

Roboterarm mit Feingefühl

Beim Autobau sind Roboter gang und gäbe. Die dumpf brummenden Diener aus Stahl und Aluminium schweißen blitzend Metall, packen Türbleche, wuchten ganze Karosserie-Skelette durch Fabrikhallen. Jetzt steht den robusten Assistenten eine neue, ungewöhnliche Aufgabe bevor: Von 2007 an werden sie mit bislang unerreichtem Feingefühl und enormer Flexibilität Patienten positionieren – höchster Komfort für Patienten und klinisches Personal.

Von Tim Schröder

Die Roboter sind Teil des neuen Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum. Hier kommt es auf höchste Präzision an. Schließlich muss der Partikelstrahl aus Kohlenstoff-Ionen oder Protonen millimetergenau den Tumor treffen, damit benachbartes Gewebe optimal geschont wird.

Wann immer der Patient exakt positioniert werden muss, kommt künftig der Roboter zum Einsatz: bei der Behandlungsplanung, der Positionierungsverifikation und anschließend während der Bestrahlung. Dazu hebt der Roboter die Patientenlagerungsplatte von unten an und führt sie automatisch in die richtige Position. Der große Vorteil besteht in der Flexibilität des Lastarms, der sechs Freiheitsgrade besitzt. Der Arm lässt sich somit nicht nur auf und ab, vor und zurück, sondern

auch von links nach rechts wie eine gewöhnliche Trage bewegen. Wie bei den Robotern in der Fabrik sind zudem Drehbewegungen möglich. Auf diese Weise lässt sich der Patient sanft so vor der Bestrahlungseinheit positionieren, dass der Partikelstrahl das Zielgewebe im geplanten Eintrittswinkel mit höchster Genauigkeit erreicht.

Siemens Medical Solutions hat sich für die KUKA Roboter GmbH als Partner entschieden und entwickelt nun die neue, hochpräzise Positionierungs- und Verifizierungsmaschine. Die Wahl fiel auf KUKA Roboter, da das Augsburger Unternehmen seit langem in der Automobilindustrie etabliert ist. Es stellt fünf Roboter-Basismodelle her, von denen eines nach den Spezifikationen von Siemens für die Anwendung in der Partikeltherapie maß-

geschneidert wurde. In Heidelberg kommt ein 1.200 Kilogramm schweres Modell zum Einsatz, das Patienten bis zu 200 Kilogramm Körpergewicht problemlos positionieren kann.

Einzigartige Präzision

Für die Ingenieure von Siemens und KUKA Roboter bestand die Herausforderung vor allem darin, ihrem Schwergewicht die nötige Präzision beizubringen. „Dafür mussten wir eine ganze Reihe von Komponenten des Roboters anpassen“, sagt Ralph Berke, zuständig für Medizinroboter bei KUKA Roboter. Welche das im Einzelnen sind, will er nicht verraten, denn die Präzision des neuen Roboters ist bislang einzigartig. Der stählerne Arm positioniert Patienten exakter als 0,5 Millimeter. Mehr noch: In Zehntel-Millimeter-Schritten kann die Maschine anschließend die Lage korrigieren.

„Industrieroboter hingegen werden meist auf Wiederholgenauigkeit getrimmt“, sagt Berke. „Ihre Aufgabe ist es, tagein und tagaus an vielen Tausend Karosserien immer wieder dieselben Punkte zu treffen. Doch keiner von diesen erreicht eine Genauigkeit wie das Siemens-Modell, das in Heidelberg zum Einsatz kommen wird.“ Die Leistung ist beachtlich. Eine tonnenschwere Maschine fährt einen Punkt mit einer Genauigkeit von einem zehntel Millimeter an. Was das bedeutet, kann jeder erraten, der schon einmal versucht hat, sein Auto in eine enge Parklücke zu rangieren. Mit dem Roboter setzen Siemens und KUKA Roboter derzeit den Goldstandard, betont Berke.

Für gewöhnlich arbeiten Industrieroboter und Menschen durch Sicherheitszonen getrennt voneinander – insbesondere damit die Arbeiter nicht aus Unachtsamkeit von der Maschine erfasst werden. Die Situation im neuen Therapiezentrum ist gänzlich anders. Hier treffen Mensch und Maschine direkt aufeinander. Das erfordert ausgeklügelte Sicherheitssysteme. So wurde der Positionierroboter mit einer neuen Sicherheitssoftware, dem Safe Robot System, ausgestattet. Damit überwacht der Roboter vorgegebene Raumgrenzen selbstständig und löst beispielsweise eigenständig einen Notstopp-Befehl aus. Das



AUS DEM LABOR direkt ins Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum: Dank des Positionierroboters lassen sich die Patienten für die Therapie wesentlich genauer positionieren. Obere Fotos: Tests bei Siemens; unteres Foto: Installation des Systems beim Kunden.

macht das ganze System schneller – Sekundenbruchteile, die entscheidend sein können.

Mensch und Maschine

Dass Mensch und Roboter sehr gut zusammenarbeiten, zeigt KUKA Roboter seit vier Jahren mit dem Robocoaster – einer Attraktion

»Die Anlage ist wesentlich flexibler und präziser als herkömmliche Patientenpositionierische – und zudem vergleichsweise günstig.«

Dr. Thomas Haberer,
wissenschaftlich-technischer
Direktor, HIT GmbH,
Heidelberg

für Vergnügungsparks. Das Roboterkarussell wirbelt Jahrmarktbesucher durch die Luft. Ein Sicherheitssystem sorgt dafür, dass nichts passiert. Der Klinikroboter wird natürlich deutlich feinfühlicher agieren. Zu Beginn der Behandlung senkt der Roboter die Patientenlagerungsplatte ab, so dass der Patient bequem aufsteigen kann und die Immobilisierungshilfen angelegt werden können. Die exakte Fixierung des Patienten ist notwendig, um auch in der Behandlung größte Präzision zu erreichen. Nimmt die Immobilisierung des Patienten längere Zeit in Anspruch, kann ein Shuttle-System eingesetzt werden. Die Patientenlagerungsplatte befindet sich dann auf einem Wagen. Der Patient wird in einem separaten Raum immobilisiert und danach in den Behandlungsraum gefahren. Dort nimmt ihn der Roboterarm mit der Platte auf und positioniert ihn ohne Anstrengung für das klinische Personal in die gewünschte Position.

Um den Patienten exakt vor der Bestrahlungseinheit auszurichten, wird der Behandlungsraum an der Heidelberger Einrichtung zusätzlich mit einem zweiten Roboter ausgestattet sein, der an der Decke verankert ist. Dieser zweite Roboter trägt ein Röntgensystem. Ausgeklügelte Antikollisions-Systeme in der Robotersteuerung verhindern, dass die kooperierenden Maschinen kollidieren. Das Röntgensystem nimmt das Zielgewebe unmittelbar vor der Behandlung auf und vergleicht das Ergebnis mit den Bildern aus der Untersuchungsplanung.

Enorme Beweglichkeit

Bei Abweichungen errechnet der Computer einen Verschiebevektor. Nach Bestätigung durch den Onkologen richtet der Roboter den Patienten entsprechend aus und stellt die optimale Bestrahlungsposition ein. Dank seiner sechs Freiheitsgrade kann der Roboter die Patienten ausgesprochen flexibel bewegen. Mit den heutigen, in der konventionellen Strahlentherapie verwendeten Tischen ist das nicht möglich. Flexibilität zeigt der Roboter auch am Einsatzort: Neben Behandlungsräumen mit festen Strahlausgängen kann er auch in einem Behandlungsraum, in dem der Strahlausgang an einer rotierenden Gantry

fixiert ist (Strahlapplikationssystem, mit dem aus beliebigen Winkeln bestrahlt werden kann), eingesetzt werden. Darüber hinaus kann der Roboter den Patienten bei der Planungs-Computertomographie in genau dieselbe Position bringen, in der er später behandelt wird. Angesichts dieser Flexibilität und der ungeheuren Präzision ist der Positionierroboter für Dr. Thomas Haberer, wissenschaftlich-technischer Direktor der HIT (Heidelberger Ionentherapie) GmbH, ein wesentliches Ausstattungs- und Alleinstellungsmerkmal des Heidelberger Systems. „Die Anlage ist wesentlich flexibler und präziser als herkömmliche Patientenpositionierische – und zudem vergleichsweise günstig.“

Darüber hinaus kann der Roboter nicht nur eine Liege ergreifen und bewegen, sondern auch schwere Qualitätssicherungsgeräte und Verifikationstools transportieren. Mit diesen Gegenständen lässt sich der Partikelstrahl messen, überprüfen und feinjustieren. Als Verifikationstool kommt zum Beispiel ein 200 Kilogramm schweres Messbecken zum Einsatz. Der Roboter ist mit einem Adapter ausgestattet, an den sich unterschiedliches Zubehör koppeln lässt. Mit Leichtigkeit nimmt er das Messbecken auf und hebt es in die richtige Position. „Bei anderen Positionieranlagen müsste man das Gewicht zunächst mühevoll auf die Liege stemmen und in die richtige Stellung schieben“, sagt Haberer. Detailliert haben Siemens Medical Solutions und KUKA Roboter herausgearbeitet, welche Anforderungen der Einsatz in einer Partikeltherapieanlage an den Roboter stellen wird – nicht zuletzt an die Sicherheit und Patientenfreundlichkeit. Die Verbindung des medizinischen Wissens von Siemens und der Robertechnologie von KUKA Roboter hat zu dieser sinnvollen Innovation für die Partikeltherapie geführt – eine Innovation, die genaue und zeiteffiziente Behandlungen ermöglicht.

Autor: Tim Schröder ist Diplom-Biologe und war Redakteur im Wissenschaftsressort der Berliner Zeitung. Er arbeitet als freier Autor in Oldenburg und veröffentlicht regelmäßig in Fachpublikationen wie Spektrum der Wissenschaft, Max Planck Forschung und Fraunhofer Magazin.