

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



**„Ein Planungssystem für die computerassistierte
transpedikuläre Schraubenfixation“**

M. Mätzig, A. Hein, M. Stien, D. Szymanski, J. Glagau, T. Lüth
Berliner Centrum für Mechatronische Medizintechnik, Fraunhofer IPK, Campus Virchow,
Klinik für MKG-Chirurgie, Charité, Berlin, Deutschland
E-Mail: martin.maetzig@charite.de

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und
Verfahren für die Medizin
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer
ISBN: 3-00-008240-9
Pages: 34-35

Ein Planungssystem für die computerassistierte transpedikuläre Schraubenfixation

M. Mätzig, A. Hein, M. Stien, D. Szymanski, J. Glagau und T. Lüth

Berliner Centrum für Mechatronische Medizintechnik
Fraunhofer IPK – Charité • Campus Virchow, Klinik für MKG-Chirurgie
Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

martin.maetzig@charite.de

EINLEITUNG

Bedingt durch eine zunehmende Anzahl von Patienten mit chronischen Rückenproblemen erfolgen Eingriffe an der Wirbelsäule immer häufiger. Ein Standardverfahren hierbei ist die Versteifung mittels der transpedikulären Schraubenfixation. Es wurde ein Softwaresystem entwickelt, welches eine Planung von chirurgischen Eingriffen anhand von medizinischen Bilddaten für den Einsatz zur transpedikulären Schraubenfixation ermöglicht. Hierbei findet sowohl die computerassistierte Insertion von Pedikelschrauben als auch das Fräsen zum Dekomprimieren des Spinalkanals Berücksichtigung. Bei der Entwicklung wurde eine neue Methode zur Ausrichtung der Schrauben, der Wirbelkörper bzw. der Suprakonstruktion in Form der Vereinigung von verschiedenen Voxelvolumen berücksichtigt.

STAND DER TECHNIK

Das Planungssystem ist Bestandteil einer navigierten Applikation für die Wirbelsäulenchirurgie zur transpedikulären Schraubenfixation. Bei diesem chirurgischen Eingriff werden Schrauben von hinten (posterior) durch die Bogenwurzel (Pedicel) in den Wirbelkörper geschraubt. Diese Schrauben finden in den Wirbelkörpern genügend Halt, um Fixationselemente, wie z.B. Stangen, zu tragen. Dadurch können zwei oder mehrere Wirbel gegeneinander stabilisiert werden (Abb. 1).

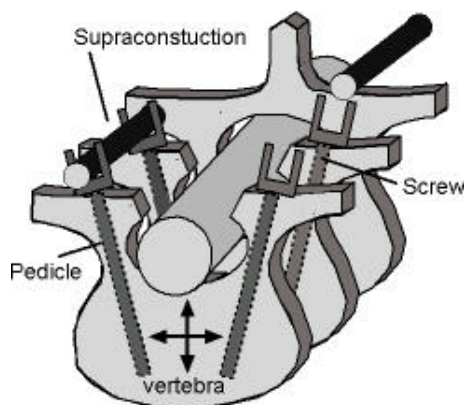


Abb. 1: Darstellung des Arbeitsablaufes

Allerdings beinhaltet diese Methode viele Risiken. Bedingt durch die geringen Abmaße der Bogenwurzel ist eine sehr genaue Platzierung der Schraube erforderlich, um Verletzungen einzelner Nerven und Gefäße zu vermeiden.

Um den Forderungen nach hoher Präzision und Reproduzierbarkeit gerecht zu werden, wird an vielen Forschungsinstituten und Unternehmen an Roboter- und Navigationssystemen zur Schraubeninsertion gearbeitet. Kommerzielle Produkte werden von mehreren Unternehmen angeboten [1-3]. Als Forschergruppen soll nur auf [4] und [5] verwiesen werden. Bei diesen Systemen wird anhand von medizinischen Bilddaten eine präoperative Planung mittels eines Softwaresystems durchgeführt. All diese genannten Systeme unterstützen die Planung der Position von Pedikelschrauben. Das hier vorgestellte System bietet daneben noch die Möglichkeit zur Planung des Fräsens am Wirbelkörper. Bei der Dekompression des Nervenkanals wird das Fräsen am Dornfortsatz der betreffenden Wirbelkörper notwendig (Abb. 1) [6].

SYSTEMARCHITEKTUR

Abb. 2 zeigt einen Screenshot des Planungssystems. Die Funktionalität ergibt sich aus den erforderlichen Arbeitsschritten einer computergestützten Planung.

Folgende Punkte deckt das System ab:

1. Einlesen von medizinischen Bilddaten, welche dem DICOM3 Standard entsprechen.
2. Visualisierung der Daten in Form der Ansichten Axial, Sagittal und Coronal.
3. Registrierung von anatomischen Landmarken und Definition von Oberflächenbereichen für das Surface Matching.
4. Interaktive Platzierung von Pedikelschrauben.
5. Festlegung des Arbeitsbereiches für das Fräsen.
6. Export der Daten.

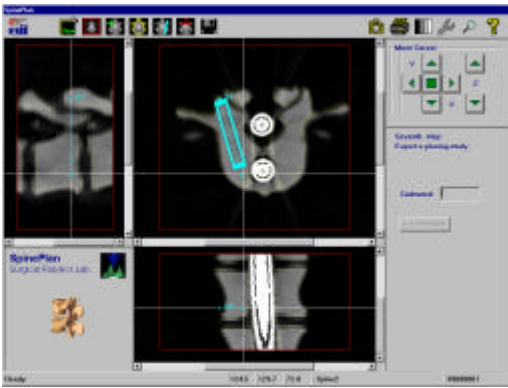


Abb. 2: Screenshot des Planungssystems

VEREINIGUNG VON VOXELVOLUMEN

Bei der Planung der Lage bzw. Ausrichtung von Schrauben ist eine Darstellung der Schnittgeometrie erforderlich. Der hier gewählte Ansatz liegt in der Modellierung der Schrauben in Form eines Voxelvolumen (Abb. 3). Dieses Volumen wird mit dem Bilddatensatz vereinigt (Abb. 4). Dieser Ansatz ist für jede Geometrie anwendbar und somit auch für die Re-Positionierung von Wirbelkörpern oder zur Planung der Lage der Suprakonstruktionen geeignet.

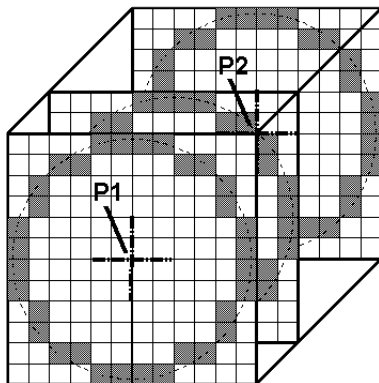


Abb. 3: Schraubenvolumen mit Grauwert $G \hat{I} \{0, 1\}$

Die Planung einer rotationssymmetrischen Schraube erfolgt durch die Definition zweier Punkte P_1 und P_2 . Anhand dieser Punkte läßt sich der Ursprung $I^{(0)}$ des Objektvolumens bestimmen. Bei der Abbildung des Bilddatensatzes V auf eine Fläche S (Bildebene)

$$V \xrightarrow{T} S \quad \text{mit } S(x, y) \rightarrow G \quad (1)$$

muß die Schnittgeometrie in beliebiger Orientierung der Schraube (Vgl. grau schraffierte Fläche, Abb. 4) dargestellt werden. Dazu werden nach der Positionierung der Schraube beide Voxelvolumen vereinigt. Zur Vereinigung wird in jeder Schicht $CT^{(n)}$ für jedes Voxel folgender Positionsvektor bestimmt:

$$I^{(0)} \mathbf{p}_{\text{voxel}} = \left(CT^{(n)} \mathbf{T}_{I^{(0)}} \right)^{-1} \cdot CT^{(n)} \mathbf{p}_{\text{voxel}} \quad (2)$$

Durch den Operator O werden die Grauwerte für die entsprechenden Voxel im Positionsbereich

$$O: G \left(CT_{\mathbf{p}} \right) \times G \left(I_{\mathbf{p}} \right) \rightarrow f \quad (3)$$

zusammengeführt und in Form eines Flags in den Bilddatensatz abgebildet. Dadurch ist es u.a. möglich, die korrekte Lage der Schrauben bereits während der Positionierung zu überprüfen. Hierzu wird getestet, ob $G \left(CT_{\mathbf{p}} \right)$ im Intervall von Knochen liegt. Bei der Anzeige werden die Flags ausgewertet und die Schnittgeometrie der Schraube durch ein Überzeichnen der entsprechenden Pixel dargestellt.

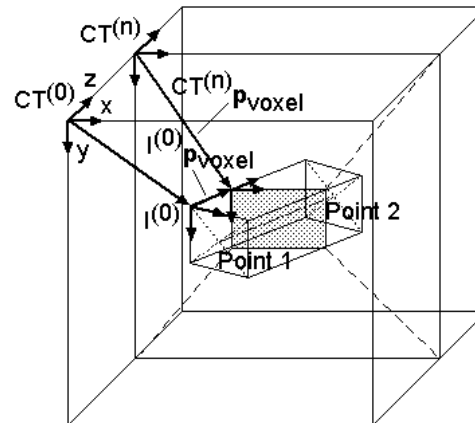


Abb. 4: Vereinigung zweier Voxelvolumen

ZUSAMMENFASSUNG

Das hier vorgestellte Planungssystem beinhaltet die zwei Arbeitsschritte des Positionierens von Schrauben und des Fräsens am Wirbelkörper. In einer weiteren Ausbaustufe werden die Schritte zur Re-Positionierung von Wirbelkörpern und die Planung der Lage der Suprakonstruktionen integriert.

LITERATURHINWEISE

- [1] FluoroNav: Firma Medtronic Sofamor Danek, <http://www.sofamordanek.com/>, 2001
- [2] Navitrack: Computer Assisted Surgery System, Firma ORTHOsoft, <http://www.orthosoft.ca/>, 2001
- [3] SPOCS: Surgical Planing and Orientation Computer System, Aesculap, <http://www.aesculap.de/>, 2001
- [4] D. Schlenzka, T. Laine, T. Lund: Computerunterstützte Wirbelsäulen Chirurgie: Prinzipien, Technik, Ergebnisse und Perspektiven. Der Orthopäde, Vol. 29, (2000), pp. 658-669
- [5] A. Hiller, J. Stahlkamp, R.D. Schraft, J. Neugebauer: Chirurgiesystem für die roboterassistierte transpedikuläre Verschraubung. Robotik 2000, Berlin, Germany, 29-30 June. Reprinted in VDI-Berichte 1552, VDI Verlag, (2000), pp. 415-421
- [6] A. Hein, T. Luth: Architektur und Anwendungen eines zugelassenen Medizinroboters. Automatisierungstechnik, Schwerpunktsheft Teleautomation, Vol. 7, (2001), in Druck