

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



**„Ein einfaches System zur Unterstützung
ultraschallgezielter Biopsien“**

E. Jank, T. Lueth

Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Berlin, Deutschland

E-Mail: emanuel.jank@ipk.fraunhofer.de

T. Lueth

Klinik für MKG-Chirurgie - Klinische Navigation und Robotik, Charité, Berlin, Deutschland

Band: „Tagungsband, Automed 2004“
Editors: W. I. Steudel
ISBN: 3-00-013509-X
Pages: 27-28

Ein einfaches System zur Unterstützung ultraschallgezielter Biopsien

E. JANK^{1,2}, T. LUETH^{1,2}

¹Klinik für MKG-Chirurgie - Klinische Navigation und Robotik, Charité - Berlin
Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

²Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik
Pascalstraße 8 - 9, 10587 Berlin

E-Mail: emanuel.jank@ipk.fraunhofer.de
www.srl-berlin.de

EINLEITUNG

In diesem Artikel wird ein neues System zur Unterstützung ultraschallgezielter Biopsien vorgestellt. Aufgabe des Systems ist es, Navigationshinweise in das Livebild des Ultraschallsystems einzublenden. Diese Hinweise helfen dem Anwender bei der genauen Ausrichtung der Biopsienadel auf das Ziel. Bereits vor dem Einstechen in den Körper kann der Verlauf der Nadel durch das Gewebe kontrolliert werden. Die Verletzung sensibler Strukturen und Fehlpositionierungen werden so verhindert.

STAND DER TECHNIK

Eine Biopsie dient der abschließenden Beurteilung von Veränderungen im Weichgewebe. Ziel des Vorgangs ist die Bergung und Untersuchung von Gewebeproben. Dazu werden spezielle Biopsienadeln verwendet. Das Einführen der Nadel in den Körper wird durch die bekannten bildgebenden Systeme kontrolliert. Die Anwendung der Ultraschallbildgebung wird favorisiert, da sie kosteneffektiv und frei von Nebenwirkungen anwendbar ist.

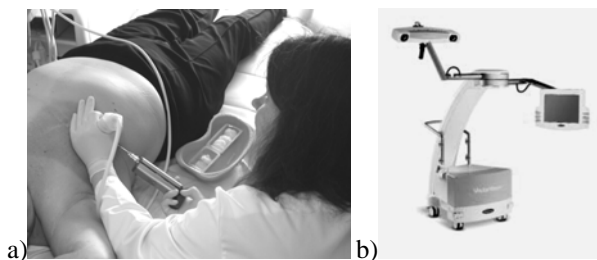


Abb. 1: a) Herkömmliche, ultraschallgezielte Biopsie mit freihandgeführter Nadel (Quelle: BZMM 2004)
b) Navigationssystem VectorVision (Quelle: BrainLab 2004)

Abb. 1a zeigt die konventionelle Methode der ultraschallgezielten Biopsie. Instrument und Ultraschallsonde werden vom Anwender manuell positioniert. Um die Nadel exakt auszurichten und die Verletzung sensibler Strukturen im Umfeld auszuschließen, müssen die Nadelspitze, das vor der Nadel befindliche Gewebe und die Zielstruktur zeitgleich im Schallbild abgebildet werden. Diese Forderung wird erfüllt, indem die Nadel in der Bildebene geführt wird. Problematisch sind die artefaktbehaftete Abbildung der Nadel und die Koordination der Ausrichtung von Ultraschallsonde und Nadel bezüglich des Tumors [Howard2001].

Zur Unterstützung des Vorgangs sind mechanische Führungssysteme erhältlich (Firmen: CIVCO, B-K). Diese

werden an der Ultraschallsonde befestigt und führen die Nadel in einem festen Winkel und Abstand zur Sonde. Der Verlauf der Nadel durch das Bild ist bekannt und wird starr in das Schallbild eingeblendet.

Weiterhin sind Navigationssysteme bekannt, die die Position eines Instruments in ein Ultraschallbild einblenden können. Diese Systeme bestimmen die räumliche Lage der Ultraschallbilddaten und der Biopsienadel durch geeignete Positionsmesssysteme. Beispiel dafür ist das VectorVision mit IGsonic der Firma BrainLab (Abb. 1b), das US-Guide der Firma Ultraguide und der SonoNavigator der Firma Localite.

Grundlage für die Verwendung von Ultraschall ist die Vermessung der räumlichen Bildeigenschaften relativ zu einem Referenzsystem (Tracker) an der Schallsonde. Entsprechende Kalibrierverfahren sind aus [Prager1998], [Pagoulatos2001] und [Brendel2004] bekannt.

MATERIAL

Zur Unterstützung ultraschallgezielter Biopsien wurde ein System zur Messung der räumlichen Lage einer Biopsienadel relativ zu einem aufgenommenen Ultraschallbild entwickelt, das Navigationshinweise in das Schallbild einblendet. Im Vergleich zur rein manuellen Methode kann die Biopsienadel mit Hilfe dieses Systems genauer auf das Ziel ausgerichtet werden. Die Führung der Nadel entlang der Bildebene ist nicht notwendig. Die Bewegungsfreiheit wird durch keine mechanische Führung eingeschränkt. Das Gerät wird an bestehende Ultraschallsysteme angeschlossen und kann somit kostengünstig angeschafft und betrieben werden. Mit Hilfe dieses Systems sollen Strukturen mit einem Durchmesser von 3 mm sicher getroffen werden können.

Das realisierte System wurde zunächst für das Ultraschallsystem Philips HDI 1500 und die Linear-Array-Sonde L12-5 38 mm aufgebaut. Es besteht aus einem windowsbasierten Steuerrechner mit Framegrabberkarte, einem 17"-Touchscreen und einem Kalibrierkörper (Abb. 2a) sowie einem Tracker für die Ultraschallsonde und einer Biopsienadel mit Tracker (Abb. 2b). Zur Positionserfassung wird das optische Messsystem NDI-Polaris verwendet. Der Steuerrechner wird mit dem S-Video-Ausgang des US-Geräts verbunden und kann so das aktuelle Schallbild digitalisieren. An die serielle Schnittstelle des Steuerrechners wird ein optisches Positionsmesssystem (NDI Polaris) angeschlossen. Die Positionsmessung bestimmt die Lage geeigneter Referenzsysteme, welche fest mit der Ultraschallsonde, der Biopsienadel und dem Kalibrierkörper verbunden sind. Die Bilddaten

werden auf dem Touchscreen dargestellt und mit Navigationshinweisen überlagert, die aus den Positionsdaten berechnet werden. Der Systemtakt beträgt 20 Hz.

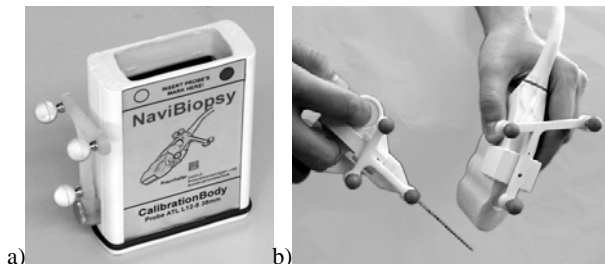


Abb. 2: a) Kalibrierkörper
b) Schallsonde L12-5 mit Tracker und Biopsienadel mit Tracker (Quelle: BZMM 2004).

METHODE

Für die Berechnung der Navigationshinweise muss dem System die Position, Orientierung und Skalierung der Bilddaten gegenüber dem Referenzsystem der Ultraschallsonde bekannt sein. Zur Bestimmung dieser Parameter wurde ein einfaches Kalibrierverfahren und -körper entwickelt. Der Kalibriervorgang besteht aus folgenden fünf Arbeitsschritten: 1. Prüfung der Einstellung am US-Gerät, 2. Einstecken der US-Sonde in den Kalibrierkörper, 3. Aufsetzen des Trackers auf die Sonde, 4. Markieren von vier punktförmigen Echos im Schallbild per Touch und 5. automatische Berechnung der Kalibrierparameter. Der Kalibrierkörper besitzt eine sondenspezifische Aufnahme, in die die verwendete Sonde eingesteckt wird. Dadurch wird der Vorgang der Kalibrierung vereinfacht und ist in etwa 60 Sekunden durchführbar.

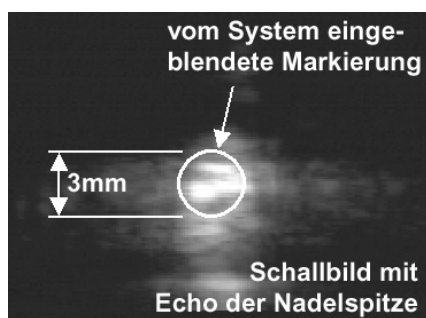


Abb. 3: Genauigkeit des Systems: Echo der Nadel befindet sich in der kreisförmigen 3 mm-Markierung des Systems. (Quelle: BZMM 2004)

Zur Überprüfung der Genauigkeit des gesamten Systems wurde die Nadel freihändig im Wasserbad in das Ultraschallbild geführt. Die Nadel wurde dabei parallel zur Bildnormalen des Schallbildes gehalten. Beim Erreichen des Schallfeldes bildet die Nadelspitze ein Schallecho im Bild. Unterhalb dieses Echos entstehen aufgrund der Totalreflexion der Nadel sog. Auslöschungen (Abb. 3). Mit Hilfe der Kalibrier- und Positionsdaten wird während dieses Versuchs der Schnittpunkt zwischen der Bildebene und der Nadelachse berechnet. Dieser Punkt wird in das Bildkoordinatensystem umgerechnet und mit einem Kreis markiert, dessen Durchmesser 3 mm beträgt. Abb. 3 zeigt einen Screenshot dieser Szene. Anhand dieses Bildes wird visuell kontrolliert, ob die kreisförmige Markierung des Systems mit dem Nadelecho übereinstimmt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Zur Auswertung wurden fünf Screenshots aufgenommen. Bei jedem Screenshot wurde die Nadel in einen anderen Bildbereich gehalten. Der Versuch wurde für 10 verschiedene Kalibrierungen durchgeführt. Bei allen 50 Screenshots wurde visuell eine Überdeckung von Echo und Markierung festgestellt. Der Versuch zeigt, dass Ziele mit einem Durchmesser von 3 mm sicher getroffen werden können. Die Genauigkeit des Systems in Richtung der Bildnormalen wird in diesem Versuch nicht untersucht.

Ein erstes Feedback von Medizinern der Charité in Berlin zeigt, dass das System nach Lesen des Handbuchs selbständig kalibriert und angewendet werden kann.

Es wurde ein einfach anwendbares System zur Unterstützung ultraschallgezielter Biopsien vorgestellt, mit dem Zielstrukturen mit einem Durchmesser von 3 mm sicher getroffen werden können.

Danksagung

Diese Arbeit wurde am nach ISO 13485 / ISO 9001 zertifizierten Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik (Leitung durch Prof. Dr. Tim C. Lüth), einer Kooperation des Bereichs Medizintechnik des Fraunhofer Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) mit Prof. Dr.-Ing. Eckert Uhlmann und der Klinik für MKG-Chirurgie - Klinische Navigation und Robotik der Charité - Universitätsmedizin Berlin mit Prof. Dr. Jürgen Bier und Prof. Dr. Tim C. Lüth durchgeführt. Das Projekt wurde im Rahmen der Wirtschaftsorientierten Strategischen Allianz "Medizintechnikkomponenten für Weichgewebe" der Fraunhofer Gesellschaft e. V. realisiert. Teile der Arbeit wurden finanziell unterstützt vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und von der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach Stiftung und von der Deutschen Forschungsgesellschaft. Großer Dank gilt den Firmen RoboDent, Ziehm, NDI, WOM und Precitec Optronic für ihre Unterstützung in diesem Projekt. Weiterhin bedanke ich mich bei Dr. Günter Nahles und allen Kollegen am BZMM.

LITERATUR

- [Howard2001]
M. H. Howard, R. C. Nelson, E. K. Paulson, M. A. Kliewer, D. H. Sheafor, "An electronic device for needle placement during sonographically guided percutaneous intervention", *Radiology* 218, p 905-911, 2001
- [Prager1998]
R. W. Prager, R. N. Rohling, A. H. Gee, L. Berman, "Rapid calibration for 3-D-freehand ultrasound", *Ultrasound Med Biol* Vol 24, No 6, p 855-869, 1998
- [Pagoulatos2001]
N. Pagoulatos, D. R. Haynor, Y. Kim, "A fast calibration method for 3-D-tracking of ultrasound images using a spatial localizer", *Ultrasound Med Biol* Vol 27, No. 9, p 1219-1229, 2001
- [Brendel2004]
B. Brendel, S. Winter, H. Ermert, "A simple and accurate calibration method for 3-D-freehand ultrasound", *Biomed Tech* Vol 49, No 2, p 876-877, 2004