

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



**„Bildgebung im Operationssaal“**

C. R.Wirtz, A. Unterberg  
Neurochirurgische Klinik, Klinikum der Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, Deutschland  
E-Mail: [rwirtz@med.uni-heidelberg.de](mailto:rwirtz@med.uni-heidelberg.de)

Band: „Tagungsband, Automed 2004“  
Editors: W. I. Steudel  
ISBN: 3-00-013509-X  
Pages: 9-10

## Bildgebung im Operationssaal

C. R. WIRTZ, A. UNTERBERG

Neurochirurgische Klinik, Klinikum der Ruprecht-Karls-Universität  
Im Neuenheimer Feld 400, 69120 Heidelberg

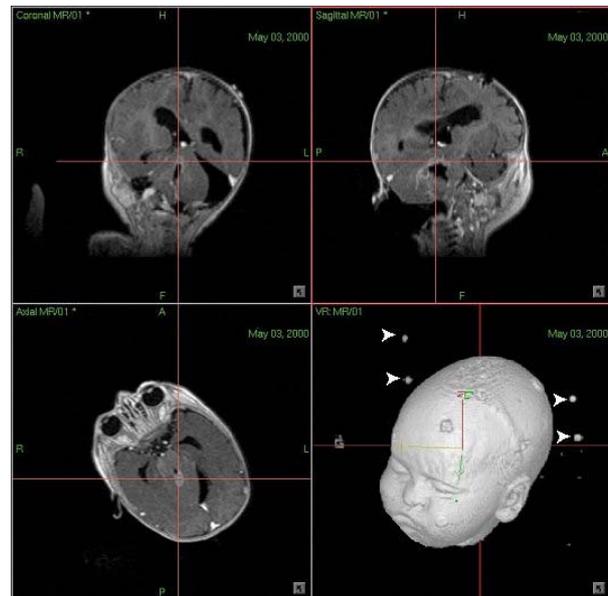
E-Mail: [rwirtz@med.uni-heidelberg.de](mailto:rwirtz@med.uni-heidelberg.de)

### EINLEITUNG

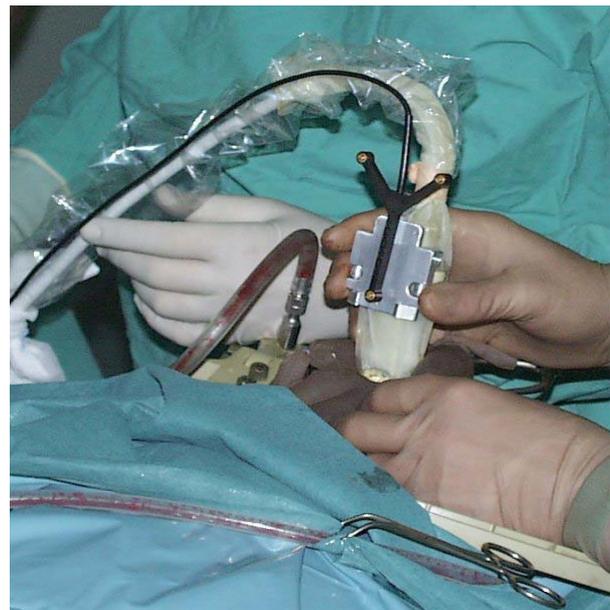
Die Bildgebung hat in Form der Durchleuchtung und des Ultraschalls bereits seit längerem einen festen Platz im OP. Neuerdings werden aber auch MRT und CT zunehmend intraoperativ eingesetzt. In Verbindung mit Verfahren der intraoperativen Navigation können so die zugrunde liegenden Datensätze an die durch die Operation veränderte Situation angepasst werden. Für diese Anwendung eignen sich besonders die Schnittbild-Verfahren wie CT und MRT. Auch mit dem Ultraschall lassen sich inzwischen 3-D-Datensätze akquirieren, mit denen eine Navigation möglich ist. Auch was die Bildqualität angeht, so sind beim Ultraschall in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte erzielt worden. Daher sind für die Neurochirurgie wegen der guten Weichteildarstellung vor allem der Ultraschall und die MRT von besonderem Interesse für die intraoperative Resektionskontrolle. Mit beiden Methoden lässt sich die Navigation aktualisieren, um die Resektionsradikalität zu steigern. Eine vergleichende Anwendung beider Verfahren ist nicht zuletzt auch wegen der deutlich unterschiedlichen Kosten von Bedeutung.

### MATERIALIEN UND METHODEN

Im neurochirurgischen Operationssaal wurde ein MR-Tomograph (0,2 Tesla Magnetom Open, Fa. Siemens) zur intraoperativen Bildgebung bei mikrochirurgischen Operationen von Hirntumoren installiert [Tronnier 1997]. Bei 303 Patienten wurde intraoperativ eine MR-Untersuchung durchgeführt. Zusätzlich konnte ein high-end Ultraschallgerät (navigierter 3-D-Ultraschall, Sonowand, Fa. Mison, Norwegen) installiert [Bonsanto 2001] und bei 169 Operationen intraoperativ angewendet werden. Beide Methoden wurden nach Bildqualität, Nachweis von Resttumor und Artefakten durch den chirurgischen Eingriff bewertet. Beim Nachweis von resektablem Resttumor erfolgte mit den intraoperativen Bilddaten eine Aktualisierung der Navigation (Abb. 1) und Fortsetzung der Operation. Die Referenzierung der intraoperativen Bilddaten erfolgte anhand von intraoperativ eingebrachten Markierungen, die im MRT sichtbar waren. Beim Ultraschall wurden die 3-D-Datensätze mit einer getrackten Ultraschall-Sonde akquiriert und so automatisch dem Koordinatensystem des Patienten angepasst (Abb. 2 und 3). Die Radikalität der Operationen wurde mit einer frühen postoperativen MRT-Untersuchung in einem konventionellen Hochfeld-MRT überprüft. Um einen direkten Vergleich der Methoden zu ermöglichen, erfolgte bei 36 Operationen eine Anwendung beider Verfahren gleichzeitig.



**Abb. 1:** ioMRT mit Nachweis von Resttumor bei einem Kind mit einem malignen Ependyom der hinteren Schädelgrube. Auf der 3-D-Rekonstruktion sind die intraoperativen Marker (Pfeile) zu erkennen



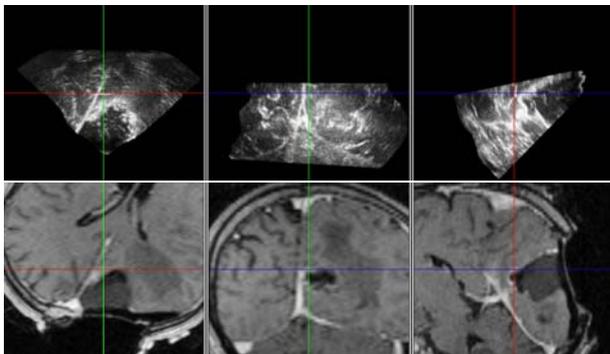
**Abb. 2:** Navigierte Ultraschall-Sonde zur Akquisition eines 3-D-Datensatzes

## ERGEBNISSE

Bei 3 % der intraoperativen MRT (ioMRT) konnte aufgrund technischer Probleme keine Bildgebung erfolgen, während in allen Fällen ein intraoperativer Ultraschall (ioUS)-Datensatz mit Update der Navigation zu gewinnen war. Dagegen war im ioMRT die Bildqualität in 90 % gut oder ausreichend, im ioUS allerdings nur in 78 % der Untersuchungen. Bei beiden Verfahren wurde die Beurteilbarkeit durch chirurgisch induzierte Artefakte eingeschränkt (s. Abb. 3).

Bei den 129 Operationen von höhergradigen Gliomen mit (ioMRT) ließ sich durch die Untersuchung und anschließende Nachresektion eine Steigerung der radikalen Operationen von 22 % im ioMRT auf 53 % im frühen postoperativen MRT erreichen. Beim ioUS konnte der Anteil bei 46 Gliom-Operationen von 24 % intraoperativ auf 48 % gesteigert werden.

Beim direkten Vergleich der beiden unterschiedlichen Bildgebungsverfahren zeigte der 3-D-navigierte Ultraschall bei 9 (25 %) der Fälle eine Totalresektion. Als subtotal reseziert wurden 17 (47 %) der Fälle eingestuft. Das intraoperative MRT zeigte bildmorphologisch in 25 von diesen 26 Fällen die gleiche Bildinformation. Bei den 10 (28 %) Fällen, die nach dem ioUS als unklare bildmorphologische Befunde eingestuft wurden, fand sich im ioMRT bei 6 Fällen eine subtotale, bei 3 Fällen eine totale Resektion und 1 Fall wurde auch nach MRT-Kriterien als unklar definiert.



**Abb. 3:** Kongruente Darstellung der intraoperativen Daten von MRT und Ultraschall nach Registrierung der Daten mit dem MISON-Gerät. Im MRT links unten ist medial noch ein kleiner Rest des Glioblastoms zu erkennen. Beim Ultraschall findet sich operationsbedingt ein hyperechogener Rand um die Resektion und im MRT eine lineare KM-Anreicherung am Resektionsrand.

## DISKUSSION

Durch die intraoperative Bildgebung gelingt es, die morphologischen Veränderungen im Operationsfeld abzubil-

den und dadurch Abweichungen der Neuronavigation zuverlässig auszugleichen. Das führt zu einer Steigerung der Resektionsradikalität, die wiederum eine Verlängerung der Überlebenszeit zur Folge hat [Wirtz2000]. Sowohl bei der intraoperativen MRT wie auch beim intraoperativen Ultraschall war eine Zunahme der Resektionsradikalität nach bildgebenden Kriterien feststellbar. Der ioUS ist in der intraoperativen Anwendung deutlich weniger aufwändig als die ioMRT, bei der der Patient ins MRT verschoben und die Navigation anschließend wieder mit den intraoperativen Daten neu referenziert werden muss [Wirtz1997]. Andererseits ist der Anteil an qualitativ diagnostisch ausreichenden Untersuchungen bei der ioMRT höher als beim ioUS, und die ioMRT ist in der Darstellung von Tumorresten überlegen. Die Interpretation der intraoperativen Bilder kann bei beiden Methoden durch chirurgisch bedingte Artefakte problematisch sein. Die Wertigkeit der Methoden hinsichtlich des klinischen Routineeinsatzes ist aber noch zu klären.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die intraoperative Bildgebung kann eine Steigerung des Resektionsausmaßes bei Hirntumor-Operationen bewirken. Die ioMRT scheint dem ioUS überlegen zu sein, wobei noch unklar ist, ob der finanzielle und personelle Mehraufwand der ioMRT damit gerechtfertigt werden kann.

## Danksagung

Herrn Bonsanto, der den intraoperativen Ultraschall in unserer Abteilung betreut, danke ich für die freundliche Bereitstellung von Daten und Bildern zum ioUS.

## LITERATUR

[Bonsanto2001]

M. M. Bonsanto et al., "Initial experience with an ultrasound-integrated single-RACK neuronavigation system", *Acta Neurochir (Wien)* 143, p 1127-1132, 2001

[Tronnier1997]

V. M. Tronnier et al., "Intraoperative Diagnostic and Interventional Magnetic Resonance Imaging in Neurosurgery", *Neurosurgery* 40, p 891-902, 1997

[Wirtz1997]

C. R. Wirtz et al., "Image-guided neurosurgery with intraoperative MRI: update of frameless stereotaxy and radicality control", *Stereotact Funct Neurosurg* 68, p 39-43, 1997

[Wirtz2000]

C. R. Wirtz et al., "Clinical Evaluation and Follow-up Results for Intraoperative Magnetic Resonance Imaging in Neurosurgery", *Neurosurgery* 46:1112-1120, 2000