



# Dr. Robot gehört zum Team

Dank Computer-Navigation und Roboter passen Chirurgen künstliche Kniegelenke individuell ein. Dadurch soll auch die Zufriedenheit der Patienten mit den Prothesen steigen

Fotos: Annette Cardinale für FOCUS-Gesundheit

**Operation Kniegelenk**  
Heiko Reichel (M.) und sein Team setzen an der Uniklinik Ulm eine Endoprothese ein. Die kleinen blau umrandeten Scheiben an Knie und Fräse verbinden das OP-Geschehen mit einem Computer



**Oben: Blick in die Gelenkwerkstatt**

Bohrer, Fräse, Meißel liegen auf dem Beistelltisch für die Operation bereit. Dahinter die Modelle für das Probeimplantat des Kniegelenks

**Unten: Knieprothese**

Die flache Titanplatte (l.) wird am Unterschenkel befestigt, das gebogene Metallteil (r.) am Oberschenkel. Es ermöglicht die Kniebewegung

**D**er große Auftritt für die Technologie kommt, eine Viertelstunde nachdem Chirurg Heiko Reichel im OP-Saal der Orthopädischen Universitätsklinik Ulm mit einem Schnitt seines Skalpells das arthrosegeplagte Knie geöffnet hat. Wie ein abstraktes Objekt ragt das Bein aus dem blauen Laken heraus. Das dritte Mitglied des zweiköpfigen OP-Teams, der Roboter, schlägt nun vor, wie der Ersatz für das verschlissene Gelenk platziert werden sollte. Auf dem Monitor erscheint ein virtuelles Modell des Knies. Bunte Balken und Zahlen stellen dar, wie sich der Sitz der Prothese auf die Beinachse, auf die Spannung der Bänder und auf das Strecken und Beugen des Beins auswirkt. Reichel tippt auf dem Tablet am OP-Tisch, passt die Vorschläge des Computer-Assistenten in Nuancen an, murmelt: „Hier acht Millimeter, ein Grad Valgus oben, die Bänder sind ausbalanciert, das Knie läuft harmonisch.“ Bei seinem Assistenzarzt Moritz Oltmanns versichert er sich: „Machen wir es so?“ Der nickt: „Ja.“ Reichel greift zur Fräse, dem robotischen Element, das er nicht aus der Hand legt. Sie entfernen Schicht für Schicht des beschädigten Knorpels und wenige Millimeter vom Knochen. Leise summt das Gerät. Es ist die heikelste Phase einer Endoprothesenoperation. Der Chirurg modelliert am Knochen die Form, in welche sich die Prothese einpassen wird. Der Computer zeigt mit unterschiedlichen Farben an, welche Ebene Reichel bearbeitet, der Roboter ►



garantiert, dass nicht mehr als nötig entfernt wird. Ginge der Arzt über den vorgesehenen Bereich hinaus, würde das Gerät sofort abschalten.

### Vor der OP ein O- oder X-Bein? Dann besser auch danach

Die Implantation von Gelenkprothesen zählt zu den Routineeingriffen. Rund 170000 künstliche Knie setzten Chirurgen 2021 in Deutschland ein. Den Patienten bringen die Endoprothesen (Endo ist griechisch und bedeutet innen) Mobilität zurück. Doch 20 Prozent der Operierten sind mit dem Ergebnis unzufrieden. Sie klagen über Schmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit oder ein Fremdkörpergefühl. Moderne Technologie soll das verbessern. „Das robotische System erfasst die Knie mit all ihren individuellen Besonderheiten und ermöglicht, die Planung millimetergenau umzusetzen“, sagt Orthopäde Reichel.

Bislang richteten Chirurgen bei einer Knieersatz-OP das Bein gerade aus. Doch allzu oft sind Menschen von schiefer Gestalt. Ein belgischer

**Herzstück des Roboters** Die Hochgeschwindigkeitsfräse ist ausgestattet mit blauen Trackern. Über diese ist sie mit dem Computer verbunden

**Oben rechts: Planungszentrale** Eine Infrarotkamera und eine Konsole verarbeiten die Daten, die während der Operation erhoben werden. Auf dem Monitor verfolgt der Arzt die einzelnen OP-Phasen. Hier fräst er gerade den beschädigten Knorpel und Knochen ab

Forscher erstellte Ganzbein-Röntgenaufnahmen von gesunden jugendlichen Kinogängern und fand heraus: Ein Drittel der Männer und 20 Prozent der Frauen haben O-Beine. „Wenn wir solche Beine dem Lehrbuch entsprechend gerade machen, verlieren die Bänder, die das Gelenk führen und Stabilität geben, ihre natürliche Spannung“, erläutert Reichel. „Der Patient hat das Gefühl: Das ist nicht mein Knie.“ Chirurgen bemühen sich daher, die naturgegebene Normabweichung nachzubilden. „Stellt man eine individuelle, nicht gerade Beinachse händisch ein, ist das weniger genau“, sagt Reichel. „Mit einem robotischen Assistenzsystem können wir Abweichungen präzise planen und das Ergebnis während der Operation kontrollieren.“ Der Gelenkersatz entspricht dann so weit wie möglich dem einst gesunden Knie. „Das merkt der Patient und mindert womöglich die Probleme“, meint Reichel.

Unter den Laken im Ulmer OP-Saal liegt an diesem Morgen Johannes Römer im tiefen Propofol-Schlaf. Der 62-Jährige hatte zeitlebens leichte X-Beine. Schon lange bereitet das linke Knie Probleme, seit rund zehn Jahren massiv. Von

Fotos: Annette Cardinale für FOCUS-Gesundheit

einem Gelenkersatz riet der behandelnde Arzt damals noch ab, die konservativen Behandlungsmöglichkeiten seien noch nicht ausgeschöpft. Mit Physiotherapie und konsequentem Training stärkte der Geschäftsmann die Muskulatur ums Knie und rettete sich über die Zeit. Jetzt ist der Knorpel an der Gelenkaußenseite – dort, wo die Hauptbelastung beim Gehen, Laufen und Springen abgefedert wird – vollständig abgewetzt, der Meniskus so gut wie nicht mehr vorhanden. Knochen reibt auf Knochen. Die Gelenkschleimhaut ist chronisch entzündet und geschwollen, am Knochen sind überall kleine Fortsätze gewachsen, was die Beweglichkeit des Gelenks eingeschränkt. Der Patient kann das Bein nicht mehr vollständig strecken, inzwischen leidet auch die Hüfte. „Beim Stehen und Gehen tut das Knie weh, im Sitzen beschwert sich die Hüfte, selbst liegend habe ich Schmerzen. So geht das nicht weiter“, entschied der sportliche Mann. Am Tag vor der OP hat er erfahren, dass ein Roboter den Eingriff unterstützen wird. „Faszinierend“, ist sein Kommentar.

### Planung in Echtzeit und millimetergenaue Präzision

Die technologische Innovation selbst sieht jedoch unscheinbar aus: eine Metallleiste mit der Tracking-Kamera, ein 24-Zoll-Monitor, eine Konsole, ein Tablet. Das ist die Planungszentrale. Herzstück des Systems ist eine robotisch gesteuerte Handfräse, die an ein Gaming-Utensil erinnert. Hauptoperateur Reichel füttert den Computer mit Daten: Dafür fährt der Arzt mit einem Stift über die Gelenkflächen an Oberschenkel und Schienbein, beugt und streckt das Bein, misst den Gelenkspalt, prüft die Spannung der Seitenbänder. Tracker am Knie des Patienten reflektieren die Infrarotsignale der Kamera. Aus den Informationen erstellt der Computer ein virtuelles dreidimensionales Modell des Gelenks, vergleicht es mit Tausenden Knieaufnahmen in einer Datenbank und wirft innerhalb von Sekunden den Implantationsplan aus. „Die intraoperative Vermessung bringt den entscheidenden Vorteil“, betont Reichel. „Nur so sehe ich, wie sich das Knie bewegt und wie sich die Positionierung des Implantats auf die Bänder auswirkt.“

Die exakte Umsetzung des Plans garantiert die robotische Fräse. Auch sie ist über Tracker mit dem Computer verbunden und trägt auf einen

### Den OP-Erfolg positiv beeinflussen

Patienten können etwas tun, damit sie schnell wieder auf die Beine kommen und das Implantat gut einheilt

#### Vor dem Eingriff

**Aktiv bleiben:** Wird das Gelenk trotz Arthrose viel bewegt, funktioniert auch die Prothese besser.

**Stoffwechselerkrankungen behandeln:** Diabetes muss gut eingestellt, starkes Übergewicht vor der OP reduziert sein.

**Rauchen aufgeben:** Ein bis zwei Monate vor der OP auf Nikotin verzichten. Das senkt das Risiko für Wundheilungsstörungen.

**Infektionsquellen ausschalten:** Entzündungen an den Zähnen oder der Blase sowie durch Wunden oder Fußpilz können zu Infektionen am Implantat führen.

**Auf die Situation danach vorbereiten:** Das Gehen an Krücken trainieren. Die Wohnung von Stolperfallen befreien. Unterstützung für den Alltag organisieren.

#### Nach der Implantation

**Richtig bewegen lernen:** Eine dreiwöchige Reha schließt sich am besten unmittelbar an den Klinikaufenthalt an. Auch nach der Reha ist Physiotherapie nötig.

**Langsam angehen:** Der Heilungsprozess braucht Zeit, mindestens drei Monate. Wer zu früh zu viel will, provoziert Komplikationen und Schmerzen. Aktiv bleiben, aber Pausen einlegen.

**Gelenkschonende Sportarten wählen:** Radfahren, Golfen, Walking, Skilanglauf, Wassergymnastik, moderates Krafttraining.

**Aufs Gewicht achten:** Zu viele Kilos belasten das künstliche Gelenk, es kann sich rascher lockern.

**Bei andauernden Schmerzen zum Arzt:** Eine Infektion könnte die Ursache sein. Die Klinik konsultieren.

**20 %**  
der Patienten sind unzufrieden mit dem Kniegelenk-Ersatz

Quelle: Deutsche Gesellschaft für Endoprothetik

Zehntelmillimeter genau die berechneten Gelenkoberflächen ab. Im nächsten Operationsschritt passt Reichel das Probeimplantat an. Wieder bewegt er das Gelenk, spannt die Bänder auf und verfolgt währenddessen die Diagramme auf dem Computermonitor. Die zeigen: Das Bein hat – wie beabsichtigt – eine leichte X-Form, es lässt sich vollständig beugen und strecken, die Spannung der Bänder ist weder zu fest noch zu locker und vor allem symmetrisch. „Ein gutes Ergebnis“, findet der Chirurg und entfernt die Tracker. Dr. Robot hat Feierabend. Das Einsetzen der endgültigen Prothese ist dann reines Handwerk. Reichel bestreicht die Metallteile mit grünem Knochenzement und verankert die Titanplatte auf dem Schienbeinknochen. Darauf kommt als Gleitfläche ein dünnes, weißes Kunststoffkissen aus Polyethylen. Das Ende des Oberschenkelknochens ►

wird schließlich mit einer Metallkappe aus Kobalt-Chrom-Legierung überkront, welche den unteren Teil der Prothese abrollt und so die Kniebewegung ermöglicht. Nach zehn Minuten ist die Endoprothese an ihrem Platz. Beide Operateure vernähen die Wunde. Bei den letzten Stichen rekelst sich der Patient bereits, er wacht langsam auf. Vier Stunden später wird er im Krankenzimmer die ersten Schritte mit seinem neuen Knie gehen.

**Ausschlaggebend ist die Erfahrung des Operateurs**

„Die robotischen Systeme werden in die OP-Säle einziehen“, ist Orthopäde Reichel überzeugt. Seit gut drei Jahren arbeitet der Ulmer Mediziner mit Roboter, knapp 400 Knie-Endoprothesen hat er so inzwischen eingesetzt. Noch verfügen wenige Kliniken über die Technologie. Laut einer Untersuchung der Universitätsklinik Würzburg sind in den vergangenen zehn Jahren rund 0,5 Prozent der Operationen für Totalendoprothesen des Knies mit einem Roboter durchgeführt worden. Seit 2018 nimmt die Rate rasant zu – um 80 Prozent pro Jahr. Etliche Studien bestätigen die höhere Präzision der Operationsergebnisse. Entscheidend allerdings bleibt das Können des Chirurgen. „Ein Roboter macht aus einem schlechten Operateur nicht automatisch einen guten“, betont Tobias Renkawitz, Vizepräsident des Berufsverbands für Orthopädie und Unfallchirurgie (BVOU) und Ärztlicher Direktor an der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg. „Computer-assistierte Operationsverfahren sind ‚Enabler‘, Ermöglicher.“ Auf die klassische Planung anhand von Röntgenbildern könne nicht verzichtet werden. Der Arzt legt sowohl das Ziel des Eingriffs als auch die Operationstechnik fest und muss dies auch ohne Computerunterstützung umsetzen können. „Wählt ein Chirurg die falsche Ausrichtung des Kunstgelenks, operiert er mit dem Roboter präzise schlecht“, sagt Renkawitz. „In Verbindung mit menschlicher Expertise und Erfahrung ermöglichen die Geräte allerdings hohe Präzision und Verlässlichkeit.“

Für den Patienten sind daher bei der Wahl der Klinik nach wie vor Eingriffszahlen und Zertifikate der Zentren aussagekräftiger als das Vorhandensein eines Roboters. Daten belegen: Je häufiger eine Klinik den Eingriff durchführt, desto

**Vier Stunden nach der OP** Vorsichtig belastet Patient Johannes Römer das frisch operierte Bein. Angeleitet von einem Physiotherapeuten wagt er die ersten Schritte



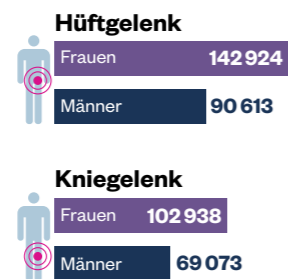
geringer ist die Revisionsrate, das heißt, desto seltener muss das Kunstgelenk ausgetauscht werden. Orientierung bei der Kliniksuche bieten die FOCUS-Empfehlungslisten (siehe Seite 94 und 122 sowie focus-arztsuche.de). Bei der Recherche der empfehlenswerten Einrichtungen und Experten wurden alle relevanten, öffentlich zugänglichen Kennzahlen von Operateuren und Kliniken berücksichtigt. Das Prüfsiegel EndoCert der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (endocert.de) verlangt von zertifizierten Kliniken mindestens 100 Eingriffe pro Jahr. Über die Qualität der Prothesen wacht seit 2010 das Endoprothesenregister. In das Register fließen Detailergebnisse von zigttausend Operationen ein, die Jahresberichte sind im Internet veröffentlicht (eprd.de).

**Chancen für die künstliche Hüfte**

Navigation und Robotik kommen in Deutschland derzeit nahezu ausschließlich beim Implantieren künstlicher Kniegelenke zum Einsatz, da das Knie im Vergleich zur Hüfte das komplexere Gelenk ist. Dennoch könnte die Technologie auch in der Hüftendoprothetik Vorteile bringen. Hier gilt die Luxation als meistgefürchtete Komplikation. Die Komponenten der Prothese schlagen dabei

**Neue Hüfte, neues Knie**

**Zahl der implantierten Endoprothesen in Deutschland 2021**



Quelle: Destatis, 2023



»»  
Das robotische System bringt das letzte Quäntchen Präzision. Und das macht dann den Unterschied

««  
Prof. Heiko Reichel,  
Ärztlicher Direktor der  
Orthopädischen  
Universitätsklinik Ulm

**Erfahrener Operateur**  
Orthopäde Heiko Reichel setzt seit drei Jahren bei bestimmten Eingriffen einen Roboter ein. Knapp 400 Knie hat er seither computerunterstützt operiert. Rund 4000 künstliche Kniegelenke implantierte er im Lauf seines Berufslebens

so aufeinander, dass der Hüftkopf aus der Pfanne springt. Die Betroffenen können schlagartig nicht mehr laufen und verspüren extreme Schmerzen. Laut Registerdaten ist das Ausrenken in 13 Prozent der Fälle der Grund für eine Revisions-OP. „Das Risiko ist zu hoch“, sagt BVOU-Vize Renkawitz. „Mit einer stärker individualisierten Operationstechnik könnten wir die Komplikationsrate wahrscheinlich senken.“ Computerunterstützt ließe sich während der Operation simulieren, wie sich die Platzierung von Schaft und Pfanne auf den Bewegungsradius des Hüftgelenks auswirkt. Je nach Sitz des Schafts im Oberschenkelknochen könnte der Chirurg die Öffnung der Pfanne noch während des Eingriffs variieren und der Computer in Echtzeit errechnen, welcher Bewegungsradius in welcher Konstellation möglich ist. Bei Patienten mit Versteifungen an der Wirbelsäule zum Beispiel sollten die Implantate idealerweise

abweichend von der Norm positioniert werden. „Hightech-Verfahren ermöglichen uns, solche patientenindividuellen Anforderungen in der Operation präzise umzusetzen“, sagt Renkawitz. „Darin liegt das Potenzial der Systeme – auch im Hinblick auf den Hüftersatz.“

Zwei Wochen nach seiner Operation lernt Johannes Römer in der Reha sein Knie zu strecken. „Physisch ist das möglich, aber mein Kopf weiß es noch nicht“, sagt er. Korrektes Laufen bleibt erst mal eine Frage der Konzentration. Allerdings registriert der 62-Jährige Tag für Tag Fortschritte. In vier Wochen soll es zum Urlaub nach London gehen – selbstverständlich mit Sightseeing. ■

SUSANNE WITTLICH

Von FOCUS-Gesundheit recherchierte Top-Ärzte und Kliniken für Hüft- und Kniechirurgie finden Sie ab Seite 94 und 122.