

Hightech für Gesundheit

# IT in der Medizin

Viele neue Anwendungen in der Medizin werden durch die Schnittstelle des Computers geschaffen und stellen einen Paradigmenwechsel dar.

Als Dr. Leonard Horatio McCoy vom „Raumschiff Enterprise“ mit Hilfe von sensiblen Automaten und Expertensystemen im Westentaschenformat diagnostizierte und therapierte, befand er sich bereits im 23. Jahrhundert. In der amerikanischen Science-Fiction-TV-Serie aus den 1960er Jahren hatte McCoy, genannt „Pille“, dank Datenfernübertragung alle Informationen immer und überall verfügbar. Denn die Befunderhebung, Auswertung und Konsultation waren für ihn ohne Zeitverlust an jedem Punkt im „Raum“ möglich.

Bild: KH Barmherzige Brüder



„Die Robotertechnologie ist eine ergänzende Technik.“

## Tele-Chirurgie

Nur rund vierzig Jahre später hat die Realität die Vision von damals längst überholt. „Dabei sind die Anwendungsbereiche der Informations-Infrastruktur für die Medizin des 21. Jahrhunderts noch gar nicht voll abzuschätzen“, erklärt Dr. Richard M. Satava, Professor für Chirurgie an der University of Washington Medical Center und weltweit anerkannter Experte für Virtual Reality in der Medizin. „Es geht dabei vor allem um die Tele-Chirurgie, die Entwicklung chirurgischer Operationssimulatoren auf Basis der Virtual Reality, medizinische Informatik und Rehabilitation.“ Die medizinische Informatik ist für ihn in drei Bereichen besonders ausgereift - als Entscheidungshilfe durch künstliche Intelligenz mit klinischen Zusatzsystemen, in der distributiven, gemeinschaftlichen sowie interaktiven Vernetzung und in den großen heterogenen Datenbanken. „Die Computerisierung hat in den letzten zwanzig Jahren in der Medizin unglaublich viele Innovationen gebracht - sowohl in der Diagnostik wie in der Therapie“,

stellt auch Professor Dr. Dietrich Grönemeyer fest, der Gründer des GIMT - Grönemeyer Instituts für MikroTherapie in Bochum und seit kurzem auch in Berlin. „Das Potential von medizinischer Technik und neuen Behandlungsmethoden ist einfach enorm.“ Die Technik ermögliche, viel genauere Diagnosen zu stellen und könne so die Behandlung und damit auch die Kosten auf ein Minimum reduzieren.

## Operieren mit dem Joystick

Große Hoffnungen wurden vor einigen Jahren in telechirurgische Eingriffe mit Operationsrobotern gesetzt, eine Technik, auf die aktuell aber zwei Drittel der chirurgischen Kliniken im deutschsprachigen Raum verzichten. Die anfängliche Euphorie ist abgeflacht, wie die vor einiger Zeit in Österreich, Deutschland und der Schweiz unter Leitung der Berliner Charité durchgeführte Umfrage über den Stellenwert der Robotik in der Chirurgie ergab. „Die Robotertechnologie ist eine ergänzende Technik“, erklärt der international erfahrene Chirurg Dr. Behrooz Salehi, Oberarzt am Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Wien. „Aus heutiger Sicht scheint es nicht sinnvoll zu sein, alle Operationen mit dem Roboter und minimalinvasiv durchzuführen.“ Trotzdem scheint das Interesse an diesen Technologien sowohl seitens der Industrie als auch der Anwender wieder zuzunehmen. In Österreich ist man an der Weiterentwicklung und Forschung dieser Techniken sehr interessiert. Entstanden ist die Technologie aufgrund von Anforderungen des US-Militärs, im Kriegsfall verletzte Soldaten an der Front von Armeearzten auf Flugzeugträgern aus sicherer Entfernung operieren zu können. „Ein OP-Roboter operiert in keinsten Weise eigenständig,

Bild: Fraunhofer IFAM



Kieferknochen-Implantat aus Metallpulver gebacken

Bild: ZIB



Präoperative Planung benötigt Segmentierung

sondern führt nur die vom Chirurgen vorgegebenen Befehle aus und braucht menschliche Kontrolle“, schränkt Dr. Salehi ein.

## Roboteroperationen

Weltweit existiert derzeit nur ein OP-Robotersystem, das „Da Vinci“, welches auch in der Innsbrucker Universitätsklinik und am Wiener AKH im Einsatz ist. Das allererste Mal in Österreich wurde eine Roboteroperation an der Universitätsklinik Graz durchgeführt. Das dort verwendete Robotersystem „ZEUS“ wurde aber in den darauffolgenden Jahren von der Konkurrenz aufgekauft und nicht mehr weiterentwickelt. Das Roboter-Operationssystem besteht aus einer Steuerkonsole, der „Master Unit“, und dem eigentlichen Roboter, der „Slave Unit“. Der Chirurg sitzt bei der Operation hinter einer Steuerkonsole und bewegt mittels Joysticks drei Roboterarme, die über kleine Portlöcher - rund ein Zentimeter kleine Schnitte - in den Körper des Patienten eingebracht werden. Auf zwei 6-DOF-Operationsarme werden die chirurgischen Instrumente aufgesetzt, der dritte trägt eine 3DKamera, die ein hochqualitatives und acht- bis zehnfach vergrößertes Bild des OP-Felds liefert. Mit einem Pedal kann der Chirurg von der Steuerung der Instrumentenarme auf die Steuerung des Kameraarms umschalten. Die Übersetzung der Handbewegungen ist auch zu verkleinern, so dass zum Beispiel eine Bewegung des Joysticks von einem Zentimeter den Roboterarm um nur einen Millimeter bewegt. Der Chirurg operiert somit an einem virtuellen Bild mit 3D-Sicht, das die exakte Präzisionssteuerung chirurgischer Instrumente und den Input von Sensorinformationen über Kräfte rückmeldung bietet. Vor kurzem wurde dazu das System „Soloassist“ vorgestellt, die einzige Kameraführung weltweit mit einer aktiven Rundumfahrung in beiden Richtungen von 360° bei einer gleichzeitigen Neigung des Endoskops bis zu 80°. Die Software sorgt dafür, dass der Chirurg immer die gleiche Bildansicht hat und somit ein Horizontausgleich gegeben ist. „Die Operation dauert mit dem Roboter wohl länger“, sagt

Oberarzt Dr. Salehi, „aber er kann im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie Handgriffe wie beispielsweise volle Drehungen vollführen und somit zu einem besseren Operationsergebnis verhelfen. Die Heilungsphase ist aufgrund der minimalinvasiven Vorgehensweise enorm reduziert.“

### Leber auf Berliner Art

Ein neues Verfahren zur automatischen Erkennung der Leber in medizinischen Bilddaten ermöglicht jetzt die exakte Planung von Leberoperationen. Bei Tumoren in der Leber muss nicht nur das befallene Gewebe identifiziert und mit einem Sicherheitssaum entfernt, sondern auch die räumliche Beziehung der Blutbahnen in der Nähe des Tumors berücksichtigt werden, um Blutungen zu vermeiden. Dabei sind präoperative Segmentierungen für eine computergestützte Operation unerlässlich und bilden die Voraussetzung für einen zielgenauen und erfolgreichen Eingriff. Während der Operation müssen die Ärzte laufend das aus den segmentierten Daten erstellte dreidimensionale Modell mit den tatsächlichen aktuellen Daten vergleichen, um nicht unnötig gesundes Gewebe zu schädigen. Bis dato zeichnete man quasi von Hand die Abgrenzungen der Leber zu benachbarten Strukturen jeweils aus über 100 Aufnahmen im Computertomographen. Jetzt entwickelten Wissenschaftler des DFG-Forschungszentrums MATHEON und der Charité Campus Berlin-Buch ein System zur automatischen Bildsegmentierung mit sehr hoher Genauigkeit. An der Klinik Campus Berlin-Buch ist das Segmentierungsverfahren bereits bei der Planung von Leberoperationen erfolgreich im Einsatz und einer laufenden klinischen Evaluierung unterworfen. Im Prinzip wird dabei ein Modell typischer Leberformen auf der Basis einer großen Datenbank individueller Lebern erstellt, danach mit den tomographischen Bilddaten abgeglichen und so angepasst, dass es die gesuchte Leberform möglichst gut repräsentiert.

### Knochen backen und züchten

Forscher am Fraunhofer IFAM – Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung entwickelten kürzlich ein Simulationsprogramm, das die innere Struktur und die

Bild: KH Barmherzige Brüder



Chirurg Dr. Behrooz Salehi:  
„Ein OP-Roboter operiert in  
keinster Weise eigenständig.“

Dichteverteilung des Knochenmaterials berechnet. Das Programm simuliert, wie die Struktur beschaffen sein muss, damit sie den vorgegebenen Anforderungen genügt, um sodann mit Hilfe von Rapid-Prototyping-Verfahren individuelle Knochenimplantate zu fertigen. Dazu wird ein spezielles Metallpulver in hauchdünnen Schichten auf eine Fläche aufgetragen, und ein Laserstrahl erhitzt – sintert – es genau an den Stellen, die fest sein sollen. Das Endprodukt ist ein offenporiges Bauteil, bei dem jede Stelle exakt die gewünschte Dichte und damit eine bestimmte Festigkeit hat. Auf diese Weise können die Ingenieure passend für jede Anwendung besonders leichte Bauteile herstellen, die gleichzeitig aber enorm robust sind. Inzwischen ha-

Bild: Siemens



3D-Simulator zur Knochengewebeherstellung

ben die Forscher das Verfahren sogar so verbessert, dass sie auch nachträglich die innere Struktur der Bauteile mit Hilfe von präzisen Bohrungen verändern können. Besonders interessant ist das Verfahren für Hersteller von Knochenimplantaten, denn individuelle Implantate mit einer inneren Struktur, die dem Knochen des Patienten gleicht, sind so leicht zu produzieren. Mit Metallpulver aus Biomaterialien wie Titan- und Stahllegierungen kann man auch weitere Knochenteile nachbauen, etwa aus dem Knie. In einem neuen Bio-Reaktor züchten Forscher des Royal College of Surgeons in Irland (RCSI) aus körpereigenen Stammzellen Knochengewebe – Tissue Engineering genannt. Siemens IT Solutions and Services hat dazu einen speziellen 3D-Simulator entwickelt, der die Herstellung des Knochengewebes verbessern soll, indem die optimalen Voraussetzungen für eine schnelle Differenzierung der Stammzellen herausgefunden

Bild: UWMNC



Dr. Richard M. Satava,  
Washington University Medical  
Center: „Mit VR die Medizin  
revolutionieren.“

Bild: Fraunhofer IIS



Diagnosehilfe bei Speiseröhrenkrebs

den werden. Mit dem 3D-Simulator können die Experten das Verhalten der Stammzellen innerhalb des Bio-Reaktors am Computerbildschirm exakt nachbilden und so die besten Bedingungen erforschen. Ziel der RCSI-Spezialisten ist es, mit den Ergebnissen des Simulators das reale Wachstum von Knochengewebe zu beschleunigen. Eine Verkürzung von sechs auf etwa zwei Wochen ist realistisch, wobei erste klinische Tests 2009 erfolgen sollen.

### Neuartige Sehprothese

Die weltweit erste vollständig in das menschliche Auge implantierbare Sehprothese wurde von der RWTH Aachen und dem Fraunhofer IMS – Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme entwickelt und im Juni auf dem COMPAMED Frühjahrsforum präsentiert. Die ins Auge implantierten Mikrochips lösen durch elektrische Reizung Signale in den Nervenzellen aus, welche die Patienten dann als Seheindrücke wahrnehmen. Die Besonderheit der EPIRET3 genannten Sehprothese liegt darin, dass sie weltweit als einziges System drahtlos funktioniert und nicht wie andere Retina-Implantate mit Kabelverbindungen von außen versorgt werden muss. Die neue Sehprothese wurde sechs seit mehreren Jahren erblindeten Patienten der Universitäts-Augenkliniken in Aachen und Essen eingesetzt. Während einer vierwöchigen Testphase untersuchten die Wissenschaftler der AG Neurophysik der Philipps-Universität Marburg die Wahrnehmungen der Patienten mit verschiedenen elektrischen Testreizen. Bei allen Patienten wurden Seheindrücke ausgelöst, und sie konnten verschiedene Reizmuster unterscheiden. Nach diesem Erfolg besteht der nächste Schritt darin, die Implantationsdauer zu verlängern und die Operationstechnik weiter zu verbessern. Damit sich die Patienten mit der Prothese in ihrer Umwelt zurechtfinden können, muss das System künftig noch mit einer Kamera gekoppelt werden, die per Funk Signale an das Implantat sendet. Nachdem sich diese Methode bei den ersten Patienten als wirksam und sicher erwiesen hat, soll jetzt ein marktfähiges Retina-Implantat entwickelt werden, das

Bild: Heiko Kießling



Ein Vorläufer des späteren Sensors im Funktionstest.

was derzeit nur mit großem Aufwand möglich ist. Der zu entwickelnde Sensor hat die Form eines Katheters und besteht aus einer schlauchförmig ummantelten optischen Faser, die Veränderungen des Drucks auf ihrer gesamten Länge genau messen und lokalisieren kann. Der neue Sensor soll im Gegensatz zum derzeitigen Stand der Technik nach einem optischen Funktionsprinzip arbeiten und eine höhere örtliche Auflösung erreichen, den Aufwand beim Einsatz der Manometrie erheblich reduzieren sowie erstmals eine praktikable Langzeitmessung ermöglichen. Mit dem System EndoCAD des Fraunhofer IIS – Institut für Integrierte Schaltungen erhalten Mediziner Diagnosehilfe bei der Untersuchung von Veränderungen der Speiseröhre. Nach Endoskopie-Aufnahmen des Arztes sucht das neue System zur Bildverarbeitung automatisch ähnliche Aufnahmen samt Diagnosen heraus und vergleicht diese mit Aufnahmen aus einer Datenbank. Anhand von Farbgebung und Strukturmerkmalen findet es die ähnlichsten Abbildungen heraus. Die Bilder werden automatisch angezeigt, samt dem dazugehörigen bestätigten

in einigen Jahren mehr Patienten zur Verfügung stehen und auch zur Behandlung der fortgeschrittenen altersbedingten Makula-Degeneration dienen soll. Diese stärker verbreitete Augenkrankheit ist für etwa die Hälfte der Fälle von Altersblindheit verantwortlich.

### Sensoren gegen Sodbrennen

Wenn der untere Schließmuskel der Speiseröhre nicht richtig funktioniert, und dann Magensäure in die Speiseröhre zurückfließt, entsteht Sodbrennen. Bei unklarem Krankheitsbild wird mit Hilfe von Sensoren die Funktion der Speiseröhre unter die Lupe genommen. Neuartige Drucksensoren sind derzeit an der TU Chemnitz in Entwicklung, die Untersuchungen der Speiseröhre erheblich schneller, genauer und weniger unangenehm machen sollen. Maßgeblich dabei ist HRM – High Resolution Manometrie, ein Verfahren zur äußerst präzisen Messung von Drücken in der Speiseröhre. Dabei werden an sehr vielen Stellen Messungen durchgeführt,

Befund, und liefern dem Mediziner einen guten Anhaltspunkt für seine Diagnose.

### Digital überwachte Atmung

Ein digitaler Begleiter, der als Messsystem direkt in die Kleidung integriert wird, unterstützt Patienten mit Atemwegkrankungen. Er protokolliert das Verhalten des Patienten, erinnert an die Atemübungen, bietet telemedizinische Dienstleistungen, einen direkten Draht zu den Therapeuten und informiert zum Beispiel, welche Radtouren für den Patienten geeignet sind. So lässt sich die Atmung mit dem Messsystem RespiSENS überwachen, das Forscher des Fraunhofer IIS – Institut für Integrierte Schaltungen entwickelt und auf der diesjährigen CeBIT vorgestellt haben. Es befindet sich direkt in der Kleidung und erfasst, wie schnell und stark der Träger atmet. Gemessen wird dies mit Hilfe von Atembändern. Dabei handelt es sich um zickzackförmige Leiterbahnen, die über Brust und Bauch in ein T-Shirt integriert sind und bei Dehnung ein elektrisches Signal abgeben. Die Rohdaten werden zu einem kleinen Modul geleitet, das sie aufnimmt, verarbeitet und die Informationen dann zu einem Handy oder PDA überträgt. Unterschreitet der Wert eine bestimmte, vorher festgelegte Größe, schlägt das System Alarm. Das Messsystem RespiSENS lässt sich vielfältig einsetzen: in der Schlafdiagnostik, der Fernbetreuung von Patienten oder im Sport. Selbst Leistungssportler, aber auch interessierte Freizeitsportler können damit ihre Atemfrequenz und -anstrengung mit hoher Robustheit messen.

### Dreidimensionale Blutansicht

Ein neues Verfahren, mit dem sich der Blutfluss in einem Gefäßbaum erstmals dreidimensional in einem Gefäßbaum erstmals dreidimensional Ader für Ader visualisieren lässt, entwickelte die Informatikerin Esther-Sabrina Platzer an der Universität Koblenz-Landau und erhielt dafür den BMW Group Scientific Award 2007. Die Wissenschaftlerin programmierte eine spezielle Software, mit der sich der Blutfluss anhand von zweidimensionalen Angiogrammen korrekt in 3-D visualisieren lässt. Bei dem Verfahren werden die Daten aus zwei- und dreidimensionalen

Bild: RWTH Aachen



Drahtlose Sehprothese klein wie ein 5 Cent Stück

Bild: BMW



Esther-Sabrina Platzer visualisiert den Blutfluss in 3D

Angiogrammen eines Patienten miteinander kombiniert, womit ein zentrales Problem behoben ist, das bisher in der Angiographie bestand. Mittels Angiographie machen Ärzte Bilder der Blut- und Lymphgefäße eines Körpers, um zu klären, wo genau die Adern im Körper verlaufen und wie gut sie vom Blut durchflossen werden. Mit Hilfe von Röntgen- und Magnetresonanztomographen ist es heute möglich, dreidimensionale Angiogramme der weit verzweigten Gefäßsysteme zu erhalten. Dafür wird ein spezielles Kontrastmittel in die Blutbahn gespritzt. Das neue Verfahren der Informatikerin lässt nun erkennen, wie der Blutfluss im 3-Dimensionalen verläuft. Ein ausgefeilter Algorithmus berechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich der im 2-D-Bild sichtbare Blutfluss zu jedem Zeitpunkt einem bestimmten Gefäßabschnitt im zugehörigen 3-D-Angiogramm zuordnen lässt. Zugleich liefert das Programm über ein Bewegungsmodell, das die Blutflusseigenschaften berücksichtigt, laufend Prognosen darüber, wohin und wie weit das Kontrastmittel in der Zeit bis zur nächsten Aufnahme wohl fließen wird. Diese Hypothesen überprüft die Software dann anhand der nächsten realen 2-D-Bilder und lernt dabei aus den eigenen Fehlern. Durch den wiederholten Abgleich der Flussprognosen mit den tatsächlich beobachteten Daten und den zugehörigen Wahrscheinlichkeitswerten kann die Software schließlich dreidimensional genau rekonstruieren, wo und wie das Blut durch die weit verzweigten Gefäße fließt.

### Neuartige Biochips für Krebstherapie

Bis heute ist es nicht möglich, bei der Behandlung von Brustkrebs die individuell unterschiedliche Wirksamkeit von verschiedenen verfügbaren Brustkrebstherapien vorherzusagen, wodurch nicht sichergestellt ist, dass jede Patientin die für sie optimale Therapie erhält. Um diese Situation zu verbessern, entwickelt Siemens Healthcare am neuen Standort für die Molekulare-Diagnostik-Forschung in Köln neuartige diagnostische Tests, mit denen sich die molekularen

Eigenschaften der Tumorzellen einer Patientin genau beschreiben lassen. Zusätzlich forschen die Siemens Wissenschaftler an neuartigen Bio-Chips, auf denen die neu entwickelten Brustkrebstests ablaufen sollen. Bio-Chips können hunderte – im Extremfall auch hunderttausende – von diagnostischen Tests gleichzeitig durchführen. Da zur Identifikation der möglichen Angriffspunkte verschiedener Therapien viele unterschiedliche Tumoreigenschaften untersucht werden müssen, sind Biochips besonders gut geeignet, die erforderlichen zahlreichen Analysen schnell und effizient auszuführen. Diese labordiagnostischen Tests und EDV-basierten Auswertungssysteme ergänzen die existierenden bildgebenden Verfahren wie Ultraschall, Mammographie und Magnetresonanztomographie.

### Erstes Multi-Kontrast-System

Mit Hilfe der Software Optimum Contrast von Siemens kann ab sofort ein Computertomograph erstmals die Vorteile der niedrigen und hohen Spannungswerte von 80 kV und 140 kV in jeder Bildaufnahme vereinen. Optimum Contrast wird prinzipiell durch die zwei Röhren der Dual Source Computertomographen Somatom Definition, die verschiedene Spannungen gleichzeitig erzeugen können, möglich. Hinzu kommen neu entwickelte Bildoptimierungsalgorithmen, welche die 3D-Daten analysieren sowie für jedes einzelne Bildvoxel über den besten Mix aus den Vorteilen der niedrigeren und höheren Spannung entscheiden und das Beste aus den beiden Welten in Multi-Kontrast-Bildern kombinieren. Damit werden sowohl die weichen Gewebeteile als auch die Gefäße, in denen sich das Kontrastmittel zeigt, besser erkennbar als zuvor. Die Dual-Energy-Bildgebung in Kombination mit Optimum Contrast hat das Potenzial, die Kontrastdarstellung in der CT mit einer neuen Qualität zu versehen, um so die diagnostischen Ergebnisse zu verbessern und komplexe Arbeitsabläufe zu vereinfachen. Optimum Contrast bringt Dual-Energy-Bildgebung in die tägliche CT-Routine beim Radiologen, um bei allen Kontrastmittel-Untersuchungen die Bildqualität zu optimieren.

Bild: Fraunhofer IIS



Das Respi Shirt, der digitale Atembegleiter

Bild: Siemens Healthcare



Biochips zur Optimierung der Therapie

### Medizin-Informatiker gefragt

Das Masterstudium für Medizinische Informatik wurde für die MedUni Wien zum nachhaltigen Erfolg, und in diesem Sommer schloss der erste Jahrgang mit dem Titel Diplomingenieur ab. Das Studium dauert vier Semester und vermittelt eine solide Ausbildung in allgemeiner Informatik inklusive IT-Skills mit biomedizinischem Fokus. Neben den Grundkenntnissen der biomedizinischen Wissenschaften ermöglicht das Masterstudium eine effiziente Kommunikation mit Mediziner-/Innen und Molekularbiolog-/Innen. Ziel des technisch-formalwissenschaftlichen Studiums in interdisziplinärer Atmosphäre ist es, neueste medizininformatische Methoden und Konzepte für den Einsatz in Forschung, medizinischer und klinischer Praxis sowie im Gesundheitswesen zu vermitteln. Je nach gewähltem Schwerpunkt ist dies im Bereich der Bioinformatik, der Neuroinformatik, der Klinischen Informatik oder in den Public Health Informatics möglich. Auf Basis dieses Wissens sollen Absolvent-/Innen im Stande sein, neue Methoden in der Medizinischen Informatik zu entwickeln und zu erarbeiten. Darüber hinaus gibt dieses Masterstudium den Teilnehmern fachliche Grundlagen in gesellschaftspolitisch relevanten Themen wie Datenschutz, Gentechnik, Evolution und Erkenntnistheorie mit auf den Weg. Auch die TFH – Technische Fachhochschule Berlin bietet erstmals ab dem Wintersemester 2008/09 einen postgradualen Master-Fernstudiengang „Medizinische Informatik“ für Mediziner an. In fünf Semestern können sich Ärzte auf diesem Gebiet weiterbilden und den „Master of Science“ erwerben. Der Studiengang ist als Blended-Learning-Angebot mit eigenständiger Bearbeitung der interaktiv gestalteten Online-Module konzipiert und von den Dozenten per E-Mail, im Chat oder Forum betreut. Inhaltliche Schwerpunkte sind Programmieren sowie Biometrie, Biosignalverarbeitung, Bildverarbeitung, medizinische Dokumentation, Telemedizin und Informations- und Kommunikationssysteme. Der Weg ist also frei für die wahren Cyberdoctors – vielleicht noch spaciger als sie in Sci-Fi-Stories vorgestellt wurden.

Linda Wöss ■