

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



„Entwicklung eines Stereotaxie-Manipulators“

W. Korb, S. Barthold, R. Bendl, G. Echner, K.-H. Grosser, O. Pastyr, W. Schlegel
Abteilung für Medizinische Physik, Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg,
Deutschland
E-Mail: w.korb@dkfz.de

H. Treuer, V. Sturm
Klinik für Stereotaxie und Funktionelle Neurochirurgie der Universität zu Köln, Köln,
Deutschland

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und
Verfahren für die Medizin
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer
ISBN: 3-00-008240-9
Pages: 40-41

Entwicklung eines Stereotaxie-Manipulators

W. Korb¹, S. Barthold¹, R. Bendl¹, G. Echner¹, K.-H. Grosser¹, O. Pasty¹, H. Treuer², V. Sturm²,
W. Schlegel¹

¹Deutsches Krebsforschungszentrum (Abteilung für Medizinische Physik);
Leiter: Prof. Dr. W. Schlegel; Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg.

²Klinik für Stereotaxie und Funktionelle Neurochirurgie der Universität zu Köln;
Direktor: Prof. Dr. med. V. Sturm; Joseph - Stelzmann - Straße 9, 50924 Köln.

w.korb@dkfz.de

EINLEITUNG

Die stereotaktische Neurochirurgie ist eine minimal-invasive Operationsmethode, die durch höchste Präzision ausgezeichnet ist. Um Genauigkeiten von 0.5 mm oder besser zu erreichen, werden stereotaktische Zielgeräte verwendet. Zum Standard-Repertoire der stereotaktischen Neurochirurgie gehören vor allem Biopsien sowie funktionelle Eingriffe wie z.B. Schmerzbehandlungen, psychochirurgische Eingriffe, Behandlung von Dyskinesien etc., aber auch in zunehmenden Maße Tumorbehandlungen mit ionisierender Strahlung, laser-induzierter Thermotherapie oder Kurzpuls-Laserstrahlen [1].

Heute sind verschiedene kommerzielle Systeme verfügbar, die aber meist auf den oberen Schädelbereich beschränkt sind und deren Einsatzmöglichkeiten nicht flexibel genug sind. Um solche Einschränkungen zu beseitigen, sehen neuere Entwicklungen den Einsatz eines Roboters vor, der das Instrument führt. Derartige Systeme wurden weltweit von verschiedenen Gruppen erprobt, haben sich aber bisher aus Komplexitäts- und Kostengründen nicht durchsetzen können [2-6]. Eine Neuentwicklung am Krebsforschungszentrum (DKFZ) sieht die Verwendung eines hochpräzisen Messmanipulators aus dem Maschinenbau vor (ähnlich den armbasierten Neuronavigations-Systemen). Dieser wird für die medizinischen Anforderungen adaptiert.

Wir erläutern hier die wesentliche Konzeption des neuen Systems, das auch im klinischen Einsatz getestet werden soll. Endziel ist die Entwicklung eines marktfähigen Produktes.

MATERIALIEN UND METHODEN

Wie oben beschrieben sollen die Zugangsmöglichkeiten für den stereotaktischen Eingriff erweitert werden, da mit konventionellen Systemen (z.B. Riechert-Mundinger-System, [9]) nicht alle Einstellungen realisierbar sind. Als Grundlage wird der erwähnte hochpräzise Messmanipulator verwendet (siehe Abb. 1). Dieser wird in der Maschinenbau-Industrie zum manuellen An-

fahren und Messen von Punkten im dreidimensionalen Arbeitsraum eingesetzt.



Abbildung 2: Hochpräziser Messmanipulator aus dem Maschinenbau. Zur Anwendung in der Stereotaxie wurde er bereits mit Bremsen und Schneckenrädern ausgestattet.

Durch die anthropomorphe Kinematik (Knickarm) des Manipulators ergeben sich mehr Freiheitsgrade als mit klassischen Zielgeräten. Zunächst sind sechs Freiheitsgrade am System gegeben, weitere Freiheiten können durch die Beweglichkeit des Manipulators selbst auf einem Stativ erreicht werden. Fünf Freiheitsgrade erhält das System durch die fünf Achsen des Messarmes, die die Positionierung und die Richtungseinstellung des chirurgischen Instrumentes ermöglichen, der sechste Freiheitsgrad ist durch einen Schlitten für den Vorschub des Instrumentes gegeben. Erstere sind moto-

risiert zu bedienen, letzteres wird in konventioneller Weise manuell durch den Chirurgen ausgeführt.

Auch die Genauigkeitsanforderungen der Stereotaxie können durch das System gewährleistet (oder sogar verbessert) werden. Außerdem wird von diesem Manipulator flexibles und interaktives Vorgehen während des chirurgischen Eingriffes unterstützt.

Es bestehen Kooperationen mit industriellen Partnern, die innerhalb eines Jahres zur Entwicklung eines Prototypen führen sollen, der auch klinisch eingesetzt und getestet werden soll (Klinik für Stereotaxie und Funktionelle Neurochirurgie der Universität zu Köln).

Die Vorteile des neuen Systems sind im Einzelnen:

- Kostengünstig (und daher leichter marktfähig).
- Ein Komplettsystem für stereotaktische Eingriffe und Neuronavigation.
- Verwendung in der Ganzkörperstereotaxie: ein System für mehrere Körperteile (Spinal- und Kranialbereich, sowie mögliche andere Bereiche).
- Hohe Präzision.

Zu den Teilaufgaben des Projektes gehören die Entwicklung und Adaption der mechanischen und elektronischen Komponenten einerseits und die Entwicklung adäquater Software andererseits (Details siehe [7]). Letzteres basiert auf kinematischen Modellen, [8]. Bei derartigen Modellen sind allerdings geometrische und elastische Fehler nicht ausgeschlossen, die durch entsprechende Kalibrierung ausgeglichen werden sollen.

Ziel der Modellierung ist einerseits die Entwicklung von Modulen, die für die Steuerungssoftware notwendig sind. Dazu gehört die Berechnung der Kinematik, sowie die Berechnung der Bewegungsbahnen und Geschwindigkeitsprofile für den motorisierten Arm. Andererseits kann aufgrund von solchen Modellen das System (Länge der einzelnen Glieder des Messarmes) und auch der chirurgische Eingriffe optimiert werden. Letzteres dient wiederum dazu die Steuerungssoftware, die den Chirurgen während der Operation unterstützt, einfacher und intuitiver und dem optimalen Ablauf entsprechend zu gestalten. Das bedeutet insbesondere, dass der Chirurg durch entsprechende Vorschläge der Software bei der Positionierung des Manipulatorarmes und der Einstellung der Gelenke unterstützt wird.

DISKUSSION UND AUSBLICK

Der Wunsch nach mehr Genauigkeit, Verlässlichkeit und Freiheiten im Operationssaal, gepaart mit der Erkenntnis, dass die menschliche Hand zittert und der menschliche Operateur nicht in all seinen Bewegungen

und Handlungen vorhersagbar und dokumentierbar ist, führt zu dem Ruf nach Robotern auch für chirurgische Anwendungen. Wie oben beschrieben verhindern verschiedene Nachteile das rasante Fortschreiten solcher Innovationen. Aus diesem Grund entstand der Gedanke ein Projekt zu starten, das den Mittelweg zwischen „rein-mechanischen“ und vollautomatischen System geht und dessen Ausführung im Beitrag beschrieben ist. Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Projektteams aus Mediziner, Ingenieuren und Naturwissenschaftlern unterschiedlicher Richtungen eignen sich gut für die Lösung der angegebenen Aufgabenpakete. Endziel ist die Überführung in ein dem Medizinproduktegesetz entsprechendes Produkt.

LITERATURHINWEISE

- [1] N. Suhm, M.H. Götz, J.F. Fischer, F. Loesel, W. Schlegel, V. Sturm, J.F. Bille, R. Schröder: "Ablation of Neural Tissue by Short-pulsed Lasers - A Technical Report" *Acta Neurochirurgica* 138, pp. 346-349, 1996.
- [2] A.L. Benabid, D. Hofmann, S. Lavallée, P. Cinquin, J. Demongeot, J.F. Le Bas, F. Daniel: Is there any Future for Robots in Neurosurgery? In: *Advances and technical standards in Neurosurgery*, Berlin: Springer. Vol. 18, pp. 3-40, 1991.
- [3] J. Doll, W. Schlegel, O. Pasty, V. Sturm, and W. Maier-Borst. The use of an industrial robot as a stereotactic guidance system. *International Symposium and Exhibition CAR 1987*, 1987.
- [4] D. Glauser, H. Fankhauser, M. Epitoux, J.L. Hefti, and A. Jaccottet. Neurosurgical robot minerva: First results and current developments. *Journal of Image Guided Surgery*, 1:266 - 272, 1995.
- [5] Y.S. Kwok, J. Hou, E. Jonckheere, and S. Hayati. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic surgery. *IEEE Trans on Biomed Eng*, 35(2):153 - 161, 1988.
- [6] T.C. Lueth and J. Bier. Robot assisted intervention in surgery. In: J.M. Gilsbach and H.S. Stiehl, editors, *Neuronavigation - Neurosurgical and Computer Scientific Aspects*. Springer, 1999.
- [7] W. Korb, S. Barthold, R. Bendl, G. Echner, K.-H. Grosser, O. Pasty, H. Treuer, V. Sturm, W. Schlegel: Entwicklung eines Hochpräzisions-Manipulators für die stereotaktische Neurochirurgie. In: *Tagungsberichte von „Rechnergestützte Chirurgie“*, 19/20. Juli 2001, Heidelberg, 2001.
- [8] J.J. Craig: *Introduction to robotics: mechanics and control*. Addison-Wesley. Reading, Mass. 1989.
- [9] T. Riechart and F. Munding. Beschreibung und Anwendung eines Zielgerätes für stereotaktische Hirnoperationen (II. Modell). *Acta Neurochir Suppl*, 3:308-337, 1955.