



Forschung an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Nicht-invasive Charakterisierung des Gewebezustandes mittels elektromagnetischer Nahfeld- Bildgebung

Non-invasive Characterization of Tissues with Electromagnetic Near-field Imaging

Der gläserne Mensch ist ein alter Traum in der Medizin, und daher verwundert es nicht, dass bildgebende Verfahren eine zentrale Rolle in der modernen Diagnostik spielen. Schon länger geht der Trend in der medizinischen Bildgebung dahin, nicht bloß anatomische Strukturen im Patientenkörper abzubilden, sondern zunehmend auch die Funktion von Geweben und Organen sichtbar zu machen.

Über klassische Verfahren (Röntgen-CT, NMR-Tomographie, Ultraschallbildgebung etc.) hinaus gibt es neue, in Entwicklung befindliche Methoden, bei denen über Elektroden bzw. Spulen elektromagnetische Wechselfelder im Nahfeldbereich in den Körper eingekoppelt werden. Aus der Rückwirkung durch das Objekt werden Bilder der komplexen elektrischen Leitfähigkeit rekonstruiert, die wiederum Rückschlüsse auf bestimmte krankhafte Veränderungen im Gewebe zulassen.

Am Institut für Medizintechnik werden die elektrische Impedanztomographie (EIT) und die magnetische Induktionstomographie (MIT) entwickelt bzw. für die klinische Applikation getestet. Beide Techniken liefern nach der Lösung eines komplexen inversen Problems Bilder mit niedriger räumlicher Auflösung, zeichnen sich aber durch völlige Nichtinvasivität, kostengünstige Instrumentierung und die Möglichkeit kontinuierlichen Monitorings am Patientenbett aus. MIT arbeitet zudem berührungslos und vermeidet die problematischen Elektroden.

Bei der Entwicklung der magnetische Induktionstomographie ist das Institut für Medizintechnik weltweit führend, wobei der Erfolg mit darin begründet ist, dass von der Hardwareentwicklung bis zur Bildrekonstruktion alle Schlüsselbereiche vor Ort abgedeckt werden. Der hier entwickelte MIT-Prototyp erlaubt die Einkopplung des Erregerfeldes in den zu untersuchenden Körper aus 16 verschiedenen Richtungen bei gleichzeitig 6 – 8 Frequenzen zwischen 100 kHz und 1,5 MHz. Mit 14 speziellen Empfangsspulen wird das resultierende Feld gemessen, wobei die aufzulösenden Signale um bis zu 107 mal kleiner sind als das eingekoppelte Feld.

Die Bewältigung der technischen Herausforderungen erforderte die interdisziplinäre Zusammenarbeit mehrerer Gruppen. So wurde die hoch auflösende und extrem rauschoptimierte Mess- und Datenverarbeitungseinrichtung in einer mehrjährigen Zusammenarbeit

mit dem Departament d'Enginyeria Electrònica der UPC in Barcelona entwickelt. Für die Bildrekonstruktion mussten Probleme der Feldnumerik, der Optimierungstheorie und der softwaretechnischen Realisierung auf hohem Niveau gelöst werden, was durch die Kooperation mit dem Institut für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik der TU Graz und mit dem Institut für Mathematik der Karl-Franzens-Universität Graz gelungen ist.

Auf dem Gebiet der EIT kann auf bereits verfügbare Hardware zurückgegriffen werden, daher liegt der Entwicklungsschwerpunkt auf der Implementierung modellbasierter Rekonstruktionsalgorithmen und auf der klinischen Evaluierung. Letztere erfolgt in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Hyperbare- und Thoraxchirurgie der Medizin-Universität Graz.

Ein derzeit konkret verfolgtes Anwendungsgebiet ist die Überwachung lebensbedrohlicher Ödeme, etwa im Gehirn oder in der Lunge, für deren kontinuierliche Überwachung nach wie vor unzureichende Methoden existieren. Um einen gefährlichen Druckanstieg durch ein Gehirnödem permanent zu kontrollieren, muss z. B. eine Gehirndrucksonde implantiert werden. Das kontinuierliche Monitoring des Lungenödems, bei dem sich die Sauerstoffversorgung des Körpers dramatisch verschlechtert, ist zur Zeit nur durch eine invasive Katheter-Technologie möglich.

Während für die Lunge sowohl EIT als auch MIT einsetzbar sind, ist beim Gehirn aufgrund ausschließlich MIT Erfolg versprechend. Eine andere Anwendung der auch auf magnetische Eigenschaften empfindlichen MIT ist die Bestimmung des Eisengehalts in der Leber bei Eisenstoffwechselerkrankungen. Weitere Anwendungsgebiete werden derzeit geprüft, so könnte MIT auch für die Frühdiagnose von Brustkrebs in Frage kommen. Im Bereich der Lebensmittelsicherheit ist die Beurteilung des Frischezustandes von Fleisch eine mögliche Anwendung, da sich zelluläre Degradationsprozesse sehr schnell in der Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit zeigen.

<http://www.imt.tugraz.at/scharfetter/research/bis.htm>

Non-invasive Characterization of Tissues with Electromagnetic Near-field Imaging

Modern medical imaging increasingly aims at mapping the functional state of tissues, organs and more recently also cells rather than just imaging anatomical structures in the patient's body. Following this trend the Institute for Medical Engineering is developing new electromagnetic near-field imaging methods, e.g. magnetic induction tomography (MIT) and electrical impedance tomography. Both techniques aim at the reconstruction of the passive electrical properties (conductivity, permittivity) of tissues from their interaction with electromagnetic AC-fields which are coupled to the body by electrodes or coils. The images contain information about the (patho-) physiological state of tissues, especially the integrity of the cell membrane and the hydration state. Both methods yield low image resolution but are non-invasive and economic and allow continuous bedside monitoring. In an interdisciplinary cooperation with several national and international partners the institute has developed the world-wide first true multi-frequency MIT prototype with 16 projection directions and 14 receiver channels. Potential applications are the monitoring of life-threatening edema in the brain and lung, breast cancer screening and the monitoring of iron overload during disorders of iron metabolism.

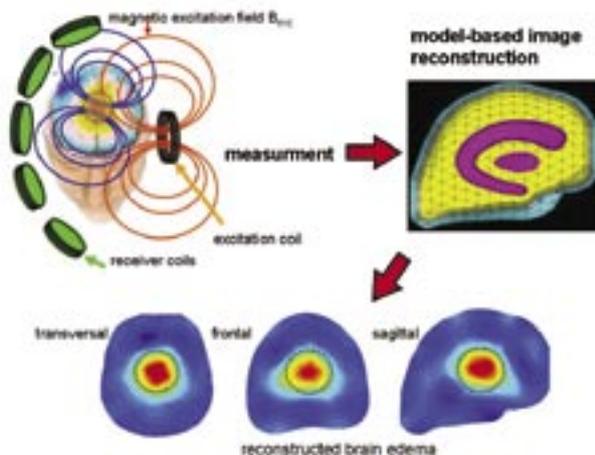


Abb. 1: Schema der Bildgewinnung bei MIT, gezeigt für das Beispiel des Gehirnödeme-Monitorings. Die gezeigten Rekonstruktionen basieren auf simulierten Daten, die Auflösung entspricht jedoch etwa den bereits verfügbaren in-vitro Ergebnissen.