

## Kommentar und Schlußwort der Autoren zu: G. Enislidis, O. Ploder, A. Wagner, M. Truppe und R. Ewers: „Prinzipien der virtuellen Realität und deren Anwendung in intraoperativen Navigationshilfesystemen“

**Zusammenfassung:** Grundlagen: Die Technik der „virtuellen Realität“ ermöglicht die intraoperative schematische Darstellung von anatomischen und pathologischen Strukturen, von chirurgischen Instrumenten und Implantaten in der Datenbrille des Operateurs.

Methodik: Ein computergestütztes Operationssystem dient der Analyse von digitalisierten radiologischen Daten, der Generierung von Graphiken, die mit diesen Bildern in Überlagerung gebracht werden, und der Visualisierung des gewonnenen Informationskomplexes.

Ergebnisse: Durch die Navigationshilfestellung kann der Chirurg die Dauer des Eingriffes verkürzen, dessen Präzision erhöhen und die Invasivität minimieren.

Schlußfolgerungen: Der intraoperative Einsatz von computerisierten, bildgestützten Navigationshilfen ist seit langem in der Neurochirurgie bewährt. Die Eingliederung der „Virtual reality“-Technologie eröffnet neue Dimensionen für die minimal invasive Chirurgie im Kopf-Halsbereich.

(Acta Chir. Austriaca 1995;27:289-291)

### Eingeladener Kommentar:

Aus der Kieferchirurgischen Abteilung des Evangelischen Krankenhauses, Wien, und dem \*Institut für Mikroelektronik der Technischen Universität, Wien

*K. Vinzenz und S. Selberherr\**

Der atemberaubende Fortschritt in der Mikroelektronik, Computertechnologie und Informationsverarbeitung gestattet heute die Manipulation multimedialer Informationen. Sind derartige Informationen bedeutungstragend vernetzt, spricht man von einem hypermedialen System. Mit derartigen Systemen kann man nun eine „virtuelle Realität“ in einer im allgemeinen kleinen Einsatzumgebung unter Einbeziehung von verschiedentlich gewonnenen Bild-, Text- und Toninformationenbausteinen aufbauen.

Es war abzusehen, daß derartige Ansätze nicht auf rein technische Anwendungen beschränkt bleiben, sondern auch Einzug in die Medizin finden (7). Als wesentliche medizinische Anwendungen sind präoperative Planungen, präoperative Simulation von Eingriffen, intraoperative Navigations- und Lokalisationshilfen und computerunterstützte Instrumente (im weitesten Sinne Roboter) zu sehen. Dabei werden hauptsächlich die typischen medizinischen Informationsträger, wie Ultraschall-, Röntgen-, CT- oder MRI-Bilder als Bausteine für eine „virtuelle Realität“ herangezogen.

Das technische Hauptproblem bei den genannten Anwendungen liegt in der präzisen Korrelation von dreidimensionalen Rekonstruktionen, welche aus zweidimensionalen Schichtbildern am Computer synthetisiert werden, mit der realen räumlichen Lage der Patientenanatomie, zumal diese speziell im Weichgewebereich beweglich ist. Stand der Technik ist eine Positioniergenauigkeit der Navigationssysteme von etwa 2 mm, was aus chirurgischer Sicht in vielen Fällen noch nicht ausreichend ist. Das System von *Truppe* et al. (8) fusioniert präoperativ gewonnene Bilder mit einem realen Videobild des Patienten und des Eingriffsinstruments mittels einer eleganten photogrammetri-

Korrespondenzanschrift: Doz. Dr. Kurt Vinzenz, Evangelisches Krankenhaus, Kieferchirurgische Abteilung, Hans Sachsgasse 10, A-1180 Wien.

schen Projektionsmethode, bei der die aktuelle räumliche Position und Richtung des Eingriffsinstrumentes über sogenannte Hall-Sensoren erfaßt wird. Diese elektromagnetische Methode erscheint sehr erfolgversprechend, da die Instrumentenführung weniger eingeschränkt wird als bei mechanischen Systemen (5) oder auf Infrarotlicht- oder Ultraschallortung basierenden Systemen (2).

Die in der vorliegenden Publikation (11) dokumentierte Eingabe der Referenzpunkte zur räumlichen Orientierung des Navigationssystems, hier an der Haut der Nasenspitze, erscheint jedoch weder vom klinischen noch vom methodischen Standpunkt gesehen als ausreichend präzise. Solche Markierungen an der verschieblichen Haut wurden bereits vor Jahren z. B. bei der Übertragung der Achse-Orbital-Ebene funktioneller kephalometrischer Analysen in das Fernröntgenbild oder die CT-Bilddarstellung des Schädels (nach Ermittlung der Scharnierachse des Kiefergelenks durch die elektronische Axiographie) (4, 6, 9) als zu unpräzise angesehen und kritisch diskutiert. Sehr viel zukunfts-trächtiger erscheinen zu diesem Zwecke miniaturisierte implantierbare Sensoren.

Die in der Publikation lediglich anhand eines Stereolithographiemodells eines Schädels bildlich dargestellte Operationssimulation der endoskopischen Entfernung eines Fremdkörpers aus der Kieferhöhle ist ein wenig enttäuschend, wird hier doch ein Eingriff dargestellt, der unter einem ausgesprochen räumlichen Luxus stattfindet, wodurch sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit dieses Vorgehens stellt. Darüber hinaus wäre der teure Aufwand der Herstellung von Stereolithographiemodellen und die Verwendung dieses Navigationssystems lediglich zur Eliminierung eines Fremdkörpers aus der Kieferhöhle a priori völlig unge-rechtfertigt, da dieser häufige Routineeingriff fast durchwegs mit wesentlich geringerem, apparativem bzw. operativem Aufwand gelingt und sogar oft ambulant durchgeführt wird. Die für die künftige Indikationsstellung zur klinischen Anwendung eminent wichtige Frage nach einer Objektivierung des Ausmaßes der intraoperativen Zielgenauigkeit dieses Navigationssystems wird sorgfältig zu untersuchen sein.

In der rekonstruktiven Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie sowie der Orthognathen Chirurgie könnte dieses Navigationssystem bei entsprechender Ausgereiftheit für die anatomische Positionierung von Transplantaten, Implantaten oder etwa bei bimaxillären Osteotomien hilfreich sein. Für komplexe Operationsplanungen, wie sie z. B. für die mikrochirurgische Rekonstruktion von maxillofazialen Defekten durch "prefabricated flaps" (3, 10) unabdingbar sind, erscheint das System derzeit noch nicht entsprechend ausgereift.

Die Entwicklung neuer Instrumente, welche die Einbindung der „virtuellen Realität“ in die medizinische Wirklichkeit erleichtern, stellt eine wesentliche Herausforderung dar (1). Die oft zitierte Datenbrille oder der Datenhandschuh sind zwar publizistisch plakativ verwertbar; für die Anwendung im sensitiven medizinischen Bereich muß jedoch sorgfältig geklärt werden, wie damit tatsächlich die Qualität der medizinischen Dienstleistung erhöht wird. Im Zuge des schon eingangs zitierten, technischen Fortschritts, der auch die kommende Dekade ungebremst anhalten wird, ist aber mit absoluter Sicherheit mit dem Einzug von „virtuellen Realitäten“ in die klinische Medizin zu rechnen.

## Literatur

- (1) Goble J, Hinckley K, Pausch R, Snell J, Kassell N: Two-Handed Spatial Interface Tools for Neurosurgical Planning. IEEE Computer 1995;28:20-27.
- (2) Haßfeld S, Zöllner J, Wirtz C, Albert F, Knauth M, Mühling J: Intraoperative Navigationssysteme. Biomed Tech 1995;40:12-18.
- (3) Holle J, Vinzenz K, Würinger E, Kulenkampff K-J, Saidi M: The prefabricated combined scapula flap for bony and soft tissue reconstruction in maxillofacial defects - a new method. Plast Reconstr Surg 1996 (in press).
- (4) Klett R: Elektrodiagnostisches Registrierungsverfahren für die Kiefergelenksdiagnostik. Dtsch Zahnärztl Z 1982;37:991-998.
- (5) Leggett W, Greenberg M, Gannon W, Dekel D, Gabe C: Surgical Technology. The Viewing Wand: A New System for Three-Dimensional Computed Tomography-Related Intraoperative Localization. Curr Surg 1991;48:674-678.
- (6) Meyer G: Dreidimensionale elektronische Messung der Bewegung des Kondylus über die Scharnierachse des Unterkiefers. Dtsch Zahnärztl Z 1985;40:881-886.
- (7) Simon R, Krieger D, Znati T, Lofink R, Sciabassi R: Multimedia MedNet: A Medical Collaboration and Consultation System. IEEE Computer 1995;28:65-73.
- (8) Truppe M, Pongracz F, Mayrbaur J, Freysinger W, Gunkel A, Thumfart W: Augmented Reality Remote-Guided Navigation in ENT Surgery. Proceedings Medicine Meets Virtual Reality 4, San Diego, January 1996.

(9) Vinzenz K, Futter M, Fialka V, Weber K-H, Schaffarz M, Slavicek G: Zur Dokumentation der Behandlungsergebnisse nach Kiefergelenksfrakturen mittels der elektronischen Axiographie, in Physik und Technik in der Traumatologie, Intensivmedizin und Rehabilitation. Wiss Ber AUA, 1988, pp 37-45.

(10) Vinzenz K, Holle J, Würinger E, Kulenkampff K-J: Die Oberkieferrekonstruktion durch kombinierten Scapulalappen als Beispiel für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen plastischer und Kieferchirurgie. Acta Chir Austriaca 1995;27:83-84.

(11) Enislidis G, Ploder O, Wagner A, Truppe M, Ewers R: Prinzipien der „virtuellen Realität“ und deren Anwendung in intraoperativen Navigationssystemen. Acta Chir Austriaca 1995;27:289-291.

## Schlußwort des Autors

Der Kommentar von K. Vinzenz et al. (4) zum Thema der intraoperativen Navigationsassistenz mittels „augmentierter Realität“ kann als höchst konstruktiv bezeichnet werden. Wie von den Autoren des Kommentars selbst angeführt, handelt es sich bei der endoskopischen Fremdkörperentfernung aus der Kieferhöhle um ein chirurgisch durchaus nicht schwieriges Unterfangen; den Autoren der Publikation geht es um die Demonstration eines neuen operationstechnischen Prinzips, das von der technischen Konzeption her das Verständnis des Mediziners bei weitem überschreitet, und daher am besten anhand eines simplen Falles zu erklären ist.

Bei der Verwendung anatomischer Referenzpunkte, wie z. B. der Nasenspitze, zur Korrelation von Bilddaten wird in der neueren Literatur eine Genauigkeit im Bereich von 1,5 mm beschrieben (2). Zur weiteren Erhöhung der Präzision entwickelten wir kürzlich einen „okklusalen Registrierungsbogen“, der individuell für den Patienten gefertigt wird. Mit diesem nichtinvasiven Hilfsmittel zur hochpräzisen Erfassung des dreidimensionalen Schädelvolumen haben wir eine echte Alternative zu der von den Autoren des Kommentars vorgeschlagenen und eine Anwendung von invasiven Methoden zur Markierung entwickelt. In Zukunft wird man möglicherweise die Eichung von intraoperativen Navigationssystemen gänzlich ohne zusätzliche Hilfsmittel vornehmen können (1).

Die Integration einer Datenbrille in das Operationssystem kommt dem Chirurgen entgegen; sein Blick muß nicht mehr, wie bei arthro- und endoskopischen Eingriffen auch heute noch gang und gäbe, vom Patienten abgewendet und einem außerhalb des sterilen Bereiches positionierten Videomonitor zugewandt werden, sondern kann trotz optimaler Bildgebung auf dem Ort des Geschehens, dem chirurgischen Operationsfeld, verhaftet bleiben. Dieser Zugewinn an Sicherheit beim Hantieren mit dem chirurgischen Instrumentarium ist vor allem bei minimal invasiven Eingriffen zu begrüßen und bedeutet einerseits die Sicherung der Qualität der medizinischen Dienstleistung und ermöglicht andererseits die aktive Entspannung des Chirurgen durch Optimierung der Ergonomie (3).

Abschließend sei bemerkt, daß bei der Etablierung von innovativen technischen Neuerungen auf medizinischem Gebiet, wie wir sie mit der rasanten Entwicklung von Nanotechnologie und Robotik im nächsten Jahrhundert erleben werden, heute mehr denn je vor allem auf den Nutzen für den Patienten geachtet werden sollte. Die Beschränkung des Machbaren auf das medizinisch Notwendige sollte am Ende jedes Evaluierungsprozesses stehen. Um auf die Sinnhaftigkeit der Anwendung von technischen Hilfsmitteln und deren Einfluß auf die freie Entscheidung des behandelnden Arztes abwägen zu können, muß in der ersten Phase der Prüfung die Möglichkeit zum offenen Experiment erhalten bleiben.

## Literatur

- (1) Grimson WEL, Ettinger GJ, White SJ, Gleason PL, Lozano-Perez T, Wells WM III, Kikinis R: Evaluating and validating an automated registration system for enhanced reality visualization in surgery. In: N. Ayache (ed): Lecture Notes in Computer Science. Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine. Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1995.
- (2) Hill DLG, Hawkes DJ, Crossman JE, Gleason MJ, Cox TCS, Bracey E, Strong AJ, Graves P: Registration of MR and CT images for skull base surgery using point-like anatomical features. Br J Radiol 1991;64:1030-1035.
- (3) Moffit K: Personal surgical monitor requirement description and justification. Kaiser Electronics, IRAD report, 1994.
- (4) Vinzenz K, Selberherr S: Kommentar zu „Prinzipien der virtuellen Realität“ und deren Anwendung in intraoperativen Navigationssystemen. Acta Chir Austriaca 1996;28:60-61.