

**3. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
17.-18. September 2001 in  
Bochum**



**„Navigiertes Robotersystem zur Unterstützung bei der  
Implantation von Hüftendoprothesen“**

Jürgen Wahrburg  
Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik / ZESS, Universität Siegen, Siegen,  
Deutschland  
E-Mail: wahrburg@zess.uni-siegen.de

Fridun Kerschbaumer  
Orthopädische Universitätsklinik Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und  
Verfahren für die Medizin  
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer  
ISBN: 3-00-008240-9  
Pages: 32-33

## Navigiertes Robotersystem zur Unterstützung bei der Implantation von Hüftendoprothesen

Jürgen Wahrburg<sup>1</sup>, Fridun Kerschbaumer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik / ZESS, Universität Siegen

<sup>2</sup>Orthopädische Universitätsklinik Frankfurt

wahrburg@zess.uni-siegen.de

### EINLEITUNG

Die Fortschritte im Bereich der computerassistierten Chirurgie führen derzeit zum wachsenden Einsatz neuer Operationsverfahren und technischer Hilfsmittel, durch die genauere und reproduzierbare Ergebnisse erzielt werden können. Dabei gehen die meisten bisher bekannten Ansätze auf technischer Seite entweder von der Verwendung eines Navigationssystems in Verbindung mit manuell geführten Instrumenten aus oder vom Einsatz eines Robotersystems. Die Registrierung des Patienten erfolgt bei den bereits klinisch eingesetzten Chirurgierobotern „Robodoc“ und „CASPAR“ durch den Roboter selbst, indem implantierte Marker mit einem am Flansch montierten Stift und einem Kraft-/Momentensensor abgetastet werden.

In diesem Beitrag wird eine integrierte Lösung beschrieben, die sowohl ein Navigations- als auch ein Robotersystem umfasst. Neben dem Konzept werden die geplanten Anwendungen des Systems im Bereich der Orthopädie vorgestellt, wobei wir uns zunächst auf das Einsetzen von Pfannen- und Schaftimplantat der Hüftendoprothese konzentrieren.

### KONZEPT DES NAVIGIERTEN ROBOTERS

Das nachfolgend vorgestellte Konzept zur roboterassistierten Operationsdurchführung ist Bestandteil unseres Projektes zur Entwicklung eines durchgängigen Systems für die computerassistierte Chirurgie, das alle wesentlichen Schritte von der präoperativen Planung bis zur intraoperativen Ausführung unterstützt. Zu den wesentlichen Zielsetzungen gehören:

- Modulare Struktur, um die Anpassung an verschiedene Aufgaben zu ermöglichen,
- Unterstützung neuer, weniger invasiver Operationstechniken,
- interaktive Bedienungsphilosophie, die dem Operateur ein hohes Mass an Eingriffs- und Kontrollmöglichkeiten bietet.

Der Einsatz eines Chirurgieroboters erfolgt dabei stets in Kombination mit einem Navigationssystem. Als Bindeglied beider Komponenten dient der in Abb. 1 dargestellte Steuerungscomputer, der auch Zugriff auf

die Ergebnisse der präoperativen Planung hat. Diese Kombination von Navigationssystem und Roboter verbindet die spezifischen Vorteile beider Komponenten miteinander. Der Taststift des Navigationssystems wird zur intraoperativen Registrierung von Punkten, Linienzügen und Oberflächen an Knochenstrukturen verwendet. Die manuelle Führung des Stiftes durch den Operateur ermöglicht eine einfache und schnelle Datenaufnahme ohne Sicherheitsrisiken und ohne die damit verbundenen aufwendigen Schutzmaßnahmen. Der Roboter hat als aktives Bewegungssystem den Vorzug, das chirurgische Werkzeug bei Ausführung der Operation reproduzierbar genau zu bewegen und es unverrückbar in der berechneten Lage zu positionieren.

Die erforderliche Transformationsmatrix zur Umrechnung der Koordinatensysteme von Navigationssystem und Roboter wird durch eine geeignete Initialisierungsroutine ermittelt und im Steuerungscomputer gespeichert.

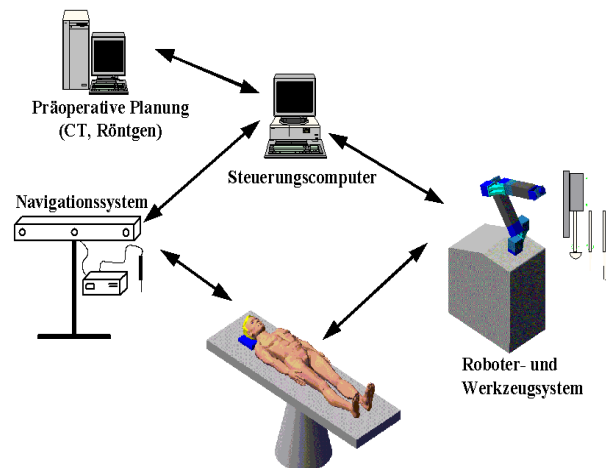


Abbildung 1: Systemkonzept

### ANWENDUNG DES SYSTEMS IN DER HÜFTENDOPROTHETIK

Als erste Anwendung für Entwicklung und Erprobung des Systems ist die Präparation der Hüftpfanne und der Einsatz des Pfannenimplantats gewählt worden. Die dazu aufgebaute Prototypkonfiguration besteht aus folgenden Komponenten: Das Navigationssystem ba-

siert auf dem Flashpoint 5000 Gerät der Fa. IGT (Image Guided Technologies), als Roboter wird zunächst aus Kostengründen das kommerzielle, 6-gelenkige Industriemodell IRB 1400 der Fa. ABB verwendet. Abb. 2 zeigt den Laboraufbau dieses Systems.

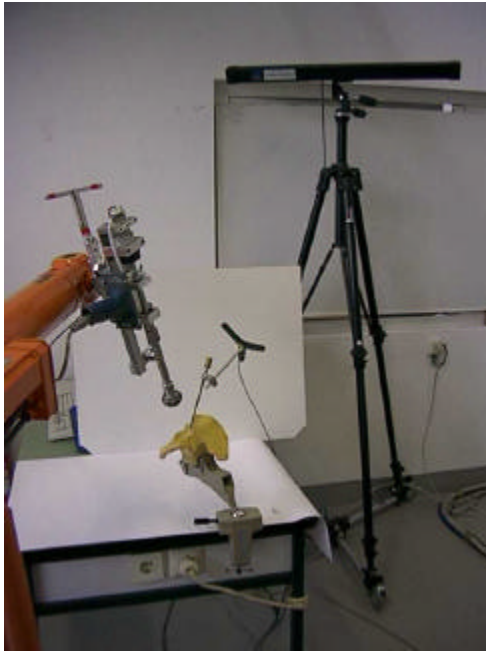


Abbildung 2: Aufbau eines Prototypsystems

Für die zugrundeliegende präoperative Planung wird untersucht, ob es möglich ist, durch Einsatz mehrerer konventioneller Röntgenbilder eine ausreichend genaue Festlegung für die Lage der Implantate erzielen zu können. Im Vergleich zur Anfertigung einer CT-Aufnahme führt dies zu Zeit- und Kostenvorteilen.

Die intraoperative Registrierung der Patientenlage erfolgt mit Hilfe des Zeigestiftes des Navigationssystems. Ausserdem ist es möglich, den Roboter bei Patientenbewegungen automatisch nachzuführen. Dazu wird ein „Dynamic Reference Base“ (DRB) während der Operation fest mit dem zu bearbeitenden Knochen verbunden. Aus den hiermit erfassten Bewegungen werden über verschiedene Koordinatentransformationen die erforderlichen Korrekturen der Robotertrajektorien und -positionen berechnet.

Das ausgewählte Konzept sieht vor, mit dem Roboter ein an seinem Flansch befestigtes Werkzeug in einer vom Steuerungscomputer berechneten Stellung so zu positionieren, dass die festgelegte Lage der Hüftpfanne exakt erreicht wird. Das Werkzeug wird auf einem Schlitten eindimensional geführt und vom Operateur manuell bewegt, wodurch er einerseits eine Kontrolle über die von ihm ausgeübten Kräfte während des Ausfräsens des Azetabulums erhält, andererseits aber sicher sein kann, die gewünschte Lage des Implantats genau zu erreichen. Um einen schnellen Wechsel zu ermöglichen, können die Werkzeugmodule durch einen einfachen

Kupplungsmechanismus am Flansch des Roboters befestigt und gelöst werden.

Das aufgebaute Prototypsystem ist mit Werkzeugen zur Präparation des Acetabulums und zum Einsetzen des Pfannenimplantats im Labor erprobt worden. Dabei werden im Vergleich zu manuell geführten Instrumenten deutlich bessere Ergebnisse erzielt hinsichtlich der Kontaktfläche zwischen Knochenbett und Implantat sowie bezüglich des Einhaltens der geplanten Implantatorientierung. Derzeit arbeiten wir an der Entwicklung von Werkzeugen zur Präparation des Femurs und zum Einsetzen der Schaftprothese. Damit wird es möglich, alle Schritte beim Einsetzen einer Hüft-Totalendoprothese mit Unterstützung nur dieses *einen* Systems durchzuführen.

#### LITERATURHINWEISE

- [1] P. Kazanzides, „Robot Assisted Surgery: The ROBODOC Experience“, in Proceedings 30<sup>th</sup> International Symposium on Robotics, Oct 27-29, Tokyo/Japan, pp 281-286, 1999
- [2] C.O.R. Grueneis, R.H. Richter, F.F. Henning, „Clinical Introduction of the CASPAR System: Problems and Initial Results“, Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Orthopaedic Surgery, March 17-19, Davos/Switzerland, 1999
- [3] J. Wahrburg, F. Kerschbaumer, „Überlegungen zum Einsatz mechatronischer Implantationshilfen bei Minimalzugängen für Hüftendoprothesen“, *Der Orthopäde*, Band 29 (2000), Heft 7, S. 650-657