



## Start-Programm „EKG Imaging – Kombination v. 3D Echo- und inverser ElektroKardioGraphie“

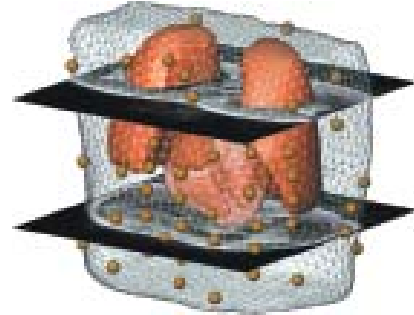
# Funktionelle medizinische Bildgebung im menschlichen Herzen

## *Functional medical imaging within the human heart*

Das START Y144-INF Programm ist inhaltlich den Gebieten Biomedizinische Technik, Elektrotechnik, Informatik und Kardiologie zugeordnet und beschäftigt sich mit der Bildgebung kardialer elektrischer Funktion und mit kardialen Mapping. Durch Kopplung von anatomischer und elektrischer Information wird hierbei die elektrische Funktion im Herzmuskel rekonstruiert. Insbesondere in Hinblick auf eine verbesserte Lokalisation von Herzrhythmusstörungen bestehen große Erwartungen seitens der Entwickler und der potenziellen Anwender dieser neuen Methode.

Die medizinische Bildgebung erlangt auf Grund neuer und verbesserter Messtechniken und zufolge der Verfügbarkeit enormer Rechnerkapazitäten, gekoppelt mit physikalischem und physiologischem Wissen über das Zielorgan, eine immer größere Bedeutung in der Diagnostik. Neben der rein anatomischen Bildgebung werden in den letzten Jahren weltweit enorme Anstrengungen unternommen, höher-dimensionales funktionelles Imaging zu entwickeln. Das menschliche Gehirn und das menschliche Herzen stellen hierbei die wichtigsten Zielorgane dar. Im menschlichen Herzen werden derzeit Verfahren entwickelt die das Imaging von Bewegung, Kontraktion, Durchblutung und elektrischer Funktion ermöglichen. Das START Y144-INF Programm beschäftigt sich mit dem Imaging kardialer elektrischer Funktion. Dieses sechsjährige Forschungsprogramm wurde im September 2000 gestartet und hat das globale Ziel, die bildgebenden Verfahren wie Magnetresonanztomographie (MR), Computertomographie (CT), Ultraschall (US) und Biplane-Fluoroskopie (BF) um das Imaging elektrischer Funktion zu erweitern. Dies wird völlig neue Möglichkeiten in der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen eröffnen.

Zur Rekonstruktion kardialer elektrischer Funktion werden vom Patienten 4D anatomische Daten des Thorax und des Herzmuskels und elektrische Potenzialdaten an der Thoraxoberfläche erhoben. Die anatomische Bildgebung erfolgt derzeit in ersten klinischen Validierungsstudien an der Universitätsklinik Innsbruck mittels MR (Siemens, MagnetomTM Vision Plus, 1.5 T). Die elektrischen Daten bestehen aus mehrkanaligen Ableitungen des Elektrokardiogramms (EKG) an der Thoraxoberfläche. Die MR Daten werden klassifiziert, segmentiert und zur Modellbildung vorverarbeitet. Der individuelle Thorax des Patienten wird durch ein Volumenleitermodell nachgebildet. Dieses Modell beschreibt den physikalischen Zusammenhang zwischen den elektrischen Quellen im Herzmuskel und den EKG Daten. Die Realisierung erfolgt über die Boundary (BEM) bzw. Finite Elemente Methode (FEM). Im Modell berücksichtigt sind sowohl die individuellen geometrischen Verhältnisse als auch die unterschiedlichen Leitfähigkeiten der verschiedenen Kompartments (Lungen, Blutmasse, etc.). Die Abbildung zeigt ein BEM Modell für einen 32-jährigen Patienten aus links lateraler Ansicht mit 44 Elektrodenpositionen. Zwei axiale MR Schichten sind überlagert. Das enddiastolische Herzmodell (transparent dargestellt) besteht hier nur aus dem Ventrikel, segmentiert und gemischt aus short-axis 6mm MR Schichten (CINE, R-wave: trigger delay 0ms). Die BEM Formulierung ist mit linearen Dreiecken realisiert und basiert auf einer linearen Fredholm'schen Integralgleichung zweiter Art. Als elektrisches Quellmodell für den Herzmuskel wurde die so genannte bidomain theory implementiert. Die Kopplung dieses numerischen Computermodells mit den EKG Mappingdaten und die Lösung eines so genannten inversen Problems ermöglicht im weiteren die Rekonstruktion der elektrischen Funktion auf der Herzoberfläche. Im einem schlechtgestellten nichtlinearen inversen Problem wird die Aktivierungssequenz auf der gesamten Herzoberfläche aus den EKG



Mappingdaten berechnet und der 4D anatomischen Information überlagert. Hiermit kann die räumlich-zeitliche Abfolge der elektrischen Erregung des Herzmuskels rekonstruiert bzw. nichtinvasiv bestimmt werden. Eine Bestimmung der Aktivierungssequenz im Inneren des Herzmuskels war bis jetzt nur mit technisch aufwändigen, sehr teuren und für den Patienten belastenden Katheter-Mappingverfahren (z.B. CARTOTM, Biosense Webster, Inc.) möglich.

Die Forschungsarbeiten im START Programm beschäftigen sich mit Problemen der Grundlagenforschung bis hin zu Aspekten der angewandten und klinischen Forschung. Wesentliche Forschungsgebiete sind u.a. die Entwicklung stabiler Algorithmen zur (Bild-)Rekonstruktion, die Erforschung elektrophysiologischer Phänomene während De- und Repolarisation, die automatische Segmentierung und das Meshing 4D anatomischer Datensätze, die Modellbildung elektrisch anisotroper Gewebe, die Weiterentwicklung von BEM und FEM, die Klassifizierung und Analyse von EKG Mappingdaten und die Kopplung der EKG Mappingdaten mit Daten aus MR, CT, US und BF. Ein wesentlicher Aspekt im START Programm beschäftigt sich mit der klinischen Validierung der entwickelten Verfahren. Hierfür bestehen enge wissenschaftliche Kooperationen mit der Universitätsklinik Innsbruck, der University of California San Francisco und dem Helsinki University Central Hospital.

*The START Y144-INF program is assigned to the field of biomedical engineering, electrical engineering, informatics and cardiology and deals with the imaging of cardiac electrical function and with cardiac mapping. Here, the electrical function within the cardiac muscle is reconstructed by coupling of anatomical and electrical information. Great expectations persist on the part of the developer and potential users of this novel method, in particular in view of a better localization of cardiac arrhythmias. Due to novel and improved measurement techniques and the availability of enormous computer capacity, coupled with physical and physiological knowledge about the target organ, medical imaging is becoming of particular importance in diagnosis. Beside pure anatomical imaging, during the last years, big efforts have been undertaken, developing high-dimensional functional imaging. The most important target organs are the human brain and heart. With respect to the human heart, novel methods are under development for the imaging of movement, contraction, perfusion and electrical function. The START Y144-INF program deals with the imaging of cardiac electrical function. This six-year research program started in September 2000 and has the goal, to extend the imaging modalities like magnetic resonance imaging (MR), computed tomography (CT), ultrasound (US), and biplane-fluoroscopy (BF) by the imaging of electrical function. This will opening completely new possibilities in the diagnosis and therapy of cardiac arrhythmias.*