

Leistungssteuerung chirurgischer Instrumente in der Kopf-Chirurgie

GMDS 2006, 11.09.2006, Leipzig

**Kirill Koulechov, Gero Strauss, Andreas Dietz, Matthias Hofer,
Werner Korb, Tim Lüth**

MiMed - Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Prof. Dr. Tim C. Lüth
Technische Universität München - Germany

Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen



Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Problemstellung

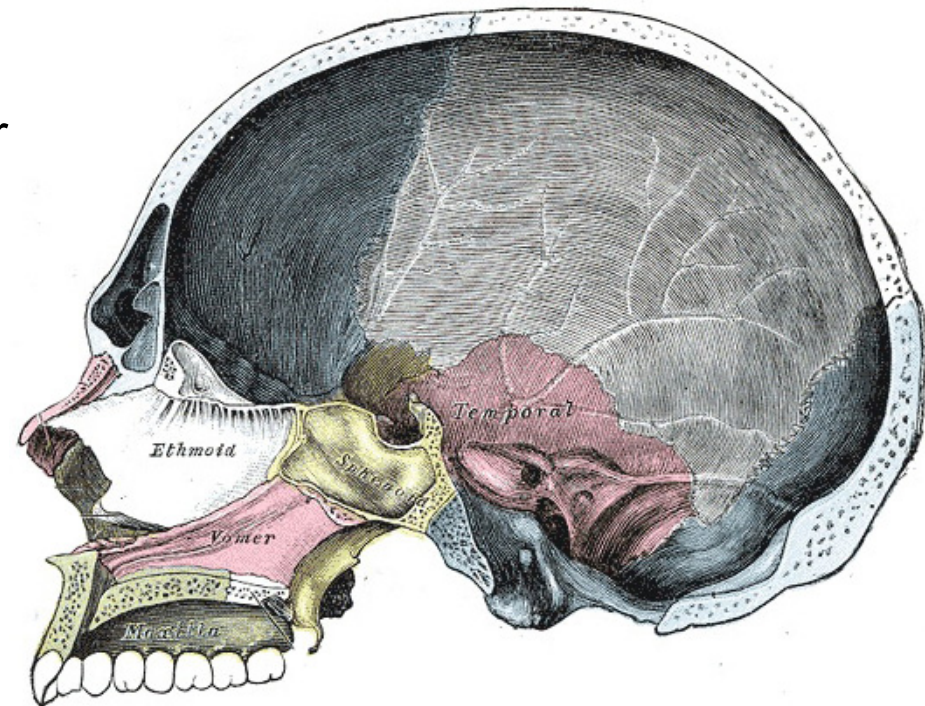
Hohe Anforderungen an Patientensicherheit in der Kopf-Chirurgie

Problemstellung:

- Häufig Operationen von sehr feinen Struktur
- Intakte Anatomie soll erhalten bleiben
- Operative Zugänge werden kleiner

Beispielhafte Anwendung:

- Chirurgie am Kopf
- Geringe Entfernung anatomischer Strukturen im Kopf
- HNO-Chirurgie
- MKG-Chirurgie

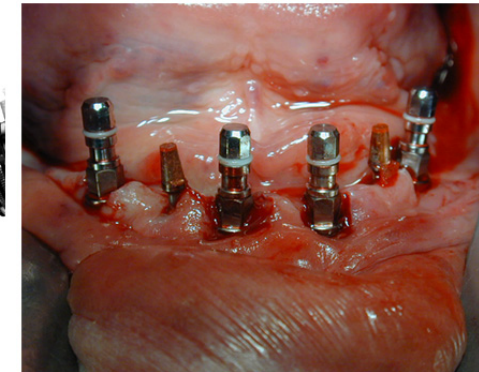
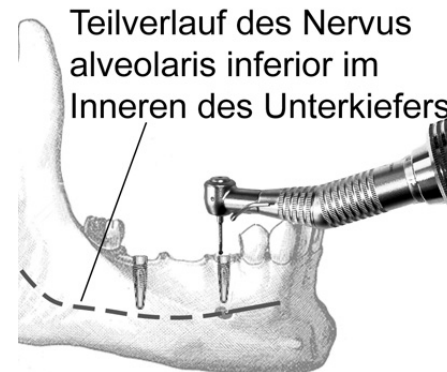
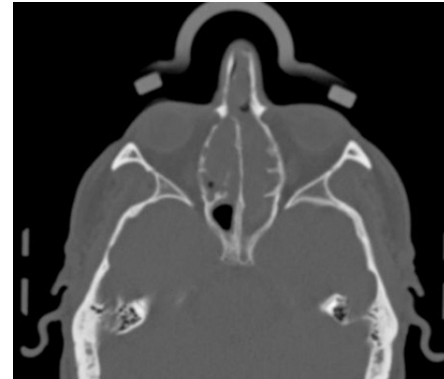


Stand der Technik: Kopf-Chirurgie

Eingriffe in der HNO-Chirurgie und in der dentalen Implantologie

FESS:

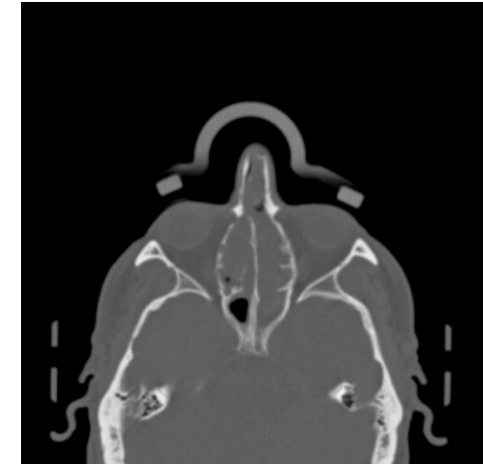
- **F**unctional **E**ndoscopic **S**inus **S**urgery
- Sehr häufige Operation
- Krankhafte Schleimhaut wird entfernt
- Benachbarte Anatomie (z.B. das Auge) darf nicht beschädigt werden



FESS

Funktionale Endoskopische Sinuschirurgie

- Ausgeprägtester Befund bei Polyposis nasi bei ca. 4% der Bevölkerung
- Diagnose ca. 220.000 mal in 2001 gestellt
- Behandlung 300 mal p.a. in einer Klinik
- Komplikationsrate wird je nach Komplikation mit ca. 1% angegeben (Behrbohm et al 1997), 6% im Beitrag
- Narkose oder Lokalanästhesie (leichtere Fälle, koop. Patient)
- Bei wiederholten Reizen Anschwellen der Schleimhaut, daraus kann sich ein Polyp beim Kontakt der Wände formen

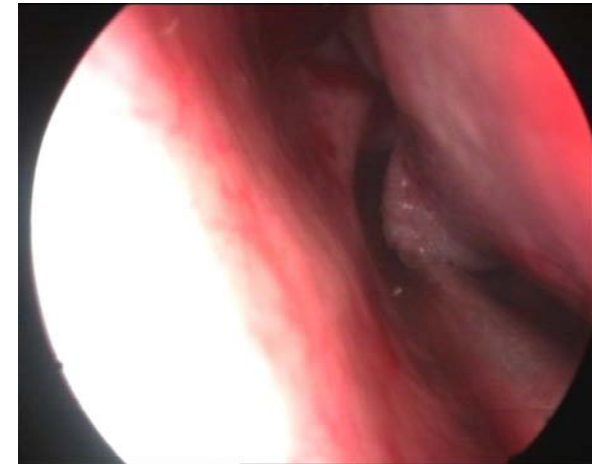


Ethmoid:

- Länge ca. 4-5 cm, Höhe ca. 3 cm, Breite ca. 7-15 mm
- ca. 2-10 vordere und 2-6 hintere Zellen

Komplikationen:

- Verletzung der Lamina papyracea, Orbitalhämatom, Erblindung, Rhinoliqorrhoe, Blutung (Berbohm et al. 1997)



Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen



Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Stand der Technik

Forschungsarbeiten



- Bohrschablonen nach einer computerassistierten Planung (Fa. Materialise)
- Navigationssysteme und Planungssysteme für die Implantologie (Fa. RoboDent)
- Navigationssysteme für die HNO (StealthStation, Fa. Medtronic)
- Roboter für HNO-Eingriffe (Universität Erlangen, Prof. H. Iro, und Medical Intelligence)

Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Wissenschaftlicher Ansatz

Kliniktaugliche Realisierung und Evaluierung der Leistungsteuerung

Ansatz:

- Leistungssteuerung von chirurgischen Instrumenten nach präoperativer Planung

Ziele:

- Vermeiden der Verletzungen des Patienten
- Verringerung der Belastung des Chirurgen

Wichtigste wissenschaftlichen Inhalte:

- Modellierung chirurgischer Eingriffe
- Redundante, ausfallsichere Steuerung der Instrumentenleistung
- Erstellung einer kliniktauglichen Planung für die HNO

Validierung der wissenschaftlichen Inhalte in der Klinik

Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

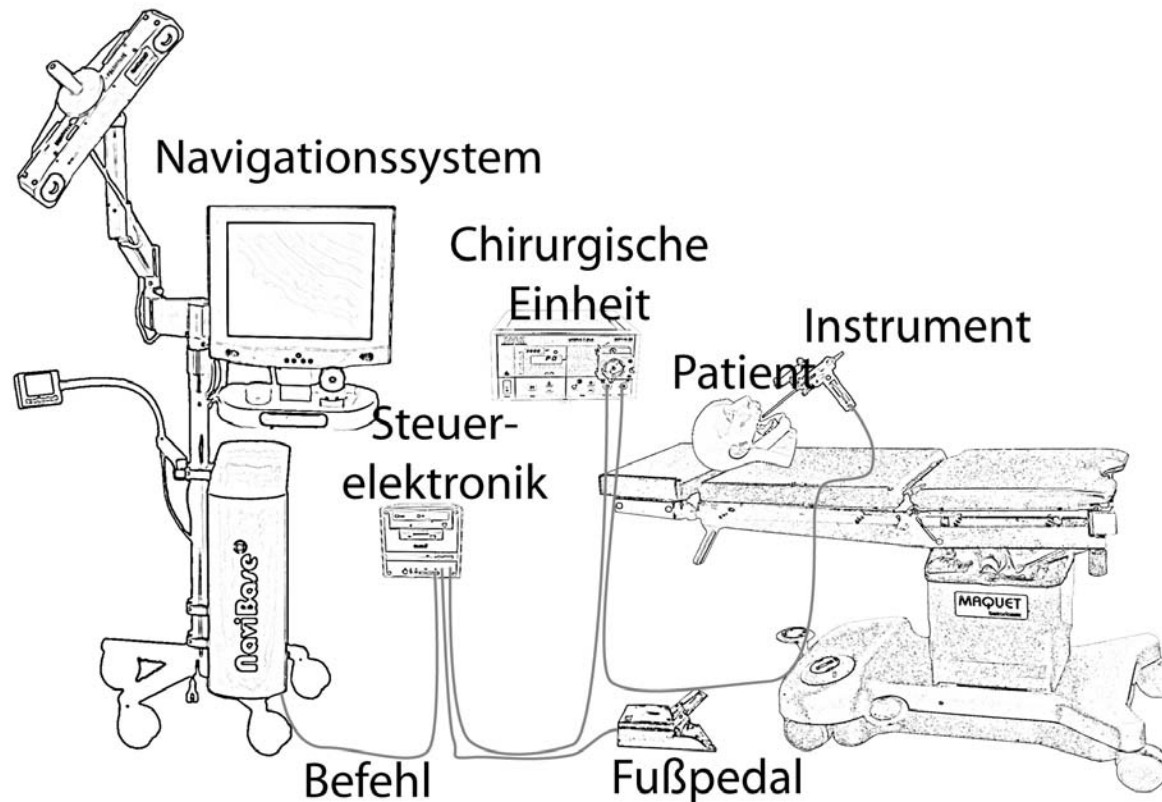


Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Systemarchitektur für die Leistungssteuerung

Weltweit erstes kliniktaugliches System für Navigated Control



Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

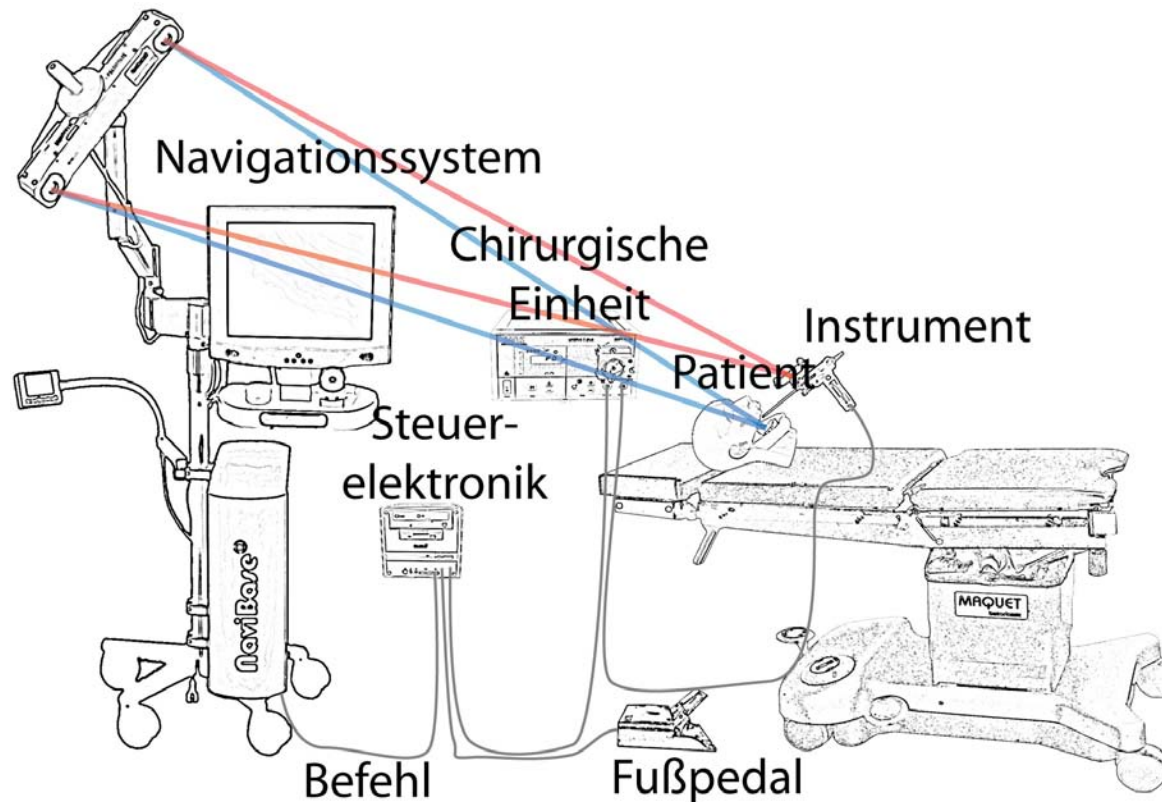


Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Systemarchitektur für die Leistungssteuerung

Sensor bestimmt die Lage des Patienten und des Instruments



Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

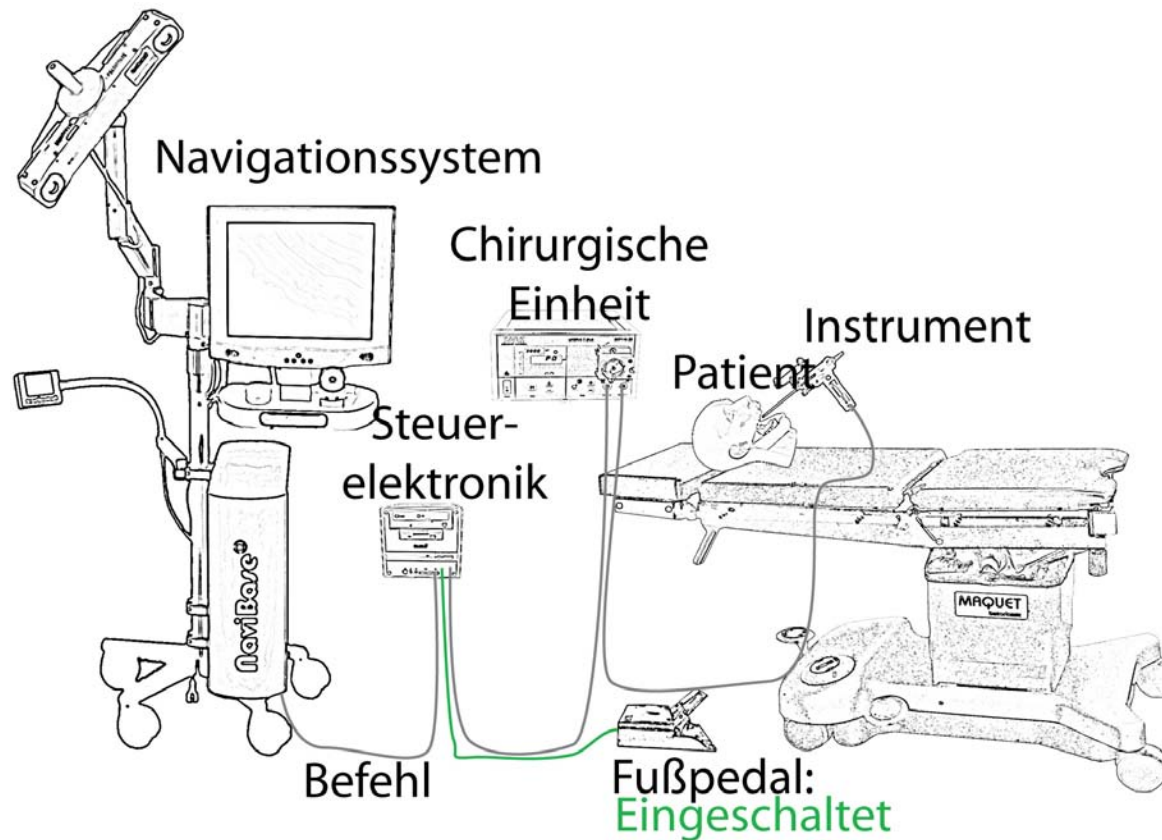


Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

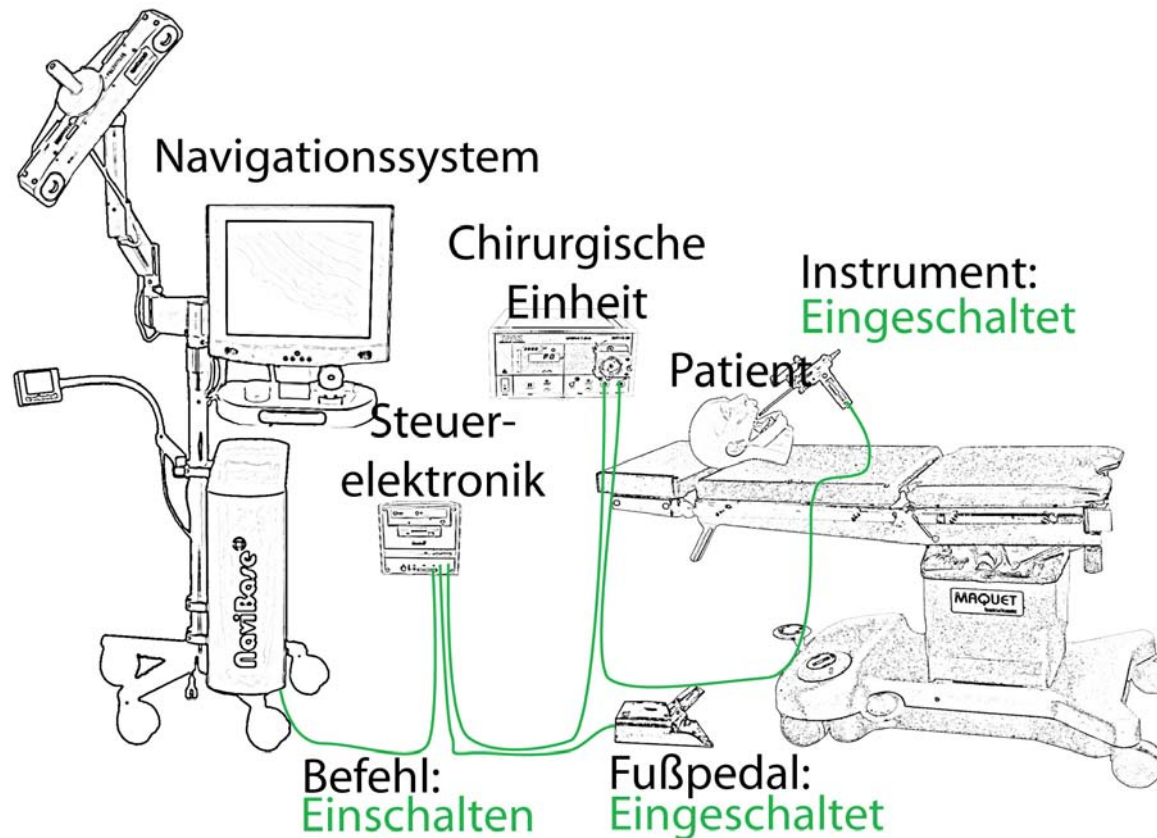
Systemarchitektur für die Leistungssteuerung

Das Einschalten des Pedals durch den Arzt wird überwacht



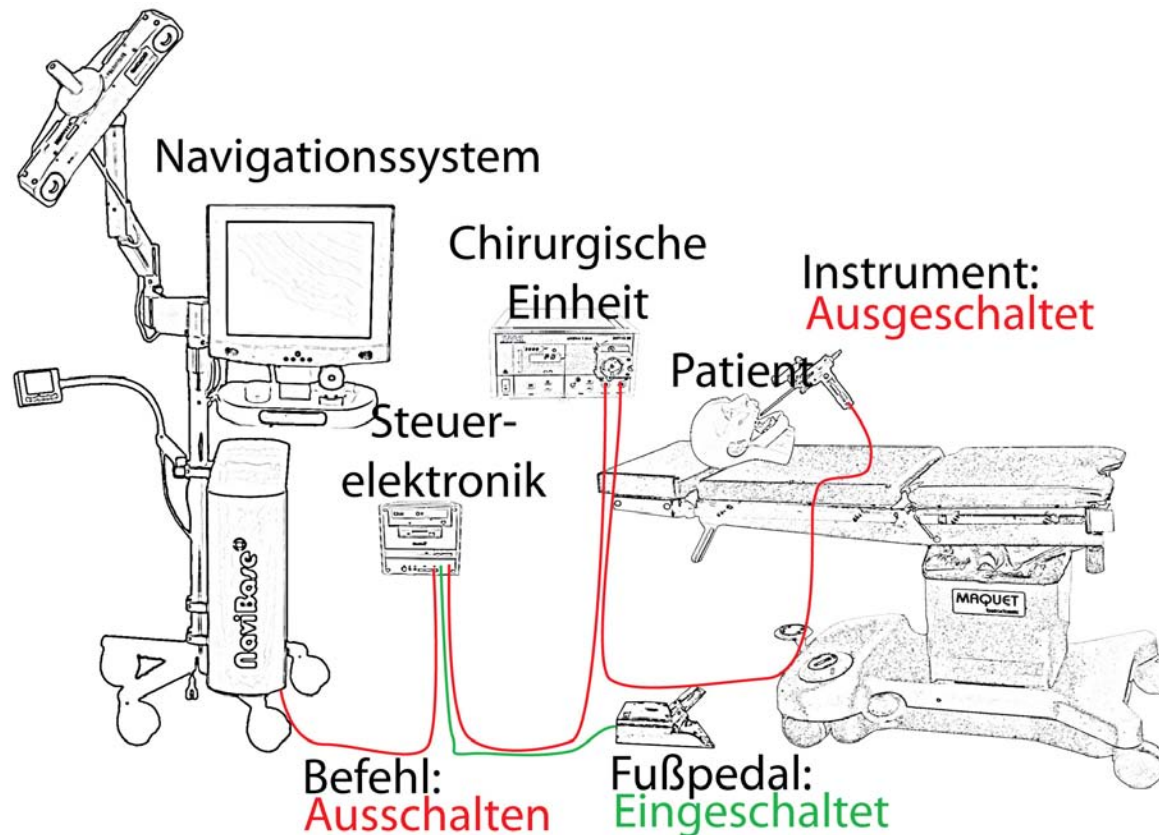
Systemarchitektur für die Leistungssteuerung

Bei korrekter Position des Instruments erfolgt eine Freischaltung



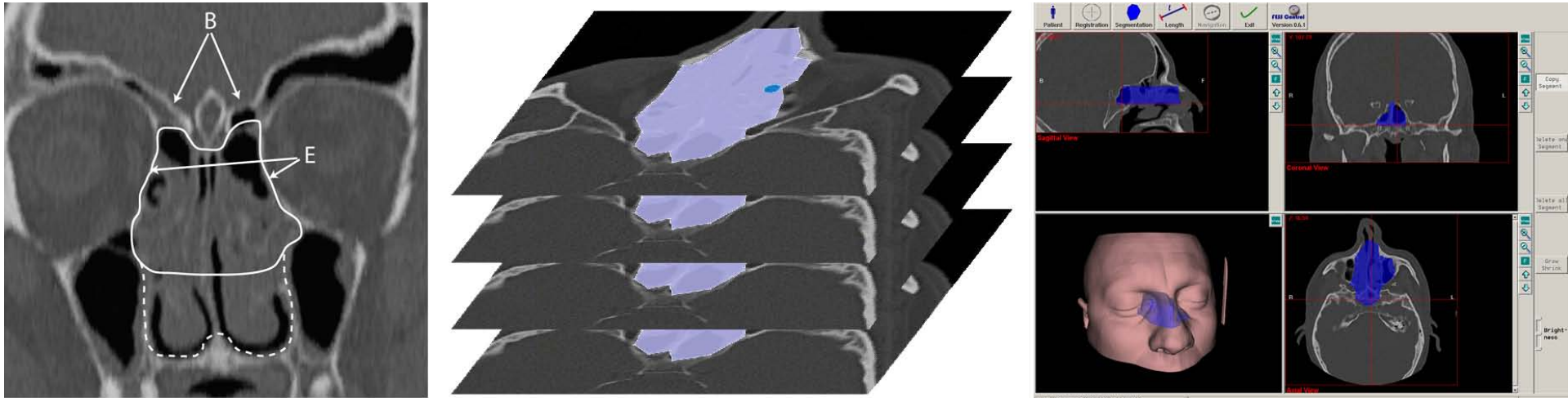
Systemarchitektur für die Leistungssteuerung

Bei falscher Position des Instruments wird Leistung reduziert



Kliniktaugliche Planung für FESS-Eingriffe

Planung für Funktionale Endoskopische Sinuschirurgie



Problem:

- Es existiert keine kliniktaugliche Planung für FESS

Ziel:

- Festlegung eines Gebiets, aus dem entzündetes Gewebe entnommen wird
- Schützenswerte Strukturen müssen außerhalb des geplanten Gebiets liegen

Klinischer Hintergrund:

- Keine automatische Segmentierung wegen verschiedenartigen Gewebearten

Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Phasenorientierter Ansatz

Modellierung chirurgischer Eingriffe am Beispiel des Bohrens

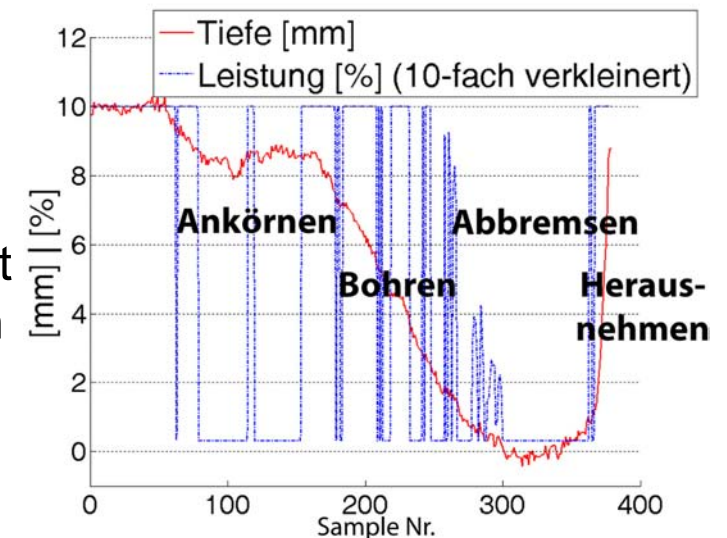
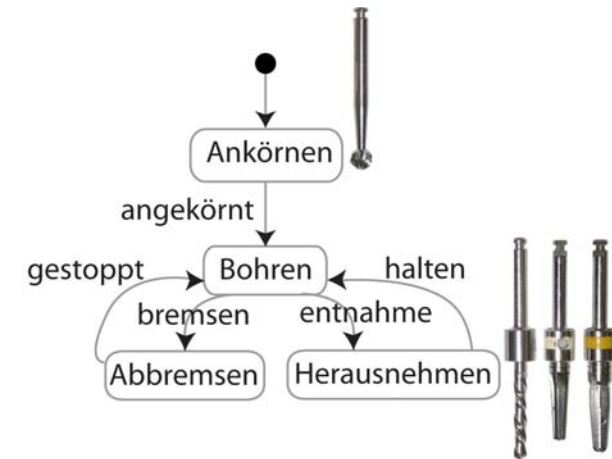
Es wird ein Modell vom chirurgischen Eingriff erstellt

Verschiedene Phasen des Bohrens:

- Operationsphasen werden auf Zustände abgebildet
- Zuerst Ankörnen an der Implantatposition
- Anschließend Bohren des Kanals mit Implantatbohrern
- Vor der Zieltiefe muss der Bohrer abgebremst werden
- Herausnehmen des Bohrers nach Erreichen der Zieltiefe

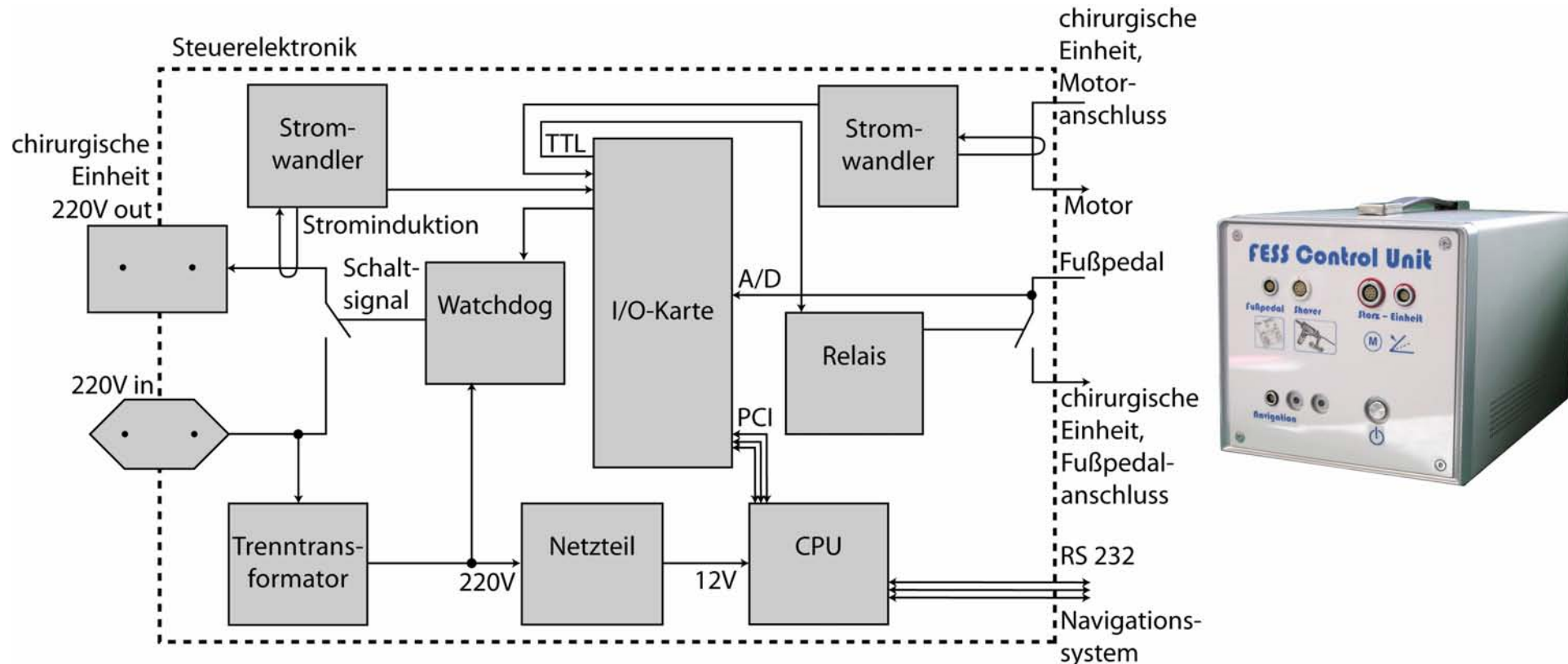
Phasenorientierte Leistungssteuerung:

- Das Instrument wird optimal für einen Zustand gesteuert
- Phasenorientierte Steuerung ermöglicht ergonomischen Einsatz



Redundante Steuereinheit

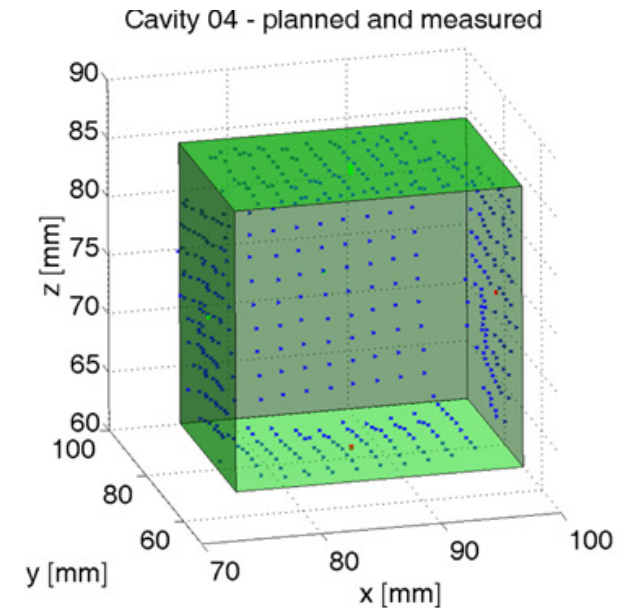
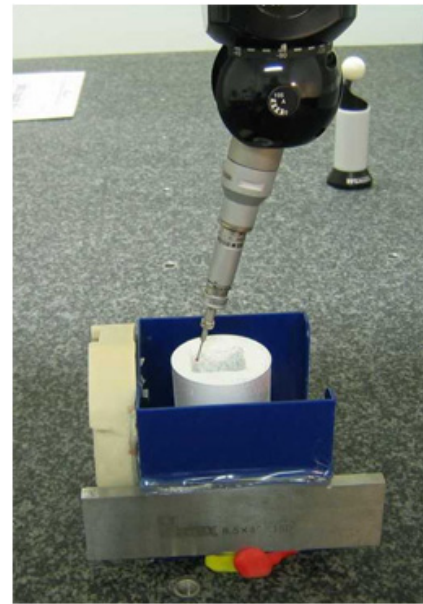
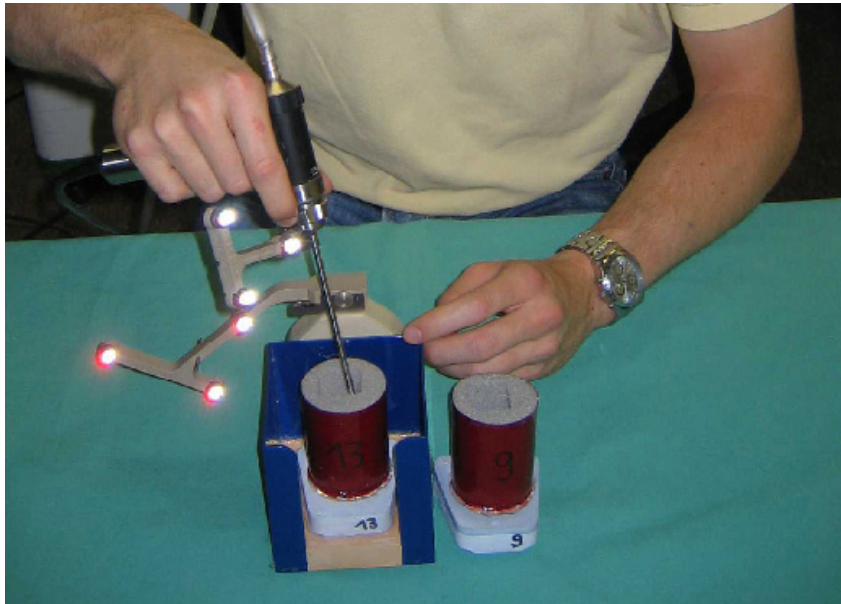
Ausfallsichere Hardware für die Leistungssteuerung mit Watchdog



- Zusätzliche Sensoren und redundante Aktoren sowie ein Watchdog-Konzept ermöglichen eine ausfallsichere Leistungssteuerung

Technisches Experiment FESS

Wie genau kann eine Kavität abgetragen werden?



- Abtragung von Kavitäten aus Probekörpern
- Vermessung der Messkörper mit einer Koordinatenmessmaschine
- Registrierung der Messung: $p_i^{plan} = T_{titan}^{plan} \cdot T_{hole}^{titan} \cdot T_{faro}^{hole} \cdot T_{metal}^{faro} \cdot T_{km}^{metal} \cdot p_i^{km}$
- Abweichung zwischen Plan und Abtragung: $|\mu| < 1 \text{ mm}$ ($N=25$, $\sigma=0,4 \text{ mm}$)

Klinische Studie bei FESS

Studie im Herbst 2005 mit 10 Patienten am HNO-Klinikum Leipzig

Studie mit 10 Patienten:

- Verlauf zwischen Okt. und Nov. 2005
- Umfangreiche Evaluierungsprotokolle wurden erstellt

Ergebnis:

- Erstmaliger Einsatz von Leistungssteuerung in der HNO-Chirurgie
- Alle Patienten erfolgreich behandelt, der Schutz gefährdeter Strukturen wurde durch das System gewährleistet
- Auswertung des Evaluierungsbogens ergab Verbesserungsmöglichkeiten bei der Planung und Patientenregistrierung



Klinische Studie bei FESS

Video des klinischen Einsatzes



Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Diskussion

Welche Ergebnisse wurden erbracht?

Ein neuartiges System für Leistungssteuerung chirurgischer Instrumente wurde

- Kliniktauglich entworfen mit einer sicherheitsgerichteten Architektur
- Realisiert inklusive der Elektronik, Software, Mechanik
- Dokumentation für klinischen Einsatz wurde erstellt
- Klinisch ausgewertet in drei chirurgischen Eingriffsarten

Erstmalige kliniktaugliche Realisierung von Leistungssteuerung

- Der Arzt kann das Instrument nicht falsch einsetzen
- Es kann eine mit Robotern vergleichbare Genauigkeit und Sicherheit erzielt werden
- Der Arzt verwendet sein Instrument wie gewohnt freihändig

Der erste Nachweis der Kliniktauglichkeit der Leistungssteuerung erbracht

Kirill Koulechov, 11.09.2006, GMDS 2006, Leipzig

mimed

Lehrstuhl Mikrotechnik und Medizingerätetechnik
Univ. Prof. Dr. Tim C. Lüth

IME TUM
ZENTRALINSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Fakultät
Maschinenwesen

Medizinische Fakultät
Klinikum rechts der Isar

Ausblick

Weitere chirurgische Eingriffe, Evaluierung, Produktpotential

Weitere chirurgische Eingriffe:

- **Hartgewebe**
Abtragen von Knochen am Mastoid
- **Weichgewebe**
Selektives Zertrümmern von Hirntumoren

Produktpotential für einen führenden Medizingerätehersteller

Evaluierung an führenden Kliniken in Deutschland und Österreich



LKH-Univ. Klinikum Graz

