

# Ein Fall für Carlo

Basler Forscher haben einen Roboter entwickelt, der komplett neue medizinische Eingriffe ermöglicht

Martina Frei

Der einarmige Carlo schneidet Knochen wie kein zweiter: Zickzackmuster oder Wellenlinien fräst dieser Roboter selbstständig mit seinem Laserstrahl in den Knochen. Seine Schnitte sind nur 0,2 Millimeter dünn, viel feiner als jeder Knochensägeschnitt. Was Carlo tun soll, bestimmt der Chirurg, danach arbeitet die Maschine allein. Carlo steht für Computer-Assisted, Robot-Guided Laser Osteotome, also ein Laser-Knochenschneider, der von einem Roboter geführt und von einem Computer dirigiert wird.

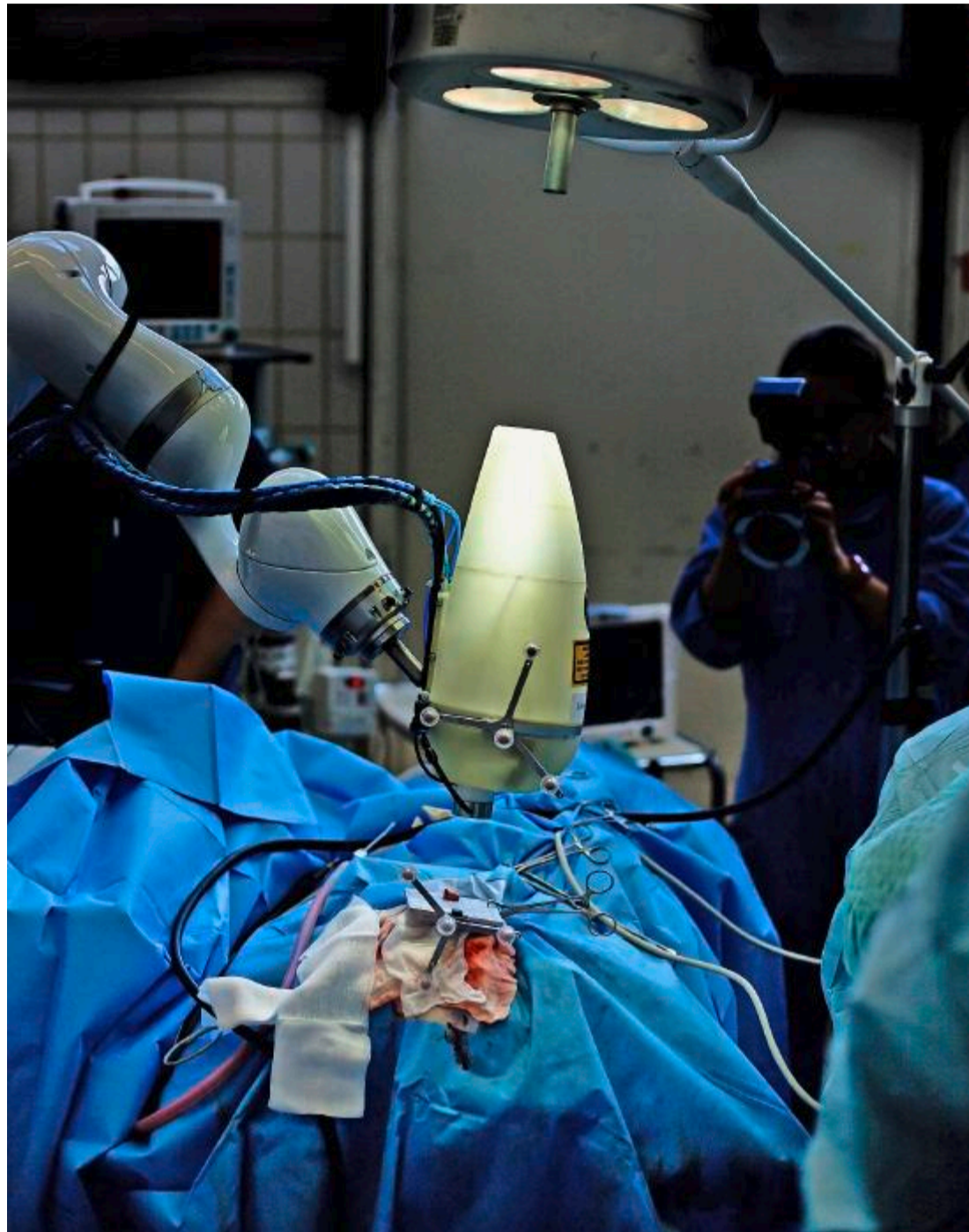
Das Besondere: Anders als eine Säge erhitzt Carlo das Gewebe nicht, und der Roboter kann regulieren, wie tief und wie breit er schneidet. «Nach dem Laserschnitt heilt das Gewebe schneller als nach Schnitten mit der Säge», sagt Hans-Florian Zeilhofer, Chefarzt der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Basler Universitätsspital. Er hat Carlo mitentwickelt. Mit diesem Roboter werden ganz neue Operationen möglich, ist Zeilhofer überzeugt. Ein Rundgang durch seine Labors vermittelt eine Ahnung davon, wie Chirurgen in Zukunft arbeiten werden.

## Selbst der Laie sieht, wo sich ein Tumor im Kopf ausbreitet

In einer komplizierten Operation bei einem Kind, dessen Schädelknochen fehlgebildet sind, wird Zeilhofer den Roboter erstmals einsetzen: Während er selbst an dem kleinen Patienten operiert, schneidet Carlo den Schädelknochen so, wie der Chirurg es wünscht. «Das verkürzt die Operationsdauer um eine Stunde», sagt Zeilhofer, der nicht nur Kieferchirurg ist, sondern auch Erfinder, Wissenschaftler und Unternehmer.

Und Zeilhofer denkt längst weiter: Zum Beispiel könnte Carlo bei einer Herzoperation das Brustbein so durchtrennen, dass sich die beiden Teile nach dem Eingriff gut ineinander verzahnen und der Patient weniger Schmerzen beim Atmen hat. Oder an der Schulter Eingriffe ermöglichen, die heute nicht machbar sind.

Doch Carlo lasert nicht nur, er räumt auch ab: 2010 gewann der Roboter den Venture-Kick-Innovationspreis, 2014 den mit 100 000 Franken dotierten Pionierpreis des Technoparks Zürich und der ZKB und im September 2015 den CTI Swiss Medtech Award der Kommission für Technologie und Innovation. Nächstes Jahr soll der Roboter marktreif sein.



OP, von einem Roboter durchgeführt, von einem Computer dirigiert: 0,2 Millimeter dünne Schnitte

Damit Carlo weiss, wo er schneidet, muss er sich räumlich orientieren können wie ein Chirurg. Dabei hilft ihm ein virtuelles 3-D-Planungssystem, das aus allen Aufnahmen vom Patienten ein dreidimensional wirkendes Bild zusammensetzt. «MRI, Computertomogramm, Gefässdarstellungen – all diese Informationen fließen in das 3-D-Bild ein», sagt Zeilhofer. Schliesslich bekommt jedes Gewebe eine eigene Farbe zugewiesen. So sieht selbst ein Laie, wo sich etwa ein Tumor im Kopf ausbreitet.

Der Chirurg kann so vor komplexen Eingriffen virtuell erproben, wie er am besten vorgeht. «Mit dem 3-D-Bild kann man sich sehr genau darauf einstellen, wo es kritisch wird bei der Operation.

Ohne diese Technik würde ich mich an manche Eingriffe nicht heranwagen», sagt Zeilhofer.

Ein Skistock, der im Kopf steckt, ein Tumor, der sich in der Augenhöhle ausbreitet, oder eine Gefässmissbildung nahe am Gehirn – gerade am Kopf liegen auf engstem Raum viele verletzliche Strukturen. Erschwerend komme hinzu, dass Patienten mit Tumoren im Gesicht oft erst spät den Arzt aufsuchen würden, wenn sich der Krebs bereits weit ausgebreitet habe, sagt Zeilhofer. Ein Problem aber ist damit nicht beseitigt: «Bis zum Operationssaal hat der Operateur manche Details wieder vergessen.»

Deshalb tüftelte das Basler Team weiter. Das Resultat führt

ein Mitarbeiter im Nachbarlabor vor: Hier stehen eine Kamera und ein Plastikschädel, der mit vier Kügelchen markiert ist. Sie dienen der Kamera-Software als Orientierung. Plastisch und farbig ist auf einem Bildschirm der Schädel mit seinem Inhalt zu sehen. Hält der Chirurg nun sein Instrument – ebenfalls mit einem Kügelchen versehen – an irgendeine Stelle am Kopf des Patienten, sieht er auf dem Bildschirm nicht nur, wo es sich am Kopf befindet, sondern auch, ob er im Begriff ist, darunter verborgene Gefässe oder Nerven zu durchtrennen. «Das ist wie ein GPS. Ich kann den Weg mitverfolgen», sagt Zeilhofer. Wird so am Ende bald jeder Laie operieren können, Herr Zeilhofer? So krass

würde er es nicht formulieren, sagt der 63-Jährige, «aber die individuelle Lernkurve wird abgekürzt».

Ein 3-D-System hat Zeilhofers Team auch für Zahnärzte entwickelt. Dabei führen eine Minikamera auf dem Bohrer und ein Tablet mit den Röntgenaufnahmen ihre Informationen zusammen – und der Zahnarzt sieht ad hoc, wie er das Implantat am besten setzt. Im November hat diese «Denacam» den Swiss Technology Award gewonnen. «Als wir es planten, haben die Firmen abgewunken», erinnert sich Zeilhofer. «Jetzt, wo es fertig ist, ist ein grosser Implantat-Hersteller eingestiegen.»

## Sein Bohrer kostet nur 500 Franken statt 500 000

Zeilhofers Team ist nicht das einzige, das solche Geräte entwickelt. Im Unterschied zu anderen versuchen die Basler Tüftler aber auch, möglichst preiswerte Geräte zu erfinden. So hilft beispielsweise ein billiger Sensor aus dem Handy im Operationssaal. Das Basler Team um Philippe Cattin hat ihn in einen chirurgischen Schraubendreher eingebaut, das dem korrekten Platzieren von Wirbelsäulenschrauben dient. Setzt der Operateur den Bohrer an, zeigt der Sensor an, ob das Werkzeug richtig positioniert ist. Rund 500 Franken koste der Schrauber, sagt Zeilhofer. Im Vergleich zu den auf dem Markt erhältlichen 500 000 Franken teuren Geräten erreiche er eine Genauigkeit von 95 Prozent.

«Für die Industrie ist es ein Problem, wenn es günstig ist», sagt Zeilhofer. Mehr als einmal habe er es erlebt, dass Firmen Patente nur deshalb kauften, um sie in der Schublade verschwinden zu lassen und weiter teure Geräte verkaufen zu können. «Ausserdem favorisiert die Industrie Geräte zum Einmalgebrauch. Aber es gibt keinen Grund, diese Bohrer nicht mehrfach zu verwenden.»

Um auch solche Ideen zur Marktreife zu führen, hat Zeilhofer zusammen mit zwei Kollegen letztes Jahr die Investmentfirma MTIP gegründet, die mit Geld, Know-how und Beziehungen helfen will, medizinische Innovationen auf den Markt zu bringen. Wie oft er schon Lehrgeld bezahlt habe und die innovativsten Ideen und Prototypen von der Industrie nicht berücksichtigt worden seien, «darüber könnte ich abendfüllend erzählen», sagt Zeilhofer. Das soll ihm dank MTIP nicht nochmals passieren. Und jüngeren Kollegen auch nicht.

## Dr. med. Online

### Gibt es noch eine Polio-Impfung?

Ich wollte kürzlich bei meinem Hausarzt die Polio-Impfung auffrischen. Da hat es geheissen, diese werde nicht mehr durchgeführt. Da ich eine ältere Bekannte habe, die an Polio im Kindesalter erkrankt ist, schütze ich mich nach Möglichkeit alle zehn Jahre mit einer Impfung. Was ist heute der medizinische Stand betreffend Polio?

Herr M.C., 45 Jahre

Selbstverständlich wird die Polio-myelitis-Impfung noch durchge-

führt. Die Grundimmunisierung erfolgt durch drei Spritzen beim Säugling im Alter von zwei, vier und sechs Monaten. Es folgen eine weitere Spritze mit 15 bis 24 Monaten und eine Spritze zwischen vier und sieben Jahren (insgesamt also fünf Spritzen). Natürlich kann diese Grundimmunisierung auch später noch nachgeholt werden. Bei uns ist für Erwachsene dann aber eine Auffrischimpfung (alle zehn Jahre) nur noch nötig, wenn die betreffenden Personen in Risikogebiete reisen. Wenn Sie also nicht planen, in ein solches Risikogebiet zu reisen, dann ist auch keine Auffrischimpfung nötig. Das hat Ihr Hausarzt wahrscheinlich gemeint. Was sich geändert hat: Im

Gegensatz zu früher werden heute gegen Polio keine Schluckimpfungen mehr durchgeführt, sondern nur noch Spritzimpfungen – das ist allerdings schon seit geraumer Zeit so.

### Gentest für Zystische Fibrose

Bei unserem sieben Monate alten Sohn wurde der Verdacht auf eine Zystische Fibrose geäussert. Kann man diese Erbkrankheit auch molekular-genetisch im Blut feststellen, oder ist immer zuerst ein Schweisstest nötig?

Herr R.H., 35 Jahre

Beim sogenannten Schweisstest wird die Chlorid-Konzentration im Schweiß gemessen. Sie ist bei der Zystischen Fibrose (CF) – aufgrund einer Funktionsstörung des Chloridkanals in der Zellmembran der Schweißdrüsen – typischerweise erhöht. Der Test steht in der Abklärung bei Verdacht auf CF immer noch an erster Stelle. Er ist zuverlässig, breit verfügbar und kosteneffizient.

Im Grunde kann die Diagnose CF gestellt werden, wenn entweder mindestens ein typisches Symptom vorliegt, ein Geschwister an CF erkrankt ist oder ein auffälliger Screening-Test beim Neugeborenen vorliegt und wenn gleichzeitig die Funktionsstörung des Chloridkanals nachgewiesen ist.

Letzteres kann entweder mit dem Schweisstest geschehen oder mit dem Nachweis von genetischen Mutationen im Gen, das die Bauleitung für den Chloridkanal kodiert. Es gibt allerdings sehr viele mögliche Mutationen im Gen des Chloridkanals, dementsprechend ist auch die Ausprägung und der Verlauf der Erkrankung sehr unterschiedlich – es gibt ganz milde Formen bis hin zu sehr schweren Verläufen. Eine genetische Analyse ist möglich, aber auch sehr aufwendig. Wir wissen nun nicht, worauf der Verdacht auf CF bei Ihrem Sohn sich begründet. Am besten besprechen Sie die Situation mit dem Arzt, der den Verdacht geäussert hat.

Dr. med. Jacqueline Buser ist Ärztin am Universitätsspital Zürich



Die Fragen und Antworten stammen im Original von der medizinischen Onlineberatung des Universitätsspitals Zürich ([www.onlineberatung.usz.ch](http://www.onlineberatung.usz.ch)) und wurden redaktionell bearbeitet.