

**5. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
15.-16. Oktober 2004 in  
Saarbrücken**



**„Kombination von Navigation und Robotik in einem  
neuartigen Chirurgie-Assistenzsystem“**

J. Wahrburg, I. Groß, P. Knappe, S. Pieck  
Zentrum für Sensorsysteme, Universität Siegen, Siegen, Deutschland  
E-Mail: wahrburg@zess.uni-siegen.de

Band: „Tagungsband, Automed 2004“  
Editors: W. I. Steudel  
ISBN: 3-00-013509-X  
Pages: 69-70

# Kombination von Navigation und Robotik in einem neuartigen Chirurgie-Assistenzsystem

J. Wahrburg, I. Groß, P. Knappe, S. Pieck

Zentrum für Sensorsysteme, Universität Siegen,  
Paul-Bonatz-Straße 9 - 11, 57068 Siegen

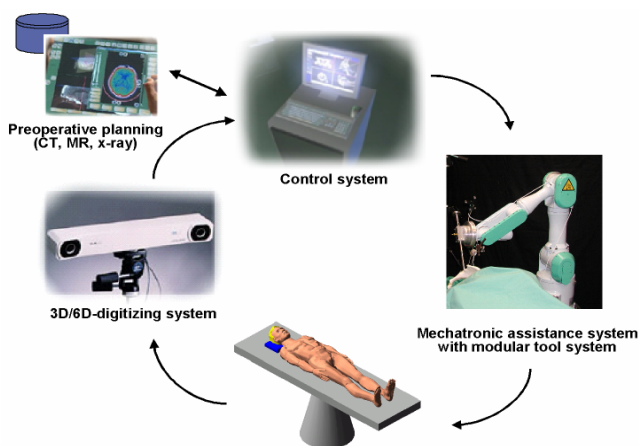
E-Mail: [wahrburg@zess.uni-siegen.de](mailto:wahrburg@zess.uni-siegen.de)

## EINLEITUNG

Die computerunterstützte Chirurgie wird derzeit von Navigationssystemen dominiert, die ausgehend von ersten Applikationen in der Neuro-, HNO- und Spinalchirurgie weite Anwendung gefunden haben. Chirurgie-Robotersysteme haben zwar ein großes Anfangsinteresse gefunden, werden jedoch kaum noch in der klinischen Praxis angewandt, nachdem sich die Systeme Robodoc und CASPAR in der Hüftendoprothetik nicht durchsetzen konnten. Dieser Beitrag beschreibt ein universelles Chirurgie-Assistenzsystem, das durch die Kombination von Navigation und Robotik gekennzeichnet ist und eine neue, in hohem Maße interaktive Arbeitsweise der Roboter-Komponente realisiert.

## KONZEPT EINES NAVIGIERTEN ASSISTENZ-ROBOTERS

Das grundlegende Konzept des Systems besteht in der Integration eines Navigationssystems und eines Roboterarms gemäß Abb. 1.



**Abb. 1:** Komponenten des universellen Chirurgie-Assistenzsystems

Das Navigationssystem dient in gewohnter Weise zur Registrierung der Patienten-anatomie, während der Roboterarm als mechatronische Ergänzung der Navigation zur Führung und Positionierung der chirurgischen Instrumente eingesetzt wird. Durch eine kurze Abgleichprozedur bei der Systeminitialisierung werden Navigationssystem und Roboterarm zu einer Welt zusammen-

gefasst. Damit werden zwei wesentliche Verbesserungen gegenüber reinen Navigationssystemen erzielt: Zum einen kann es bei mechatronisch geführten Instrumenten im Gegensatz zu manueller Führung nicht zu ungewollten Abweichungen durch Zittern oder Abrutschen kommen, zum anderen braucht der Operateur nicht ständig die Blickrichtung zwischen dem Operationsgebiet und dem Navigations-Bildschirm zu wechseln. Die Instrumente werden immer exakt so geführt, wie es prä- oder intraoperativ geplant wurde.

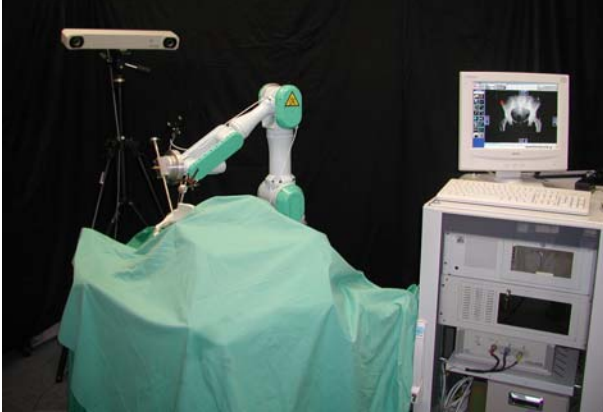
Die Arbeitsweise des navigierten Assistenz-Roboter-Systems zeichnet sich durch folgende, besondere Merkmale aus:

- **Interaktive Bedienung und haptische Führung**  
Das System arbeitet nicht vollautomatisch, sondern unterstützt den Operateur bei den Arbeitsschritten, wo die menschlichen Fähigkeiten an ihre Grenzen stoßen. Der Operateur behält immer die vollständige Kontrolle über den Operationsablauf und kann jederzeit steuernd eingreifen. Ein haptischer Betriebsmodus ermöglicht die manuelle Führung des Roboterarms über einen Handgriff am Ende des Arms. Damit kann der Arm vor und während der Operation, wenn gewünscht oder erforderlich, beliebig bewegt werden, fährt dann jedoch selbstständig in die in der OP-Planung festgelegte Zielposition oder zurück in die Ausgangsposition vor der manuellen Führungsbewegung.
- **Automatische Patientenverfolgung**  
Bei Befestigung eines Referenzelementes des Navigationssystems an der zu operierenden knöchernen Struktur ist es nicht erforderlich, die Struktur selbst während der Operation rigide zu fixieren. Vielmehr kann der Assistenz-Roboter kleinen Patientenbewegungen in Echtzeit folgen und damit die Ausrichtung des chirurgischen Instruments zum Patienten immer konstant halten.

## AUFBAU EINES PROTOTYP-SYSTEMS

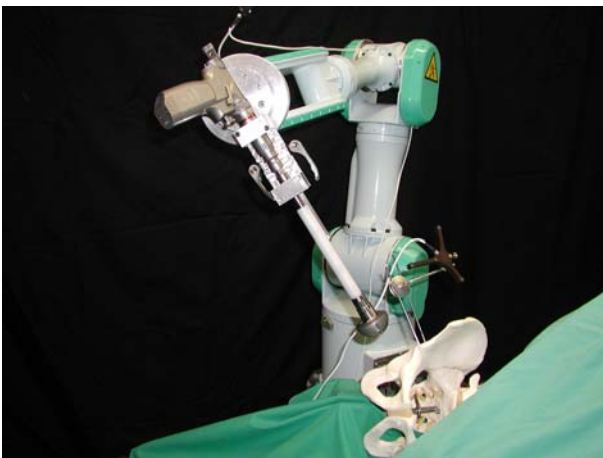
Das in Abb. 2 gezeigte Prototypsystem besteht aus einem optischen Lokalisierungssystem (Polaris-System der Fa. NDI, Canada) und einem Leichtbauroboter der Fa. Mitsubishi, Japan. Der Roboterarm hat ein Eigengewicht von nur 35 kg bei einer möglichen Nutzlast von 10 kg. Er ist auf einer höhenverstellbaren Lafette montiert und kann leicht im Operationssaal bewegt werden.

Aufgrund des modularen Systemaufbaus kann das System an Anwendungen in verschiedenen chirurgischen Disziplinen angepasst werden. Der erfolgreiche erste klinische Einsatz erfolgte in der Hüftendoprothetik, wo weltweit erstmalig die Implantation der Pfannenprothese mit Roboterassistenz durchgeführt wurde.



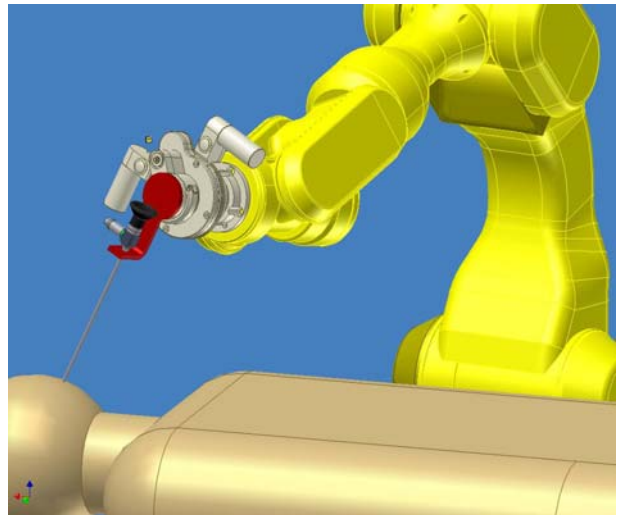
**Abb. 2:** Aufgebautes Prototyp-System

Die chirurgischen Instrumente sind, wie in Abb. 3 dargestellt, auf einer Linearführung befestigt und werden vom Operateur selbst bewegt und betätigt, während sie vom Roboterarm in der korrekten räumlichen Lage positioniert werden.



**Abb. 3:** Orthopädische Anwendung: Hüftendoprothetik

Weitere Anwendungen liegen in der Endoskop-Führung, beispielsweise in der Neuro- und HNO-Chirurgie. Abb. 4 zeigt eine Studie für die endonasale Nebenhöhlenchirurgie, bei der der Operateur durch die Übertragung der Endoskop-Führung auf den Assistenz-Roboter eine dritte Hand gewinnt. Er kann damit selbst zwei Operationsinstrumente gleichzeitig führen und den bisher nötigen häufigen Instrumentenwechsel vermeiden.



**Abb. 4:** Endoskop-Führung mit Assistenz-Roboter

## ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Im Vergleich zu üblichen Navigationssystemen, bei denen die Instrumente rein manuell geführt werden, bietet die Integration mit einem Assistenz-Roboter wesentliche Zusatz-Vorteile:

- Bessere Unterstützung weniger oder minimal invasiver Operationstechniken,
- höhere Sicherheit, die operative Planung mit großer Reproduzierbarkeit zu erfüllen,
- Anwendungsmöglichkeit völlig neuer chirurgischer Instrumente, z. B. von Lasersystemen, die manuell nicht sicher genug geführt werden können.

### Danksagung

Teile der Arbeiten werden gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und das Zentrum für Sensordysteme (ZESS) der Universität Siegen.

## LITERATUR

[Knappe2002]

P. Knappe, I. Gross, S. Pieck, S. Kuenzler, F. Kerschbaumer, J. Wahrburg; "Design of an interactive navigated robot for surgical interventions" in J. Troccaz, P. Merloz (eds.): *Surgetica 2002*, p 83-89, Grenoble/Frankreich, 2002

[Wahrburg2004]

J. Wahrburg, I. Gross, P. Knappe, S. Pieck, S. Kuenzler, F. Kerschbaumer, "An interactive mechatronic assistance system to support surgical interventions", in *CARS 2004 (Computer Assisted Radiology and Surgery)*, p 431-436, Elsevier, Amsterdam, 2004