

Umfragen haben jedoch ergeben, dass die Erwartungen der Patienten in die Roboterchirurgie häufig nicht erfüllt wurden, dies bezieht sich insbesondere auf die Roboter assistierte laparoskopische Prostatektomie. Allgemein war bei der Einführung von Chirurgierobotern eine große Euphorie zu bemerken. Doch wenig später kam dann auch die Ernüchterung, insbesondere beim Einsatz des Robodoc, der zu vielen Komplikationen, v.a. beim Einsatz von Hüftendoprothesen geführt hat, so dass eine große Klagewelle gegen den Operateur und auch gegen den Hersteller aufkam.

Robotersysteme sollten eher der Hilfestellung bei operativen Eingriffen dienen und weniger eigenständig durch entsprechende Programmierung operative Schritte selbst durchführen, wie z.B. Fräsarbeiten. Auf diesem Gebiet ist insbesondere die Roboter assistierte Endoskopführung, z.B. bei Nasenebenhöhlenoperationen zu erwähnen. Hier leistet der Roboter sehr nützliche Assistenz, indem er das Endoskop erschütterungsfrei für lange Zeit in entsprechender Position hält bzw. das Endoskop auf der Bewegung von Instrumenten folgen lässt.

Ein solches System wird zurzeit an unserer Klinik in Kooperation mit dem Institut für Robotik der TU Braunschweig erarbeitet, wo bereits erste Ergebnisse verfügbar sind. Hierbei ist jedoch ein hohes Maß an Sicherheitsvorkehrungen notwendig, um eine Verletzung wichtiger Strukturen, wie z.B. der Augenhöhle und der Schädelbasis zu verhindern. Hierzu wurden 3D-Nasenmodelle und Modelle der Nasennebenhöhlen hergestellt, der Roboter darf die dabei definierten Grenzen des Nebenhöhlensystems nicht überschreiten.

Die intensiven wissenschaftlichen Arbeiten erlauben mittlerweile am Modell einen sicheren Einsatz der Roboter geführten Endoskopie.

Roboter in der Medizin können ausgesprochen hilfreich sein. Beim Einsatz von Robotern muss jedoch ein äußerst hohes Maß an Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden und es muss immer gewährleistet sein, dass der Operateur in das Verfahren eingreifen kann. Die selbständige Durchführung operativer Schritte durch entsprechende Programmierung ist nicht das Ziel unserer Forschung. Der Robotereinsatz sollte sich auf ein Assistenzsystem beschränken.

Robodoc, ein ab Mitte der 1980er Jahre in Kalifornien entwickelter Hüft-operationsroboter, verkörperte dieses Konzept: Durch maschinell akkurat durchge-führte Hüftoperationen sollte eine höhere Langzeitstabilität der implantierten Pro-thesen erreicht werden. Deutsche Ingenieure nahmen sich den US-amerikanischen Prototyp zum Vorbild, als sie Mitte der 1990er Jahre mit der Entwicklung von CASPAR (Computer Assisted Surgical Planning and Robotics) begannen.

Die beiden Geräte durchliefen einen Innovationsprozess, der sich in drei Phasen gliedern lässt: Die Pionierphase von der Idee bis zur Entwicklung endete bei Robo-doc im Jahr 1993, bei CASPAR im Jahr 1998. Bis 2003 währte die Phase, in der die beiden Robotertypen Verbreitung fanden; sie wurden hauptsächlich an deutsche Krankenhäuser verkauft und dort auch eingesetzt. Schließlich wurde ab 2003 das Operieren mit diesen Medizingeräten in Deutschland sukzessive wieder einge-stellt.1Chirurgiegeschichtlich markieren Robodoc und CASP AR einen Umbmch: An die Stelle des rein instrumentellen Charakters traditioneller Geräte tritt bei ihnen ein aktives Handlungspotenzial (»active capacity«).12 Roboter werden in Lexika als »selbsttätige Handhabungsgeräte« 13 definiert. Sie zeichnen sich durch frei pro-grammierbare, automatische Funktionen und durch Beweglichkeit um mehrere Achsen aus, während Manipulatoren lediglich Objekte greifen können. Letztere funktionieren nach dem »Master-Slave-Prinzip«14, wobei ein Operatem (Master) seine Handgriffe über eine Bedienkonsole eingibt, die simultan auf ein computerge-steuertes Instrument (Slave) übertragen werden.15 Robodoc und CASPAR hinge-gen, die der TÜV als »aktive Medizinprodukte« definierte,16 übernahmen im Ver-lauf einer Operation einen Teil der Aufgaben selbsttätig.17

27.01.2003

## MEDIZIN Regelrecht ausgebeint

Ausländische Firmen probieren neue Technik gern an Deutschen aus - mit erheblichem Risiko. So klagen Patienten, ein amerikanischer Roboter habe ihre Operationen verpfuscht.

Von der Wunderwaffe hatte sich Erna-Maria Götz viel versprochen. Ein junger Mann hatte schon wenige Wochen nach dem Eingriff mit der neuen Operationsmethode wieder Sport treiben können. Das wollte die agile Frau auch.

Guten Mutes ließ sich Götz vor fünfeinhalb Jahren in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik (BGU) Frankfurt am Main ein neues Hüftgelenk einsetzen. Das Besondere dabei: Ein Roboter fräste ihre Knochen aus. Die Ärzte hatten das Gerät, das ursprünglich in den USA für die Autoindustrie entwickelt worden war, in höchsten Tönen gelobt.

Inzwischen verflucht Götz, 67, den Tag, an dem die Maschine namens "Robodoc" in ihr bohrte. Die ehemalige Gemeinderätin aus dem badischen Gundelfingen hat Jahre qualvoller Schmerzen hinter sich. Sie kann sich nur noch mühsam fortbewegen und ist zu 50 Prozent schwerbehindert. Wie sie erst sehr viel später erfuhr, hatte der Roboter zwar wie geplant ihren Hüftknochen ausgehöhlt. Durch die Operation hatten sich jedoch Teile der Gesäßmuskulatur abgelöst.

Als sich Götz beim Ärztlichen Leiter beschwerte, schickte die Klinik die Adresse ihrer Haftpflichtversicherung. Jetzt will die Betriebswirtin nicht nur den Klinikchef zur Rechenschaft ziehen. Sie erwägt, auch den Roboterhersteller Integrated Surgical Systems in den USA zu verklagen. Mehrere Patienten, die sich ebenfalls als Opfer des Robodoc fühlen, wollen sich ihr anschließen.

Wie Robodoc werden auch andere neue Produkte ausländischer Firmen in Deutschland eingesetzt, obwohl sie in ihrer Heimat noch nicht zugelassen sind. Die Hersteller nutzen dabei deutsche Patienten als Versuchskaninchen, um dann mit den Ergebnissen etwa die wesentlich strengere US-Zulassungsbehörde zu überzeugen - falls die Ergebnisse denn positiv sein sollten.

Bei Robodoc könnte das Kalkül jedoch ins Wanken geraten. Nicht nur, dass sich Patienten falsch behandelt sehen: Namhafte Mediziner beklagen die Euphorie über den OP-Computer. "Robodoc ist völlig unsinnig und gefährlich", schimpft Rudolf Kleining, Leiter der Unfallchirurgie der Paracelsus-Klinik in Marl. Die Vorteile der Roboterchirurgie seien einfach "nicht erkennbar", sagt Wolfhart Puhl, Chef der Orthopädie an der Uni-Klinik Ulm und Präsident der Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik. Manche Kollegen würden den Kranken mit dem schönen Schein der Hightech auch Unfug andrehen - und es sei "deprimierend zu sehen, wie leicht Patienten zu verführen sind".

Allein in der Frankfurter BGU operierte der Roboter, Anschaffungskosten rund 500 000 Euro, etwa 6000 Patienten. Republikweit half die Maschine nach Schätzungen bei über 10 000 Operationen mit.

Ärzte kritisieren vor allem, dass mit dem Computer aus den USA munter gearbeitet werde, ohne dass bisher ausreichende wissenschaftliche Daten vorlägen. Niemand wisse, wie viele Operationen schon schief gelaufen sind. "Wir probieren quasi die Methode für die Amerikaner aus", klagt Götz von Foerster, Ärztlicher Leiter der Hamburger Endo-Klinik.

Der Computer wurde Ende der achtziger Jahre von IBM in Kalifornien entwickelt. 1990 erfolgte die erste Hüft-OP - an einem Hund. Die Forscher erhielten daraufhin eine vorläufige Genehmigung von der amerikanischen Arzneimittelbehörde Food and Drug Administration (FDA), das Gerät auch an Menschen auszuprobieren. Nachdem die Testphase viel versprechend gelaufen war, beantragten sie 1993 eine reguläre Zulassung - die sie freilich bis heute nicht haben.

Dafür setzten Deutsche das Gerät ein, allen voran Martin Börner, Ärztlicher Direktor der Frankfurter BGU. 1994 schob er Robodoc zum ersten Mal an den OP-Tisch. Die Medien überschlugen sich geradezu mit hymnischen Berichten. Sie heizten die Nachfrage bei den Patienten an und machten so Anschaffung und Einsatz des Roboters in Kliniken attraktiver - es entbrannte ein Kampf um lukrative Hüftpatienten.

Bevor der Roboter anfängt zu fräsen, ermittelt ein Arzt mit einem Computertomogramm die Daten des Oberschenkelknochens. Ein Rechner (Orthodoc) entwirft daraufhin ein dreidimensionales Bild. Anschließend sucht der Operateur eine passende Prothese aus einem Katalog aus. Mit einem Tastarm fährt Robodoc dann an den Knochen und höhlt ihn aus.

Orthopäden beäugten den massenhaften Einsatz im Klinikalltag von Anfang an skeptisch. Kollegen hätten "immer wieder dokumentierte Studien gefordert", sagt Joachim Hassenpflug, Chef-Orthopäde der Uni-Klinik Kiel.

Doch mit dem Argument, "das sei Rasterfahndung", würden hier Studien zur Qualitätssicherung abgeblockt, schimpft Puhl, gleichzeitig Leiter einer Arbeitsgruppe zur Computerassistierten Orthopädischen Chirurgie. "Ich bin keiner Diskussion aus dem Weg gegangen", sagt hingegen Börner. Seine Kollegen hätten gar nicht fachlich diskutieren wollen, ihnen gehe es allein "um die grundsätzliche Ablehnung einer Technologie".

Anders als in den USA, wo Unternehmen bei der Zulassung neuer Produkte "knallharte Auflagen erfüllen müssen", sagt Martin Engelhardt, Orthopädie-Chef der Städtischen Kliniken Bielefeld, "lässt sich in unserem Fachgebiet jemand etwas einfallen und bastelt es dann munter ein". Wenn es sich bei den Patienten statt um Menschen "um Albinokaninchen handeln würde", so Puhl, "müsste sich eine Ethik-Kommission um diese Fälle kümmern".

Nach diesem Muster wurde etwa jahrelang mit künstlichen Kreuzbändern aus Gore-Tex verfahren, die deutsche Orthopäden Patienten mit Schlotterknien ins Bein operierten. Während US-Behörden strengste Kriterien für die OP forderten, hätten sich "hier genügend unseriöse Leute gefunden, die das einsetzten", sagt der Marler Chirurg Kleining. Die Rechnung kam später: Dutzendweise lösten sich die Kunstbänder, viele Patienten mussten nachoperiert werden.

Auch mit künstlichen Kreuzbändern aus Carbonfasern experimentierten deutsche Orthopäden herum - mit dramatisch schlechten Ergebnissen, wie sich später herausstellte. Und dennoch: Vieles, was aus den USA kommt, wird noch immer bedenkenlos eingebaut. So sind in Deutschland noch rund 80 Prozent aller Brustkissen aus Silikon - weil das Material zur Busenvergrößerung nicht unbedenklich ist, nahmen es die Firmen dagegen bereits 1992 vom US-Markt.

Wie schnell vermeintliche Verkaufsschlager zur Gefahr werden, zeigte besonders der Schweizer Hüftprothesenhersteller Sulzer Medica. Sein Marketing-Hit: die Kombination einer Knochenzementbefestigung mit einem Titanschaft. Über 100 000-mal wurde die Innovation allein in Deutschland verkauft - mit fatalen Folgen: Bei Patienten lockerten sich Prothesen, weitere Operationen waren notwendig.

Anders als bei Arzneimitteln wacht in Deutschland keine Bundesbehörde über Einführung und Einsatz von Medizinprodukten. 1995 wurde zwar europaweit die CE-Kennzeichnung eingeführt. Für Zulassungsverfahren und Qualitätskontrollen sind seitdem rund 60 "benannte Stellen" verantwortlich - etwa TÜV und Dekra. Sie sollen über Nützlichkeit, Qualität und Sicherheit befinden. Doch ein wesentliches Ziel der Vorschriften sei es, räumt Roger Grase vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte ein, Firmen den "reibungslosen Marktzutritt zu gewährleisten". Seine Behörde könne nur eingreifen, wenn ihr Komplikationen mitgeteilt würden.

Den Preis für allzu forschen Forschergeist haben so immer wieder die Kranken zu zahlen - zu denen sich auch Monika Jansen, 64, zählt. Die Inhaberin eines Antiquitätengeschäfts aus Kronberg bei Frankfurt ließ sich 1997 in der BGU von Robodoc eine Endoprothese einbau-

en. Nach einigen Monaten schrumpfte der Oberschenkelmuskel, Muskelstränge rutschten regelrecht vom Knochen ab. Erst eine komplette Rekonstruktion des Muskels in der Hamburger Endo-Klinik linderte ihre qualvollen Schmerzen. Börner, sagt Jansens Freiburger Anwalt Jochen Grund, habe den Robotereinsatz "übertrieben positiv dargestellt" - was der Mediziner bestreitet.

Der große Vorteil der neuen Technik sollte ihre höhere Passgenauigkeit sein. Hüftgelenksimplantate, so eine Pressemitteilung der BGU euphorisch, würden zu "99 Prozent exakt in den Knochen eingepasst"; mit der Hand würden Operateure dagegen nur 30 bis 35 Prozent erreichen. Dadurch sollte die Zahl der gefürchteten späteren Lockerungen der Implantate gesenkt werden, die nach etwa sechs Jahren auftreten können und eine erneute Operation nötig machen.

Doch ob das so modern anmutende Verfahren große Vorteile bringt, ist noch vollkommen ungeklärt. Denn als Preis für eine theoretisch höhere Passgenauigkeit muss der Patient Muskel- und Nervenschäden befürchten. "Damit der Roboter den Oberschenkelknochen fassen kann", so Ludwig Zichner, Ärztlicher Direktor der Orthopädischen Uni-Klinik Frankfurt, "muss man die Muskulatur weiträumig abschälen" - Patienten würden regelrecht ausgebeint. Börner hält seinen Kritikern entgegen, der Zugangsweg sei "nicht größer als bei herkömmlichen Operationen, er beträgt zurzeit im Mittel 15 cm".

Geübte Operateure, sagt Fritz Uwe Niethard, Direktor der Orthopädischen Klinik an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen, könnten "leicht um die Ecke" raspeln - der primitive Industriecomputer habe jedoch geradeaus gefräst. Das sei eben schon mal ins Fleisch gegangen. Der Hamburger Orthopäde Foerster hat schon Robodoc-Patienten nachbehandelt, bei denen der "mittlere Gesäßmuskel einfach weggefräst war".

Unzufriedene Patienten habe es nur zu Beginn gegeben, sagt hingegen Börner, inzwischen seien über 100 Nachbesserungen vorgenommen worden. Der Chirurg verweist auf eigene "strenge Nachuntersuchungen". 2001 habe die BGU die ersten Robodoc-Patienten gecheckt, "spezifische Komplikationen" lägen "derzeit nicht mehr vor". Für das nächste Jahr will Börner nun "der immer wieder gestellten Forderung nach einer Langzeitstudie nachkommen".

Viele Patienten, an deren Hüfte Robodoc versagte, so sagen Orthopäden, seien derweil auf der Straße zu identifizieren - wegen ihres eigentümlichen Watschelgangs. Neulich, erzählt Monika Jansen, habe ihr eine andere Hüftoperierte mit der Krücke zugewinkt: "Hallo Robodoc". UDO LUDWIG, ANSGAR MERTIN

\* Mit ebenfalls von Robodoc operierten Leidensgenossen vor der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Frankfurt.

Von Udo Ludwig und Ansgar Mertin

30.06.2009

## Roboter außer Kontrolle

Aus Marketinggründen werben Kliniken gern mit modernsten Heilmethoden. Der Fall eines Operationscomputers zeigt, wie fragwürdig solche Neuerungen in der Medizin sein können. VON UDO LUDWIG

Werner Haag ist ein Patient, wie ihn sich Ärzte wünschen. Der Computerspezialist aus Hamburg geht regelmäßig zu Vorsorgeuntersuchungen, er schätzt die Errungenschaften der modernen Medizin. Und er kann sich begeistern für neue Methoden zur Behandlung von Krankheiten.

Mit 55 Jahren hatte Haag eine schwere Arthrose in der Hüfte bekommen. Dies beunruhigte ihn nicht sonderlich, denn Implantationen einer Hüft-Endoprothese haben eine Erfolgsquote von fast 100 Prozent. Als mündiger Patient informierte er sich dennoch über den aussichtsreichsten Weg zur neuen Hüfte.

Haag war "sehr beeindruckt", als er im Fernsehen Berichte über "Robodoc" sah. Dieser neue Operationscomputer, so erklärte dort Martin Börner, ein Professor der Orthopädie aus Frankfurt am Main, könne ein neues Hüftgelenk präziser anpassen als jede Hand eines Operateurs, und die Liegezeit nach dem Eingriff verkürze sich.

Als dann auch noch Professor Dietmar Wolter, Leiter des Berufsgenossenschaftlichen Krankenhauses Hamburg, im "Hamburger Abendblatt" meinte, dass "diesen neuen Technologien die Zukunft gehört", stand Haags Entschluss fest: Robodoc sollte seine Hüfte operieren.

Inzwischen verflucht Haag den Tag seiner Entscheidung. Denn der Operationscomputer, davon ist er überzeugt, hat seine Hüfte ruiniert. Er kann nur noch kurze Wege an Krücken bewältigen und musste wegen faustgroßer Blutergüsse mehrmals nachoperiert werden. Er ist dauerhaft behindert. "Das Ding hat meine Hüfte zermanscht", sagt Haag.

Im vergangenen Jahr hat Haag Wolter und die Klinik wegen Körperverletzung angezeigt. Um den OP-Computer in Stellung bringen zu können, so sein Vorwurf, hätten die Ärzte den Muskel am Oberschenkel weiträumig ablösen müssen. Der Muskel habe sich danach nie wieder erholt und sei verkümmert. Die Klinik und deren Versicherung streiten einen Behandlungsfehler ab. Die Staatsanwaltschaft ermittelt nun.

Der Fall Robodoc ist ein Lehrstück deutscher Medizingeschichte. Er berührt die Frage, ob medizinischer Fortschritt stets zum Vorteil der Patienten ist und ob die neue, die technisch modernste Lösung immer auch die beste Methode zur Behandlung bestimmter Krankheiten ist.

Die Einführung des Robodoc zeigt, wie sich ein offenbar unausgereiftes Medizinprodukt auf dem Gesundheitsmarkt breitmachen konnte. Weil die OP-Maschine als technologisch hochwertig und fortschrittlich galt, war sie ein wichtiges Marketinginstrument der Kliniken. Mitte der neunziger Jahre standen diese Geräte deshalb in über hundert deutschen OP-Sälen.

Einige erfahrene Mediziner beargwöhnten die stummen Kollegen zwar von Beginn an sehr kritisch. Aber niemand wagte zunächst, öffentlich Stellung zu beziehen. Rund 10 000 Patienten ließen sich deshalb von Robodoc die Hüfte fräsen. Viele Patienten berichteten danach über Schmerzen, einen watscheligen Gang und große Hämatome.

Gut zehn Jahre nach den ersten Einsätzen sind diese Computer inzwischen wieder aus den Kliniken verschwunden. Geblieben aber sind die Opfer. Einige hundert, womöglich einige tausend Deutsche sind dauerhaft behindert, viele klagen vor Gerichten, einige wenige haben bereits Schmerzensgeld und Schadensersatz erstritten.

Das Einsetzen künstlicher Hüften ist heute eine der häufigsten Operationsverfahren der Chirurgie. Über 150 000 Deutsche benötigen jährlich wegen Arthrosen oder Brüchen ein Kunstgelenk. Allein zwischen 2003 und 2007 verdoppelte sich der Einbau von Prothesen und ihren Komponenten.

Es gibt unterschiedliche Methoden und verschiedene Produkte, aber nach wie vor hängt es von Erfahrung und Geschicklichkeit des Operateurs ab, ob die neue Hüfte 10 oder 15 Jahre oder vielleicht noch länger hält. Das handwerkliche Können etwa im Umgang mit dem Zement beim Befestigen der neuen Prothese entscheidet darüber, ob der Patient bald wieder laufen kann, ohne zu spüren, dass er ein künstliches Gelenk trägt.

Doch meist wissen die Patienten nicht, wie gut ein Operateur ist. Krankenhäuser haben deshalb Marketingstrategien entwickelt, um möglichst reichhaltig vom lukrativen Markt der Endoprothetik profitieren zu können.

Robodoc kam da zur rechten Zeit. Der Roboter wurde 1992 in den USA entwickelt, ursprünglich für Operationen an Hunden. In den Vereinigten Staaten erhielt er indes nie eine Zulassung.

In Deutschland aber war der Frankfurter Orthopädieprofessor Börner der wichtigste Promoter der neuen Methode. Im April 1997 schrieb er dem Patienten Haag, der sich wegen Robodoc bei ihm vergewissern wollte: "Wir erlauben unseren Patienten aufgrund der guten Passgenauigkeit, die gleichbedeutend mit einer hohen Stabilität und einem schnellen Anwachsverhalten des Knochens an die Prothese ist, ab dem 1. postoperativen Tag die volle Belastung." Schnell, fest, gut - besser ging es nicht.

Es ist eine Besonderheit des Gesundheitsmarktes, dass Neuerungen große Aufmerksamkeit in den Medien erlangen. Ob ein neues Arzneimittel, eine neue Operationsmethode, ein neues Medizinprodukt - es finden sich immer Sender und Zeitungen, die wohlwollend über die neue Hoffnung für Patienten berichten. Bei Robodoc dauerte diese Phase rund sechs Jahre, obwohl einige namhafte Orthopäden die rund 500 000 Euro teuren Geräte wegen ihrer Fehlerhaftigkeit intern längst kritisiert und bereits in den Klinikkeller verbannt hatten.

Erst als der SPIEGEL ("Regelrecht ausgebeint") im Jahr 2003 über die gravierenden Schwächen des OP-Roboters berichtete, kippte die Stimmung allmählich. Nach und nach wurde Robodoc abgewrackt. Die Staatsanwaltschaft Frankfurt ermittelte gegen Börner, der Professor musste schließlich seine Klinik verlassen.

Doch für die Leidtragenden war die Robodoc-Geschichte noch lange nicht zu Ende, denn niemand wollte für die Folgen der verpfuschten Eingriffe verantwortlich sein: die Ärzte nicht, die Krankenhäuser nicht, der Roboter-Hersteller nicht, die Versicherungen nicht. Den Schaden dieser Schein-Innovation hatten allein die Patienten zu tragen.

Über 120 Verfahren, in denen hüftkranke Patienten gegen vermeintliche Verursacher ihrer Robodoc-Schäden klagen, sind noch immer vor Gerichten von München bis Bremen anhängig. Die meisten gingen bisher verloren, weil die deutschen Gesetze nicht gerade patientenfreundlich sind. Und viele Sachverständige sind nach wie vor auf der Seite ihres Kollegen Börner.

Umso erstaunlicher war deshalb ein Gutachten, das Ludwig Zichner verfasste, ein renommierter und emeritierter Professor für Orthopädie der Universität Frankfurt. Zu keinem Zeitpunkt, schreibt Zichner, habe "eine wissenschaftliche Bewertung der neuen Methode vorgelegen". Es sei ein grober Fehler gewesen, "industrielle Gerätschaften quasi ungeprüft zur humanen Anwendung einzusetzen".

Und in einem weiteren Gutachten kritisierte Christoph von Schulze Pellengahr, Chef der Orthopädischen Uniklinik in Bochum, dass viele Kliniken allein aus Gründen des Marketings und der "Patientenakquirierung" nicht auf den Einsatz des Robodoc hätten verzichten wollen - obwohl dessen Einsatz offensichtliche Nachteile gehabt habe.

Werner Haag hat lange überlegt, ob er sich überhaupt an die Staatsanwaltschaft wenden solle. Zu groß waren zunächst seinen Befürchtungen, dass "Ärzte, die von der Anzeige erfahren, mich nicht mehr behandeln würden". Kurz vor dem Ende der Verjährungsfrist hat er es dann doch getan. Wegen der "schwierigen Beweissituation", sagt er, könnten sich viele Patienten nicht wehren. Er selbst aber könne dies, weil sein Fall lückenlos dokumentiert sei.

Sein Beispiel müsse deshalb in die Öffentlichkeit, sagt er, "damit sich so etwas wie die Begeisterung über den Robodoc nie wiederholt".

Von UDO LUDWIG

## Roboterassistenz im OP

Aufgrund der voranschreitenden Entwicklung der künstlichen Intelligenz (KI), sowie des stetigen technischen Fortschritts, wird die Robotik immer häufiger in den unterschiedlichsten Aspekten des Lebens angewandt. So auch in der Medizin. Auch wenn Robotik in der Medizin noch nicht weit verbreitet ist, so ist sie dennoch Realität. Unabhängig davon, ob es um Unterstützung bei der Pflege, der Behandlung, einer Operation oder es sich um eine einfache Datenanalyse handelt, können (Mikro-)Roboter medizinischen Fachkräften zunutze sein. Nichtsdestotrotz bringen die Mikroroboter auch Probleme mit sich, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen: von Zuverlässigkeit, Effektivität, ungeklärten rechtlichen Aspekten bis hin zur potentiellen Arbeitslosigkeit vieler Ärzte sowie der generellen Akzeptanz solcher Helfer beim jeweiligen Patienten. Hier untersuchen wir den heutigen Stand bei den Fragen.

* Set 1980 werden chirurgische Roboter entwickelt
* Ziel: Erhöhung der Reproduzierbarkeit und Genauigkeit von Bewegungen
* Autonome Roboter (Systeme mit unabhängiger Handlungsfähigkeit spielen bislang keine Rolle)
* Master-Slave-Systeme (Telemanipulatoren), ferngesteuerte computerunterstützende Robotersysteme bislang vorrangig in der Chirurgie der Beckenorgane (Urologie, Gynäkologie, Rektumchirurgie)

**The DaVinci Surgical System**

Hier handelt es sich um keine selbständige Operation, die von einer KI kontrolliert wird, sondern um ein besseres Sichtfeld, erhöhte Präzision und Kontrolle der Bewegungen. Der Chirurg hat dabei keinen direkten Kontakt zu dem Patienten und manipuliert alle Instrumente mittels einer Computerstation. Die Arme des da Vinci Systems werden nur von technischen Assistenten unterstützt und ermöglichen sehr kleine Schnitte sowie zum Beispiel die Rotationen, die für eine menschliche Hand nicht möglich sind.

Das **Da-Vinci-Operationssystem**

* roboter-assistiertes Chirurgiesystem der Firma [Intuitive Surgical](https://de.wikipedia.org/wiki/Intuitive_Surgical) in [Kalifornien](https://de.wikipedia.org/wiki/Kalifornien), mit dem [minimalinvasive Operationen](https://de.wikipedia.org/wiki/Minimalinvasive_Chirurgie) im urologischen und gynäkologischen Bereich durchgeführt werden, insbesondere die [roboterassistierter laproskopischer Prostatektomie](https://de.wikipedia.org/wiki/Endoskopische_extraperitoneale_radikale_Prostatektomie) (RALP) und [Zystektomie](https://de.wikipedia.org/wiki/Zystektomie).
* Das System wird in Deutschland flächendeckend an vielen Universitäts- und anderen großen Kliniken eingesetzt. Trotz der hohen Kosten verlangen die meisten Einrichtungen (häufig [Universitätskliniken](https://de.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A4tsklinik)) von Mitgliedern [Gesetzlicher Krankenversicherungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Gesetzliche_Krankenversicherung) keine Zuzahlung.
* benannt nach [Leonardo da Vinci](https://de.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci)
* Entwickelt in den 1980er-Jahren mit Unterstützung der [SRI International](https://de.wikipedia.org/wiki/SRI_International). Anfang der 1990er Jahre unterstützt von Medizintechnikern im Auftrag der [Defense Advanced Research Projects Agency](https://de.wikipedia.org/wiki/Defense_Advanced_Research_Projects_Agency) (DARPA).
* Der Roboter sollte es Chirurgen möglich machen, in Krisengebieten ferngesteuert zu operieren. Man wollte verwundete Soldaten oder sogar Astronauten auf Distanz mit Robotern operieren, kam jedoch wegen der weiten Übertragungswege rasch an die Grenze der technologischen Machbarkeit.
* Stand 30. September 2017 sind weltweit rund 4.271 Da-Vinci-Operationssysteme installiert, davon 2.770 in den USA (65 %), 719 in Europa (17 %), 561 in Asien (13 %) und 221 in der restlichen Welt.[[4]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-4)

## Operationseinheit

**Das System besteht aus zwei Hauptkomponenten**

* + der Kontrollkonsole, an welcher der Operateur während des gesamten Eingriffes sitzt und die Roboterarme unter visueller Kontrolle über den 3D-Monitor steuert (Abbildung 1)
  + den fahrbaren Stativen mit vier Armen, einem für die dreidimensionale Kamera und dreien, die mit auswechselbaren Spezialinstrumenten bestückt werden. (Abbildung 2)

|  |  |
| --- | --- |
| Modellbild des roboterassistierten OP-Systems daVinci©Si. |  |

https://www.barmherzige-regensburg.de/urologie/unser-behandlungsangebot/unsere-schwerpunkte/davincir-si-system.html

|  |
| --- |
|  |

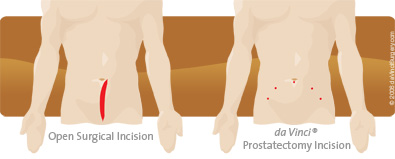


|  |
| --- |
|  |
| Vergleich zwischen Hand des Operateurs und einem Instrument (stark vergrößert) des da Vinci-Operationssystems  http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Urologische-Klinik-und-Poliklinik/de/davinci-operation/Allgemeines/index.html |

* Die Operationseinheit besteht aus einer Steuerkonsole, an der ein Chirurg sitzt, und einer patientenseitigen Robotikeinheit (OP-Roboter) mit vier Armen und einem Videoturm für die Steuerung der dreidimensionalen Kamera und der Lichttechnik.
* Der Operateur erhält über die Konsole ein vergrößertes 3D-Bild des Operationsfeldes und kann damit die Arme des Roboters mit den mikrochirurgischen Einmalinstrumenten steuern.
* Der Operateur steuert in Echtzeit mit seinen Handbewegungen die Arme und die Instrumente millimetergenau mit einer bis zu fünffachen Untersetzung. Unwillkürliche Bewegungen wie Händezittern werden ausgeglichen.
* Durch die bis zu zehnfache Vergrößerung des 3D-Kamerasystems werden selbst feine Strukturen wie Nerven und Gefäße genau dargestellt.
* Der Operationsroboter kann nicht programmiert werden und auch keine eigenständigen Bewegungen ausführen.
* Die winzigen, auswechselbaren Endowrist-Instrumente an den Enden der Roboterarme wurden für das System speziell entwickelt und können in sieben Freiheitsgraden bewegt werden – mehr als die der menschlichen Hand.[[5]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-5)

## Vorteile und Nachteile

### Vorteile für den Patienten



Vergleich bei einer Prostata-OP

https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/uro/fachinformation/da-vinci-op-roboter

* generell die Vorteile der minimalinvasiven Chirurgie:
  + kleine äußerliche Schnittwunden
  + geringerer Blutverlust
  + schnellere Wundheilung
  + weniger Schmerzen
  + weniger Narben
  + kürzere Krankenhaus-Verweildauer
  + schnellere Erholung nach dem Eingriff
  + raschere Rückkehr zum "normalen Leben"
  + selteneres Auftreten von Impotenz und Inkontinenz

### Vorteile für den Operateur

* entspannte Sitz-, Kopf- und Armhaltung während der oft mehrere Stunden dauernden Operation
* räumliche, vergrößerte Bildschirmdarstellung der Organe und der Instrumente
* untersetzte und „bereinigte“ Bewegung der Instrumente

### Nachteile

* hohe Anschaffungskosten (1,6 bis 2,0 Mio. Euro)
* höhere Operationskosten als bei einem offenen Eingriff (winkelbare Mehrweginstrumente von rund 100 – 500 Euro je Eingriff) und Wartungskosten (5 – 10 % der Anschaffungskosten pro Jahr). Die Instrumente lassen sich nur zehn Mal verwenden. Das System zählt bei jedem Einsetzen mit.
* höherer Aufwand bei der Aufbereitung der Instrumente und Endoskope in der ZSVA
* Einarbeitungszeit für den Operateur
* längere Operationsdauer als bei einem offenen Eingriff

## Kritik

Kritiker bemängeln immer wieder die hohen Kosten des Systems. Ein Da-Vinci-OP-System kostet bis zu 2 Mio. Euro. Die eingesetzten Instrumente werden grundsätzlich nur zehnmal eingesetzt und müssen dann getauscht werden. Das Unternehmen nutze so seine Monopolstellung aus. Dies führt zu rund einem Drittel höheren Kosten als bei einer normalen Laparoskopie. Eine im [Journal of the American Medical Association](https://de.wikipedia.org/wiki/Journal_of_the_American_Medical_Association) publizierte Studie der Columbia University in New York wertete mehr als 264.000 Gebärmutterentfernungen mittels konventioneller und robotergestützter [Laparoskopie](https://de.wikipedia.org/wiki/Laparoskopie) aus und konnte dabei keine Vorteile nachweisen. Die Studie betonte, dass insbesondere der propagierte geringere Blutverlust nicht nachgewiesen werden konnte.[[3]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-spiegel1-3)[[6]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-6)[[7]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-7)

Mehrfach kam es in der Vergangenheit bei Operationen mit dem Da-Vinci-System zu Todesfällen. Dabei war es zu Verletzungen gekommen, die nicht sofort entdeckt wurden. Unter anderem soll dies durch Fehlströme ausgelöst worden sein, die zu Überhitzungen an umliegenden Geweben führte. Das Unternehmen reagierte mit einer Verbesserung der Abdeckungen und betonte, solche Fehlströme könne es auch bei konventionellen laparoskopischen Operationen geben.[[8]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-8) Derzeit untersucht die amerikanische Zulassungsbehörde [FDA](https://de.wikipedia.org/wiki/Food_and_Drug_Administration) diese und andere Fälle, bei denen Patienten zu Schaden kamen. In den USA sind deshalb mehrere Gerichtsverfahren anhängig.[[9]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-9)[[10]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-10) Dem Unternehmen wurde mehrfach vorgeworfen, Zwischenfälle nicht ordnungsgemäß an die zuständigen Behörden gemeldet zu haben.[[11]](https://de.wikipedia.org/wiki/Da-Vinci-Operationssystem#cite_note-11)

Interview ZEIT ONLINE

[Mark Spörrle](https://www.zeit.de/autoren/S/Mark_Spoerrle/index) , 19. März 2018,

https://www.zeit.de/hamburg/2018-03/elbvertiefung-19-03-18

## Robo-Doc?

Das **Albertinen-Krankenhaus** in Hamburg-Schnelsen operiert seit Kurzem mit einem **roboterassistierten System** zum Beispiel Prostata-, Nieren- und Harnblasenkrebs. Der **daVinci X** besteht aus einem Wagen mit vier Armen für die OP sowie einem Videoturm und einer Konsole, die der Operateur bedient. Chefarzt **Henrik Zecha** nutzt die Technik seit zehn Jahren und gibt auch Schulungen darin.

**Elbvertiefung: Herr Zecha, kann Ihr Operationsroboter besser operieren als ein Chirurg?**

**Henrik Zecha:** Das daVinci-System übersetzt die Handbewegungen des Operateurs in verwacklungsfreie und millimetergenaue Bewegungen. Damit kann ich auch in dem engen Bauchraum flexibel und präzise operieren. Die Instrumente, die ich so bediene, sind jeweils nur fünf bis zehn Millimeter groß, die Eintrittswunden sind nur klein. Der Patient verliert weniger Blut, hat weniger Schmerzen, weist kaum Wundheilungsstörungen auf. Außerdem sehe ich als Operateur ein dreidimensionales Bild in 10- bis 40-facher Vergrößerung, sodass ich beispielsweise sehr genau Organe, die von Krebs befallen sind, vollständig entfernen kann.

**EV: Das klingt beeindruckend.**

**Zecha:** Bei wirklich erfahrenen Operateuren hat es Vorteile. Denn nicht das Gerät macht die Operation, sondern der Operateur. Es gibt im Englischen das Sprichwort: "A fool with a tool stays a fool", also: Einem Dummkopf nützt auch das Werkzeug nicht. Wir haben Schulungssysteme, mit denen wir unsere Kollegen sehr genau trainieren können, damit diese mit hoher Patientensicherheit die Eingriffe vornehmen können.

**EV: Aber eigentlich könnten Sie, die Konsole in der Hand, mit diesem System doch auch vom Sofa aus operieren?**  
**Zecha:** (lacht) Interessant ist, dass das amerikanische Militär in den neunziger Jahren viel Geld in die Technik investiert hat, weil es plante, dieses Operationssystem in einer ähnlichen Art zu nutzen – per Satellitenübertragung sollten die Soldaten im Krisengebiet von den in der Heimat verbleibenden Operateuren operiert werden. Dies wurde jedoch nicht zugelassen – stellen Sie sich vor, die Übertragung bricht ab! Operationen sind Teamarbeit. Dafür braucht man alle Menschen im OP, und sie müssen zusammenarbeiten wie perfekt ineinandergreifende Zahnräder. Mit der Konsole sitze ich nicht mehr direkt am OP-Tisch, sondern ein Stück daneben, aber ich freue mich immer noch jeden Tag auf die intensive Kommunikation mit meinem Anästhesisten und unserem gesamten OP- Team …

**EV: Könnte ein solches System die Operation auch allein durchführen?**

**Zecha:** Zum jetzigen Zeitpunkt ist das nicht abzusehen. Es kann ja zum Beispiel sein, dass man im OP neue Entscheidungen treffen muss. Ich betone im Gespräch mit Patienten auch immer, dass das System nichts allein kann oder tut. Unsere Arbeit beschränkt sich ja nicht nur auf die Operation. Wir diagnostizieren und beraten. Und unsere Patienten wollen zu Recht, dass ihnen jemand empathisch begegnet und etwas gut erklärt. Insofern würde ich sagen: Um Menschen zu behandeln, braucht man einen Menschen.

**XENEX Robot**

Das System gewährleistet eine regelmäßige, schnelle und kontrollierte Desinfektion jedes medizinischen Raumes mithilfe des UV Lichtes.

## Xenex-Roboter tötet Virus mit UV-Licht

Ein Roboter für den Kampf gegen Ebola ist sogar schon fertig. Es handelt sich um den sogenannten Germ-Zapping Robot des US-amerikanischen Herstellers Xenex. Er tötet das Ebola-Virus in nur zwei Minuten, indem er mit dem Edelgas Xenon ein UV-Licht erzeugt, das 25.000 Mal stärker als Sonnenlicht ist.

Zum Einsatz kommt der Germ-Zapping Roboter bereits im Texas Health Presbyterian Krankenhaus, in dem Thomas Eric Duncan dem Virus erlag, als erster Ebola-Patient in den USA. „Wir können Räume per Hand zu 85 Prozent desinfizieren. Wenn wir das UV-Licht nutzen, zu 99,9 Prozent“, erklärt Dr. Ray Casciari in einem Bericht der CNN. Allerdings kostet der Roboter auch 100.000 US-Dollar.

Er erzeugt UV-Licht, das 25.000 Mal stärker ist als Sonnenlicht, und tötet das Ebola-Virus in zwei Minuten. Kostenpunkt: 100.000 US-Dollar.

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/robotik/us-ingenieure-bauen-roboter-fuer-kampf-ebola/>

#### 70 Prozent der Bakterien waren weg

Der erste *«germ-zapping robot»* wurde von Medizinern in Houston für den Spitalbetrieb entwickelt – offenbar mit Erfolg. Unlängst ergaben Vergleichsmessungen der [**Texas A&M University**](https://www.tamu.edu/), dass der Prototyp eines Spital-Desinfektions-Roboter innert 12 Minuten etwa 70 Prozent der Bakterien in einem Krankenzimmer eliminieren kann.

Der Desinfektions-Roboter trägt an seiner Spitze eine mit Xenon gefüllte Lampe. Wenn diese elektrisch stark aufgeladen wird, bindet sie Bakterien-DNA und zerstört die Keime.

# Der nächste Roboter im Kampf gegen die Keime

Veröffentlicht am: 08. Juli 2015 9:07 Letzte Aktualisierung: 14. Dezember 2015 20:26

Jetzt gibt es das rollende Raum-Desinfektionsgerät für unter 100 Franken.

Misst man den technischen Fortschritt daran, ob die Geräte immer kleiner, immer billiger und immer chicer werden, dann verläuft der Fortschritt im Bereich Desinfektion derzeit besonders rapide.

Erst vor gut zwei Jahren kam der erste «germ-zapping robot» in den USA in den Spitalbetrieb: Es war eine grosse, schwere Maschine, die mit UV-Strahlen gegen die Bakterien in den Krankenzimmern vorging und das Reinigungspersonal unterstützen sollte.

#### 70 Prozent der Bakterien waren weg

Neu ist die Idee bekanntlich nicht. Der erste *«germ-zapping robot»* wurde von Medizinern in Houston für den Spitalbetrieb entwickelt – offenbar mit Erfolg. Unlängst ergaben Vergleichsmessungen der [**Texas A&M University**](https://www.tamu.edu/), dass der Prototyp eines Spital-Desinfektions-Roboter innert 12 Minuten etwa 70 Prozent der Bakterien in einem Krankenzimmer eliminieren kann.

Der Desinfektions-Roboter trägt an seiner Spitze eine mit Xenon gefüllte Lampe. Wenn diese elektrisch stark aufgeladen wird, bindet sie Bakterien-DNA und zerstört die Keime.

Die Forscher der A&M University verglichen die Effizienz des Roboters mit menschlicher Reinigungsarbeit. Ihr Fazit: Der elektronische Star-Wars-Verwandte schaffte es effizienter, Spitalräume zu desinfizieren.

Genauer: Wurde ein Patientenzimmer durchs Personal von Hand gereinigt, so verschwanden dabei 70 Prozent der Bakterien. Kam obendrein der UV-Putzroboter zum Einsatz, so stieg die Quote auf 90 Prozent.

#### Waffe gegen «Superbugs», Entlastung fürs Personal

Die Hoffnung bei diesem Projekt ist klar: Hier könnte eine neue, stärkere Waffe im Kampf gegen Spitalinfektionen anrollen, insbesondere gegen die «Superbugs». Obendrein könnte das Gerät das Pflegepersonal im Alltag massiv entlasten.

Allerdings schränken die Infektiologen in Houston auch ein: Der Reinigungsroboter könne letztlich nur eine Art Sicherheitsnetz sein, so [**Chetan Jinadatha**](http://www.healthgrades.com/physician/dr-chetan-jinadatha-3mjxy), einer der Studienautoren.

«Es gibt nicht ein einzelnes Ding, welches das Problem der im Krankenhaus erworbenen Infektionen beseitigt. Aber wir werden es Schritt für Schritt lösen.»

Beim neuen Klein-Keimbekämpfer stellt sich dann ohnehin die Frage, wie er in einem Test wie jenem von Dr. Jinadatha abschneiden würde.

## Roboterassistenz in der Pflege

Entlastung für Routineaufgaben

**RIBA Transfer**

Ein ähnliches Prinzip gilt zum Beispiel auch beim Heben des Patienten. Ein Roboter ist sowohl in der Lage einen körperlich behinderten Patienten mehrmals die Stunde in den Rollstuhl zu setzen als auch ihm beim Aufstehen zu assistieren, ohne selbst Rückenschmerzen zu bekommen. Besonders wichtig ist noch hierbei, dass auf die äußere Erscheinung des Roboters geachtet wird, da dies mit dem psychologischen Komfort des Patienten einhergeht.

**TUG Robot**

Emotionsgesteuerte Roboter

**Jibo, Pepper, Paro, Buddy**

## Schlüsselaspekte bei dem Einsatz von Robotik in der Medizin2,3

Da der Einsatz von Robotern in der Medizin noch ein relativ junges Forschungsgebiet ist, gibt es noch sehr wenige Erfahrungen auf diesem Gebiet. So wurden im Zeitraum von 2000 bis 2014 nur ca. 2 Millionen Operation von etwa 3000 da Vinci Systemen durchgeführt. (Dem gegenüber stehen alleine etwa 280 Millionen größere Operationen pro Jahr 4).   
Dennoch ist man sich bewusst, dass Roboter nicht nur Vorteile gegenüber einem Chirurgen haben, sondern auch einige Nachteile sowie Probleme bei der Anwendung vorweisen können. So können die automatisierten Systeme zwar schneller, präziser, ausdauernder, auf Dauer teilweise sogar günstiger und vor allem kürzere Rehabilitationsperioden vorweisen, doch sind die Anschaffungskosten eines solchen Systems noch immens hoch. Zudem stößt die Verarbeitung der Patientendaten an Datenschutzgrenzen. Die Frage der rechtlichen Verantwortung ist noch nicht geklärt und generell ist die Nutzungsbereitschaft und -möglichkeit einer solchen Technologie in verschiedenen Ländern höchst variabel. Im Allgemeinen ist so gut wie jeder Aspekt der Anwendung von Mikrorobotik in der Medizin von zwei Seiten zu betrachten. So ist unter anderem die mögliche Arbeitslosigkeit von Ärzten und Hilfskräften eine sehr spannende Thematik, da eine 24/7 einsetzbare Technik gleich mehrere Personen ersetzen könnte. Außerdem sind viele Ärzte an ihre bisherige „hands on“ Arbeit gewöhnt und müssten sich beispielsweise für die Nutzung eines da Vinci Systems drastisch umgewöhnen und anpassen (Kumar)2. Für diejenigen die diesen technischen Schritt nicht mitgehen können bedeutet es drohende Arbeitslosigkeit oder verfrühte Renten. Ein positiver Aspekt wiederum ist, dass mehrere Operationen und Behandlungen zur gleichen Zeit ablaufen können, sodass Ärzte geschont werden können und somit die eigenen Gesundheitsprobleme hinsichtlich der Schultern, des Rückens oder generelle Gelenkschmerzen vermieden werden können, sodass viele Ärzte länger arbeiten können als es bisher der Fall ist.   
Neben der Entwicklung ist vor allem aber das Vertrauen der Patienten der wichtigste Aspekt zur Fortführung dieses Bereichs. Diesbezüglich wurde 2016 in einer Studie in Deutschland veröffentlicht5:  
„Aktuell möchte lediglich jeder Vierte in Deutschland selbst von einem Roboter gepflegt werden (BMBF 2015). … Hier zeigt sich die Diskrepanz zwischen der gesellschaftlichen Bedeutung von Automated Healthcare für eine alternde Bevölkerung und der persönlichen Vorstellung: gesellschaftlich sinnvoll, aber nicht für mich persönlich! Dabei ist die Angst meist irrational und an Vorstellungen von humanoiden Robotern geknüpft. Tatsächlich sehen Roboter jedoch oft ganz anders aus.”   
Vergleicht man die gruppeneigene [Umfrage](http://www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug18/mit/images/auswertung_umfrage.pdf), die im Dezember 2018 durchgeführt wurde unter Berücksichtigung der Stichprobengröße sowie des Bildungsstands der Befragten, so lässt sich daraus schließen, dass sich die Situation innerhalb Deutschlands seit dem Jahr 2015 nicht ausschlaggebend verändert hat. Generell ist es noch immer der Fall, dass nur sehr wenige Menschen persönliche Erfahrungen mit Robotern im medizinischen Bereich gesammelt haben (so, wie in so gut wie allen anderen Bereichen). Die generelle Akzeptanz der Bevölkerung korreliert stark mit der Häufigkeit des öffentlichen Auftretens. Letztendlich lässt sich daraus schließen, dass auch die Akzeptanz von Robotik in der Medizin ein stetiger Prozess ist und es sich zunächst nicht um ein vollkommen autonomes System handelt.