

## Computerunterstützte Orthopädische Chirurgie mit Individualschablonen

### Einleitung

In der Orthopädischen Chirurgie kommt der geometrisch exakten Planung und Ausführung eines Eingriffes am Knochen eine entscheidende Bedeutung zu. Für die Planung eines Eingriffes an Knochenstrukturen stehen dem Orthopäden insbesondere Röntgenprojektionsaufnahmen sowie Computertomographische Schnittbilder (CT-Schnittbilder) zur Verfügung.

Die jüngsten Entwicklungen im Bereich der computerunterstützten Chirurgie bieten verschiedene Lösungsansätze, um die hohe geometrische Genauigkeit der prä-operativen Bildgebung und Planung, mit Hilfe passiver sensorbasierter Navigationssysteme, bzw. semiaktiver oder aktiver Robotersysteme, für eine ebenso präzise intraoperative Ausführung zu nutzen.

Probleme entstehen u.a. aus:

- einer präoperativen Implantation von Referenzmarkern (durch flächenbasierte Verfahren teilweise umgehbar),
- dem zusätzlichen intraoperativen Zeitaufwand,
- der intraoperativen Mensch-Maschine-Interaktion,
- den intraoperativ stark begrenzten Platzverhältnissen,
- teilweise erheblichen Zusatzkosten

### Zielsetzung

Entwicklung eines einfach nutzbaren und kostengünstigen Verfahrens zur präoperativen CT-bildbasierten Planung und intraoperativ entsprechend exakt geführten Bearbeitung von Knochenstrukturen.

### Lösungsansatz

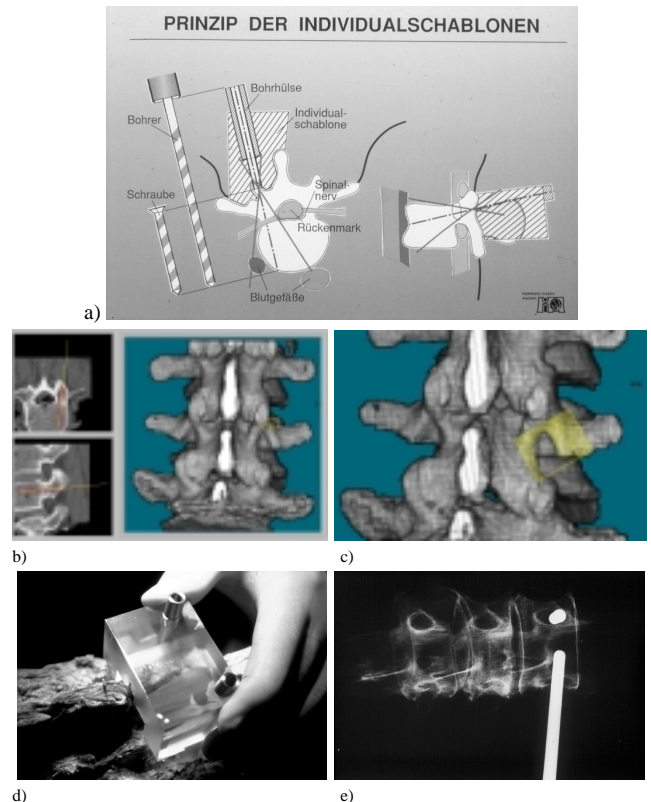
Am Helmholtz-Institut Aachen wurde das Verfahren der CT-bildbasierten Individualschablonen entwickelt:

Für die computergestützte Planung der Operation werden CT-Bilddaten aufgenommen. Mit Hilfe des Operationsplanungssystems DISOS<sup>1</sup> (Bild 1b,c) werden die Bilddaten automatisch dreidimensional rekonstruiert. Das System ermöglicht es dann die räumliche Lage der Bohrungen oder Schnitte in Relation zum Knochen exakt festzulegen und bewerten. Zur Führung des Bearbeitungswerkzeuges können intraoperativ mechanische Werkzeugführungen verwendet (wie z.B. Bohrhülsen, Sägeführungen o.ä.) werden. Die entsprechende Lage der Werkzeugführungen wird individuell angepaßten Bearbeitungsschablonen gespeichert.

Um diese Bearbeitungsschablone während der Operation genau in der zuvor definierten Position auf den Knochen aufsetzen zu können, wird die Aufsatzfläche der Schablone an Teile der im Operationszugang normalerweise sichtbaren Knochenoberfläche angepaßt. Die individuelle Geometrie dieses Flächenbereiches wird aus den computergestützt dreidimensional rekonstruierten CT-Bilddaten des Patienten gewonnen, wobei der Operateur den gewünschten Operationszugang und Aufsatzbereich interaktiv definieren kann (Bild 1c). Die Paßform wird dann nach einer automatischen Generierung der entsprechenden NC-Fräswege computergesteuert in die Schablone eingefräst. Hierzu ist - vergleichbar einem Drucker - eine NC-Kompaktfräse in das DISOS-System integriert.

Es entstehen somit individuell angepaßte Referenzflächen, die ein eindeutiges formschlüssiges Aufsetzen der Schablone auf der natürlichen Knochenoberfläche ermöglichen (Bild 1d). Auf diese Weise kann während der Operation die geplante Lage der Bearbeitungsschablone gefunden und die Werkzeugführungen repositioniert werden. Die Planungsinformation ist somit auf eine Art gespeichert, die intraoperativ ohne weitere computertechnische Hilfsmittel oder Zeitverluste intuitiv genutzt werden kann.

Der Chirurg wird bei der Bearbeitung des Knochens gemäß seiner Operationsplanung geführt.



*Bild1: Prinzip der Individualschablonen -Beispiel Wirbelsäule-Führung einer transpedikulären Bohrung mittels formschlüssig auf-sitzender Individualschablone: a) Prinzip: optimale Positionierung in Pedikel und Wirbelkörper und Schonung von Rückenmark, Nerven und Blutgefäßen, b) computerunterstützte Planung der Bohrungen mit DISOS, c) interaktive Wahl der Aufsatzfläche, d) Aufsetzen der angepaßten Schablone insitu, e) 5 mm Bohrung in Röntgenkontrollaufnahme (keine Perforation) am Präparat*

### Anwendungsbeispiele:

Laborexperimentell erprobte Anwendungen:

- |              |   |
|--------------|---|
| Wirbelsäule: | <ul style="list-style-type: none"> <li>• HWS- und LWS-Dekompression</li> <li>• transpedikuläre Bohrungen</li> <li>• Umstellungsosteotomie bei Skoliose</li> </ul>                   |
| Hüfte:       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• periacetabuläre Umstellungsosteotomien</li> <li>• Zystenpunktion im Femurkopf</li> <li>• intertrochantäre Umstellungsosteotomie</li> </ul> |
| Knie:        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tibiaosteotomie bei TKA</li> </ul>   |

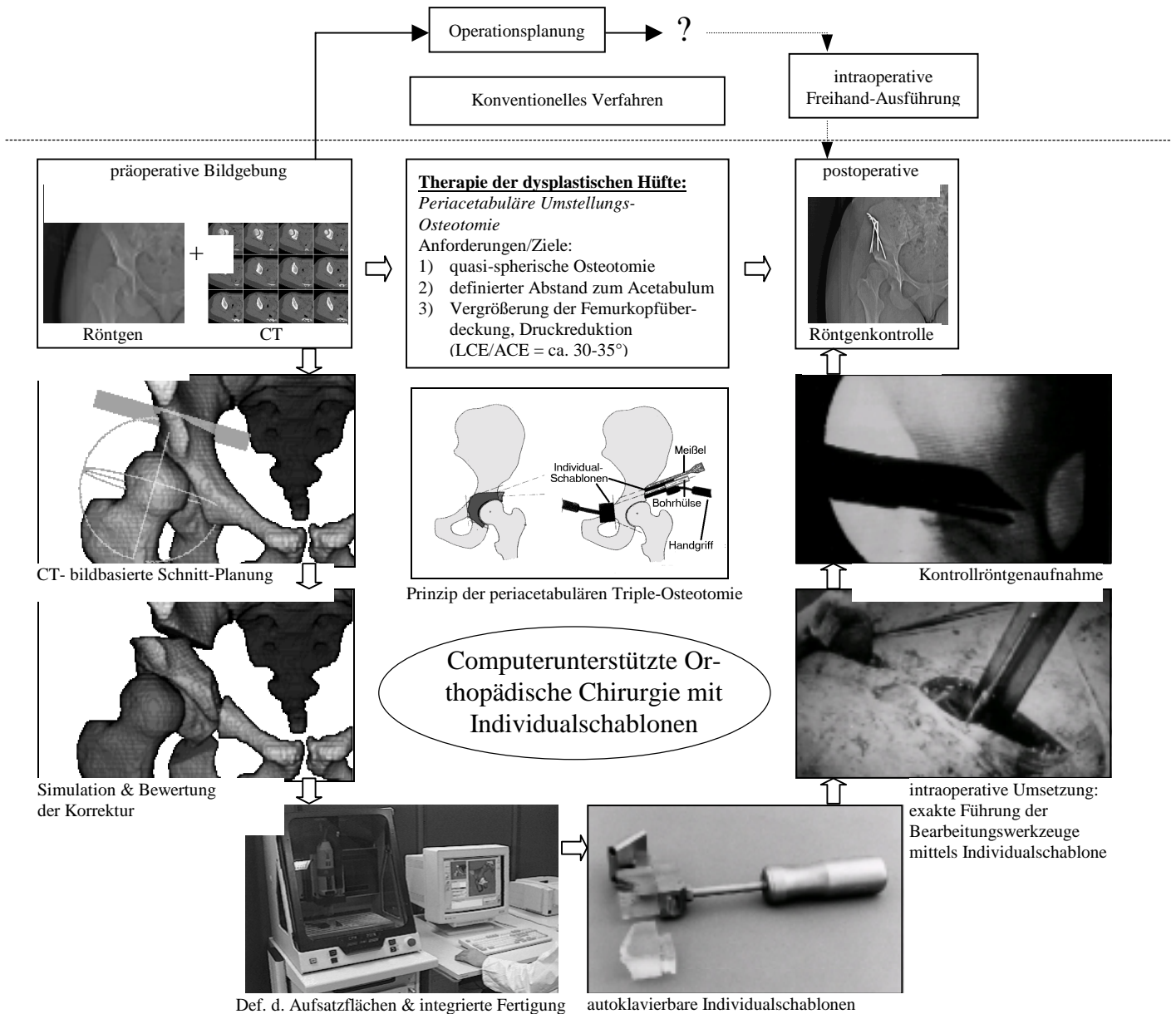
Bisherige klinische Anwendung:

- periacetabuläre Umstellungs-Osteotomie nach TÖNNIS

•••

<sup>1</sup> DISOS - Desktop Imageprocessing System for Orthopedic Surgery

# - Klinische Anwendung für die periacetabuläre Umstellungsosteotomie -



## Verfahrensschritte:

### A) Präoperativ:

- CT-Aufnahmen & Datenübertragung
- I. 3D-Rekonstruktion & -Analyse
- II. Operationsplanung & -simulation
- III. Definition der Aufsatzflächen
- IV. autom. Werkzeugwegprogrammierung
- V. autom. computergesteuerte Fräsbearbeitung (I.-III. ca. 5-15 Min.; IV.-V. ca. 10-20 Min.)
- Dampfsterilisation (z.B. 135°C, 5-20 Min.)

### B) Intraoperativ:

- konventioneller Operationszugang
- VI. formschlüssiges Aufsetzen der Schablone auf den Knochen (optional: Röntgenkontrolle)
- schablonengeführte Bearbeitung des Knochens entsprechend der präoperativen Planung

## Charakteristika:

- + präzise präoperative 3D-Planung
- + exakte intraoperative Umsetzung der Planung
- + Genauigkeiten besser 1 mm bzw. 1°
- + konventionelles intraoperatives Vorgehens
- + einfache intuitive Handhabung
- + konventionelle Werkzeugführungen und Schablonensysteme adaptierbar
- + keine komplexen intraoperativen Hilfsmittel
- + keine zusätzliche intraoperative Registrierung
- + kein zusätzlicher Platzbedarf im OP
- + Verkürzung der Ausführungszeiten
- + kein Arbeiten unter Röntgendurchleuchtung
- präoperative CT-Bilder erforderlich
- präoperative Planung notwendig
- keine perkutane Anwendungen möglich

## aktuelle F&E-Schwerpunkte:

- einriffspezifische Planungs- und Simulationswerkzeuge
- ergonomische Benutzerführung
- effiziente biomechanische Bewertungsmodelle
- kontextabhängige Segmentierungsverfahren
- Verarbeitung von NMR-Bilddaten
- Verfahren zur apriori-Abschätzung der geom. Bestimmtheit von Kontaktflächen
- Optimierung des CAD / CAM Prozesses
- Entwicklung von einriffspezifischen Adaptersystemen und Komponenten
- experimentelle Genauigkeitsuntersuchungen
- klinische Evaluierung
- Entwicklung neuer operativer Strategien (z.B. sphärische periacetabuläre Osteot.)
- Vorbereitung weiterer klinischer Applikationen (THA, TKA, Wirbelsäule,...)

Projektförderung durch die EC/DGXIII: IGOS, HC1026HC

### Projekt-Partner:

- Kreiskrankenhaus Marienhöhe Würselen, Abtlg. Für Orthopädische Chirurgie (Prof. Dr. med. H.-W. Staudte)
- GEMETEC Aachen mbH, Aachen

### zusätzlich klinische Beratung und Evaluierung u.a.:

- Orthopädische Klinik der RWTH-Aachen (Dr. D.C. Wirtz)
- Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble, Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie, La Tronche, F (Prof. Ph. Merloz)
- Catharina Ziekenhuis, Maatschap Orthopaedie&Traumatologie, Eindhoven, NL (Dr. T.V.S. Klos)
- Princess Margaret Rose Orthopaedic Hospital, Edinburgh, UK (Dr. J. Robb)