

Navigationssystem für den OP der Zukunft

30

forum Weitblick

Stefanie Speidel ist Professorin für »Translationale Chirurgische Onkologie« am Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen Dresden. Im Rahmen des Forschungsclusters »Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop« entwickelt sie Assistenzsysteme, die Chirurgen sicher zum Tumor führen sollen. forum sprach mit ihr über ihre Arbeit, den Stand der Forschung und zukünftige Aufgaben. ▶

Wie funktioniert Ihr »Navigationssystem« für die Chirurgie?

Heute bereiten sich Chirurginnen und Chirurgen auf die OP vor, indem sie vorhandenes Bildmaterial auswerten und sich ein mentales Modell von der Lage des Tumors machen. Interoperativ ist jedoch nur die Oberfläche des betroffenen Organs zu sehen, nicht der Tumor darin. An dieser Stelle versuchen wir, mit Methoden aus der Informatik zu unterstützen und die Lage des Tumors anzuzeigen. Dazu wird zunächst ein dreidimensionales Modell aus präoperativen Daten erzeugt.

Dieses wird der Chirurgin bzw. dem Chirurgen angezeigt. Es soll jedoch nicht nur eine statische Abbildung sein, sondern sich anhand von während der OP gewonnenen Daten in Echtzeit an die realen Gegebenheiten anpassen. Damit lassen sich dann sehr genau Gefäße darstellen, die nicht verletzt werden dürfen.

Kontextbezogen kommen weitere Informationen hinzu. Greift der Operierende beispielsweise zu einem scharfen Instrument, erkennt das System die Absicht, weiter zum Tumor vorzudringen, und zeigt zusätzlich die optimale Schnittführung und die genaue Lage des Tumors an.

Was sind die technischen Herausforderungen dabei?

Es gibt viele Herausforderungen. Schwierig ist die Entwicklung solcher Navigationssysteme für Weichgewebe, wie sie etwa im Bauchraum vorliegen. Denn durch Atmung, Herzschlag oder die Berührung mit medizinischen Instrumenten kann sich die Lage und Form von Geweben und Organen ständig verändern. Diese Veränderungen müssen die Forschenden in Echtzeit analysieren und abbilden. Wir kombinieren dazu Bild- und Sensordaten mit biomechanischen Modellen und entwickeln neue Programme, die aus diesen Informationen Oberflächenveränderungen unmittelbar berechnen können.

Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz modellieren wir Organverhalten und simulieren Weichteilgewebedeformationen an unterschiedlichen Organen. Dazu brauchen wir große Datenmengen, die wir »synthetisch« mittels Simulationen generieren. Wir können ja Patientinnen und Patienten im OP nicht zu Versuchskaninchen machen. Anhand von Experimenten versuchen wir anschließend zu prüfen, ob diese Daten auch tatsächlich die Realität abbilden. Wir brauchen nicht irgendwelche, sondern kategorisierte und strukturierte Daten. Wenn der Computer zum Beispiel in einem Endoskop-Video erkennen will, wo sich ein Tumor befindet, dann braucht er ganz viele Beispiele, wie so ein Tumor aussieht. Dafür muss sich ein Experte hinsetzen und unzählige Fallbeispiele markieren: »Das ist ein Tumor / das ist kein Tumor«. Wir stehen letztendlich vor den gleichen Problemen wie die Anwenderinnen und Anwender maschinellen Lernens in anderen Bereichen auch: Wir benötigen eine Unmenge an verifizierten Daten, mit denen wir die KI füttern müssen. Eine Besonderheit im medizinischen Sektor allgemein und in der Chirurgie im Speziellen ist es, dass man eigentlich nie genug Daten hat. Wir versuchen das zu umgehen, indem wir synthetische Daten erzeugen.



Prof. Dr. Stefanie Speidel

Braucht man diese enorme Datenmenge für jedes Organ von Neuem?

Nein, der Vorteil ist, dass wir organähnliche Strukturen simulieren und gar nicht speziell eine Leber oder eine Prostata. Wir haben also schon ein Grundmodell, das dann jeweils mit Daten von echten Patientinnen und Patienten verfeinert wird. Die Gewebestrukturen verhalten sich ähnlich, weil es sich jedes Mal um Weichgewebe handelt.

Wie weit ist Ihre Technologie von einer Anwendung in der Praxis entfernt?

Erste Pilotversuche stehen kurz bevor. Wir überführen unsere Methodik in ein System, das in Echtzeit im OP evaluiert werden kann. Wir arbeiten viel mit viszeral-chirurgischen Anwendungen, insbesondere mit der Leber. Die Methodik lässt sich aber auf unterschiedliche Bereiche anwenden. Wir kooperieren zum Beispiel eng mit der Urologie oder arbeiten im Bereich der Rektumresektion, der Entfernung des Enddarms aufgrund von Rektumkarzinomen.

Wie lange wird es dauern, bis Patientinnen und Patienten wie selbstverständlich mit Ihrer Methodik operiert werden können?

Bevor eine Technologie im OP an den Erkrankten eingesetzt wird, müssen vielfältige regulatorische Rahmenbedingungen erfüllt werden. Wir in der Forschung sind ja gar nicht dazu in der Lage, ein fertiges Medizinprodukt herzustellen. Wir können es bis zum Prototypen entwickeln und in einer klinischen Studie testen. Um daraus ein Produkt zu machen, braucht man geeignete und interessierte Unternehmen. Vom Prototypen bis zu einem am Markt zugelassenen Produkt kann es schnell noch einmal zehn Jahre dauern. Es gibt schon jetzt Interessenten aus der Industrie und auch konkrete Industriepartner, die bereits im Projekt mitarbeiten. Die haben ein Interesse daran, die neuesten Methoden einzusetzen.

Doch bis zum Prototypen ist noch viel Grundlagenforschung notwendig. Im Bereich der Auswertung medizinischer Bilder mittels künstlicher Intelligenz gibt es erste Erfolgsgeschichten. Die KI entdeckt Tumore oder kann Muttermale klassifizieren. Bei uns sind die Anforderungen aber viel komplexer. Wir haben nicht nur einzelne Bilder, die wir analysieren müssen, sondern Videos und Sensordaten aus stundenlangen OPs. Deshalb müssen noch viele Fragestellungen gelöst werden, bevor wir hier einen Prototyp stehen haben.


Auf welche Art und Weise profitiert Ihre Arbeit von der Kooperation im Dresdner Exzellenzcluster CeTI?

Ganz klar, die besondere Förderung des Clusters sorgt für eine bessere finanzielle, personelle und apparative Ausstattung. Darüber hinaus profitieren mein Team und ich auch von der Interdisziplinarität des Konsortiums. So gibt es im Cluster Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die entwickeln neue Sensoren und Datenhandschuhe oder arbeiten an neuen Kommunikationsnetzen. Schnelle Datennetze sind für robotergestützte Chirurgie essentiell, vor allem, wenn man auf längere Distanzen operieren will.

Mit den Maschinenbauern und dem technischen Design haben wir ein neues Instrument entwickelt, das haptisches Feedback gibt. So ein Berührungserlebnis kann Kräfte, Vibrationen oder Bewegungen auf den Benutzer ausüben. Psychologen wiederum kooperieren im Bereich

des sensorgestützten Trainings chirurgischer Fähigkeiten. Sie schauen von der lernpsychologischen Perspektive und stellen sich die Frage: Wie kann man Feedback geben, so dass sich die Lernkurve verbessert?

Wie ist die Akzeptanz für ihre Arbeiten in der breiten Öffentlichkeit?

Da Vorurteile meist auf fehlendem Wissen beruhen, suchen wir die Öffentlichkeit und informieren auf vielfältige Art und Weise über unsere Arbeit. Für meine speziellen Themen erlebe ich keine Technikskepsis, sondern großes Interesse und Offenheit. Wir versuchen ja nicht, den Chirurgen zu ersetzen. Wir quantifizieren die Expertise, die gute Chirurginnen und Chirurgen haben, und übertragen sie auf den Roboter, damit der in Symbiose mit dem Menschen arbeiten kann. Bei bestimmten Tätigkeiten kann der Roboter gut helfen, andere Dinge kann der Mensch besser. Wichtig ist doch, dass den Patientinnen und Patienten optimal geholfen werden kann. Dieses Ziel ist und bleibt die zentrale Motivation für unsere Arbeit. 

Das Interview führte Markus Horn, Online-Redakteur der Gemeinschaft der Medizinischen Dienste.

Das »Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop« (CeTI) ist eines von drei Exzellenzclustern an der Technischen Universität Dresden. CeTI steht für die Erforschung von Mensch-Maschine-Interaktion, in der Menschen in Echtzeit mit vernetzten automatisierten Systemen in der realen oder virtuellen Welt zusammenarbeiten. Dazu kooperieren Ingenieurwissenschaften, Medizin und Psychologie in fächerübergreifenden Projekten miteinander.