

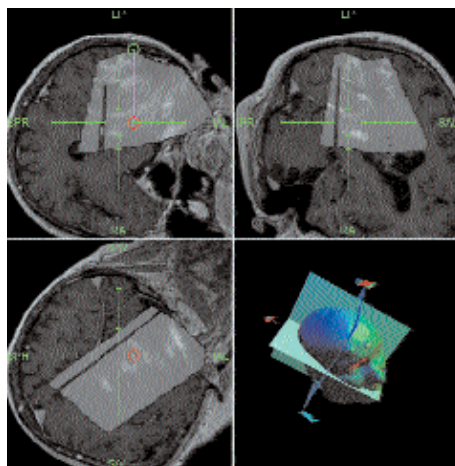
Simulation der Temperatureausbreitung bei der Laser-Induced Interstitial Thermotheapie (LITT).  
© Fraunhofer

# Tumor im Blick

Gehirntumore zu entfernen, ist schwierig. Denn bei der Operation ändert sich die Lage des Gehirns. 3D-Ultraschall liefert aktuelle Bilddaten und hilft dem Chirurg so, den Tumor sicher heraus zu operieren. Auch bei Schlüssellochoperationen sorgt die Technik für den notwendigen Durchblick.

**Operationen** am Gehirn sind für Ärzte eine besondere Herausforderung: Ein falscher Schnitt und wichtige Regionen der Schaltzentrale unseres Körpers sind irreparabel zerstört. Daher muss der Eingriff exakt geplant und vorbereitet werden. Doch wo genau befindet sich der Tumor? Wie kann er am besten entfernt werden? Wo sind empfindliche Areale, die nicht verletzt werden dürfen? Um diese Fragen zu beantworten, nutzen Mediziner die Magnetresonanztomografie (MRT). Damit planen sie die Operation »im Trockenen«. Aus den Daten wird ein dreidimensionales Modell des Kopfs errechnet. An diesen Modells lokalisiert der Neurochirurg das Geschwür und plant den schwierigen Eingriff. Ein Navigationssystem unterstützt ihn während der Operation. Das System kennt die Position des Patienten, seiner Organe sowie des Geschwürs, und kann auch die Lage aller Instrumente millimetergenau verfolgen. Somit werden die Instrumente ans Ziel geleitet, ohne kritische Strukturen wie Nerven oder Gefäße zu verletzen. »Allerdings gibt es ein Problem. Sobald die Schädeldecke und Hirnhaut geöffnet werden, tritt etwas Hirnflüssigkeit aus und die Lage des Gehirns verändert sich«, berichtet Dr. Gernoth Grunst vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in St. Augustin. Auch wenn Gewebe entfernt oder ein Ventrikel verletzt wird, kann es während der Operation zu »Brain-Shifts« kommen. Die Folge: Die vor dem Eingriff erhobenen Daten stimmen nicht mehr exakt.

Bislang gibt es nur eine Möglichkeit, auch während der Operation aktuelle dreidimen-



Das Planing Panel zeigt fusionierte Daten. Über die MR-Daten wurden 3D-Ultraschallbilder gelegt.

© Fraunhofer

sionale Bilddaten zu erhalten: den Einsatz eines offenen Magnetresonanztomografen. Das Gerät besteht anders als bei einem normalen MR-Tomograf nicht aus einer geschlossenen, von außen unzugänglichen Röhre sondern aus zwei Ringen, zwischen denen ausreichend Raum vorhanden. Der Arzt hat Platz und kann den Patienten operieren. Auf einem Bildschirm verfolgt der Mediziner mit Hilfe eines Navigationssystems die exakte Position der chirurgischen Instrumente. Er kann zu jeder Zeit genau lokalisieren, wo sich der Tumor befindet und wo gesundes Gewebe ist. So kann der Neurochirurg trotz Brain-Shift den Hirntumor sicher und zuverlässig entfernen.

Die aufwendige Technik hat jedoch einen Nachteil: Sie ist sehr teuer. Etwa 4 Mio. müssen Krankenhäuser für einen offenen MR-Tomografen berappen. Das können sich in Zeiten leerer Kassen nur die wenigsten Hospitäler leisten. In Deutschland nutzen erst wenige Krankenhäuser die hilfreiche Technik. Daher profitieren nur wenige Patienten von diesem sicheren Operationsverfahren.

## Preiswerte Orientierungssysteme

»Damit in Zukunft mehr Chirurgen bei der Operation mit aktuellen Bildern arbeiten können, werden preiswerte Orientierungssysteme benötigt«, meint Dr. Grunst. Gemeinsam arbeiten Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Angewandte Informationstechnik FIT und Biomedizinische Technik IBMT daran, eine Alternative zu der teureren offenen MRT zu entwickeln. Die Forscher setzen dabei auf die 3D-Ultraschalltechnik (US). Mit Hilfe eines schnellen Bildverarbeitungsprogramm werden die während der Operation erhobenen 2D-Ultraschalldaten in ein dreidimensionales Bild verwandelt.

»Vor der Operation macht der Arzt wie gehabt MR-Aufnahmen und plant an einen dreidimensionalem Modell den Eingriff. Während der OP liefert der Ultraschall aktuelle 3D-Bilder«, erläutert Sven Arnold von FIT die Vorgehensweise. Durch den Vergleich der Ultraschallbilder mit den Tomographie-Daten, kann der Neurochirurg den Brain-Shift erkennen und reagieren. Nach

und nach orientiert sich der Arzt zunehmend anhand der aktuellen US-Daten. »Ziel ist, dass der Arzt jederzeit während der gesamten Operation exakt navigieren und den Tumor zuverlässig entfernen kann«, betont Dr. Grunst.

Ein weiterer Vorzug des Verfahrens: Noch während des Eingriffs kann der Arzt im Ultraschallbild feststellen, ob er tatsächlich das gesamte Tumorgewebe entfernt hat. Bislang war dies nur bei der offenen MR möglich. Bei konventionellen Operationsmethoden, sieht der Neurochirurg erst nach dem Eingriff auf Kontrollaufnahmen, ob die Geschwulst vollständig herausoperiert wurde. Das neue Verfahren wird bereits in der Praxis getestet. Neurochirurgen der Universitätsklinik Leipzig setzten das 3D-Ultraschall in mehreren Operationen ein. »Die Ärzte waren von der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems begeistert«, berichtet Dr. Grunst von den ersten Erfahrungen.

Aber nicht nur bei Gehirnoperationen ist 3D-Ultraschall hilfreich. Die Technik kann auch bei »Schlüssellochoperationen« eingesetzt werden. In der Tumorbehandlung arbeiten Mediziner zunehmend mit zwei mi-

Mediziner die Lichtleiter beziehungsweise die Katheder genau positioniert«, weiß Dr. Grunst. Bei weichen Gewebe wie zum Beispiel der Leber kann sich der Tumor jedoch leicht verschieben. »Damit der Arzt die Hohlnadeln dennoch richtig setzen kann, braucht er eine interoperative Kontrolle«, meint der FIT-Wissenschaftler. In dem vom Bundesministerium für Forschung und Bildung geförderten Projekt SUPPORT (Planung und Steuerung radioenergetischer und thermischer Tumorbehandlung unter 3D-Ultraschallkontrolle) arbeiten Forscher des IBMT und FIT an einem kostengünstigen System, das Mediziner bei minimal-invasiven Eingriffen unterstützt.

### Behandlung von Prostata-Krebs

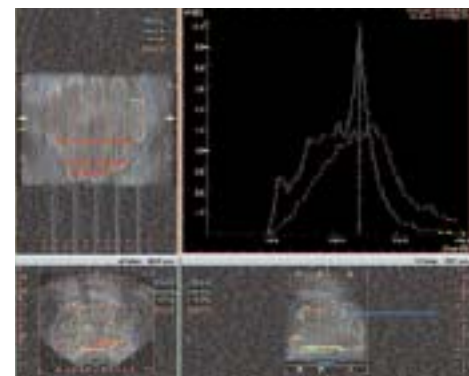
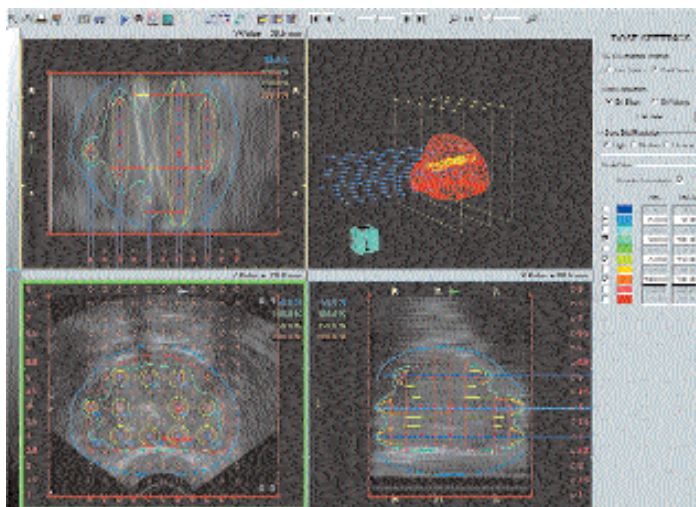
Auf die 3D-Ultraschalltechnik setzen auch Forscher des Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt. Sie haben ein System entwickelt, das bei der Brachytherapie bereits bei Operationen eingesetzt wird. Es geht dabei in erster Linie um die kurative Behandlung des Prostata Karzinoms. Etwa 40% der Männer erkranken an diesem Krebs. »Ziel des schonen-

führt. Durch diese Nadel führt der Arzt dann radioaktive Quellen direkt in das Geschwür sowie das umliegende Gewebe ein. »Unsere Partner in Europa und insbesondere Amerika sind dabei, das Verfahren als Monotherapie, das heißt ohne begleitende Chemotherapie, Chirurgie oder externe Bestrahlung, kurativ einzusetzen. Das ist eine echte Weltneuigkeit«, betont Prof. Georgios Sakas. Der Arzt plant den Eingriff anhand von dreidimensionalen Ultraschallbildern. Die integrierte Planungssoftware berechnet aufgrund dieser Daten und der gewünschten Strahlendosis genau, wie viele Nadeln benötigt werden und wie sie gesetzt werden müssen. Während des Eingriffs unterstützt ein neu entwickeltes Navigationssystem den Mediziner. Es visualisiert in Echtzeit die Position der Katheder, so dass der Arzt immer kontrollieren kann, ob die Nadeln auch richtig geführt werden. Das Dosis-Planungsmodul hat die Strahlenklinik Offenbach entwickelt, die auch der klinische Partner in dem Projekt ist.

»Das Brachytherapie-System erhöht nicht nur die Genauigkeit der Behandlung. Es können auch deutlich mehr Patienten behandelt werden. Außerdem ist 3D-Ultraschall wesentlich günstiger in der Anschaffung als CT, MRI oder ähnliche Großgeräte«, nennt Sakas die Vorzüge des Systems. Das Verfahren wurde in Juni bei der »11th Brachytherapy Conference« in Santa Fe, USA, vorgestellt und mit dem »Best Brachytherapy Award« prämiert.

**Der Arzt plant Brachytherapie an 3D-Ultraschallbildern. Eine Software berechnet aufgrund dieser Daten und der gewünschten Strahlendosis genau, wie viele Nadeln benötigt werden.**

© Fraunhofer



nimalinvasiven Methoden: der Laser-Induced Interstitial Thermotherapie (LITT) und der Brachytherapie. Bei der LITT wird die Geschwulst über einen optischen Leiter mit Laserlicht bestrahlt und zerstört. In der Brachytherapie implantiert der Arzt über Katheder oder Hohlnadeln radioaktive Kapseln in dem Tumor.

»Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie ist jedoch, dass der

den Verfahrens ist es, die Tumorzellen zu zerstören, ohne das gesamte Organ operativ zu entfernen. Somit werden die üblichen unerwünschten Nebenwirkungen (Impotent, Inkontinenz, Trauma) signifikant reduziert«, erläutert Prof. Georgios Sakas, Leiter der Abteilung Cognitive Computing and Medical Imaging am IGD.

Bei der Behandlung werden unter Anästhesie mehrer Hohlnadel in die Prostata einge-

»Das 3D-Ultraschall ist eine interessante Alternative zu den teuren bildgebenden Verfahren wie zum Beispiel der Magnetresonanztomografie«, resümiert Dr. Grunst. Neue Systeme können dem Arzt helfen auch bei Schlüssellochoperationen Tumore sicher und zuverlässig zu entfernen.

**Birgit Niesing**