

**SCUOLA NAZIONALE  
DOTTORANDI DI ELETTRTECNICA  
“FERDINANDO GASPARINI”**

(in occasione della XXVII Riunione Nazionale dei Ricercatori di Elettrotecnica)

**Corso Breve**

**“Bioelectric and biomagnetic signals of the brain: from measurement  
to source reconstruction.”**

*Prof. Jens Haueisen, Ilmenau University, Germany*

(BOLOGNA, 15 GIUGNO 2011)

**Presentazione**

La Scuola Nazionale di Elettrotecnica “Ferdinando Gasparini” costituisce una delle attività della Gruppo Nazionale di Coordinamento dei Ricercatori di Elettrotecnica. Essa si propone di contribuire alla formazione degli allievi dei corsi di Dottorato d’interesse del Gruppo.

Obiettivi della Scuola sono:

- contribuire alla formazione degli allievi attraverso stage didattici residenziali;
- favorire lo scambio e la cooperazione scientifica tra gli allievi;
- fornire agli allievi uno spaccato delle principali attività scientifiche del gruppo.

La didattica della scuola è organizzata dalla Seconda Università di Napoli e dalla Università di Napoli Federico II, con il supporto del Gruppo Nazionale e il contributo del Consorzio CREATE.

Nel corso del Primo Stage (Napoli, 17-21 novembre 1997) sono stati sviluppati tre corsi: “Introduzione alle Reti Neurali”, relatore G. Martinelli, Università di Roma; “Elettromeccanica”, relatore S. Bobbio, Università di Napoli Federico II; “Reti Non Lineari”, relatore M. Parodi, Università di Genova.

Nel corso del Secondo (Napoli, 19-24 ottobre 1998) sono stati tenuti altri tre corsi: “Introduction to Functional Analysis”, relatore A. Bossavit, EDF, Parigi; “Introduzione alla Analisi e alla Sintesi dei Filtri”, relatore P.P. Civalleri, Politecnico di Torino; “Introduzione alla Compatibilità Elettromagnetica”, relatore M. D’Amore, Università di Roma “La Sapienza”.

Nel corso del Terzo Stage (Napoli, 11-16 ottobre 1999) sono stati tenuti altri tre corsi: “Analisi qualitativa dei circuiti e applicazioni del caos”, relatore: M. Hasler, Suisse Federal Institut of Technology, Lausanne; “Introduzione alla Superconduttività: Fenomenologia, elementi di teoria, applicazioni”, relatore: A. Barone, Università di Napoli Federico II; “Elettromagnetismo numerico”, relatore: G. Rubinacci, Università di Cassino.

Nel corso del Quarto Stage (16-21 ottobre 2000) sono stati tenuti i seguenti tre corsi: “Grande, piccolo e ...trascurabile nella modellistica elettromagnetica”, relatore: L. De Menna, Università di Napoli Federico II; “Introduction to eddy current analysis”, relatore: I. Mayergoyz, University of Maryland, USA; “Introduzione alla modellistica e alla analisi dei circuiti digitali”, relatore: M. Salerno, Università di Roma “Tor Vergata”.

Nel corso del Quinto Stage (Napoli, 22-27 ottobre 2001), sono stati tenuti altri tre corsi: “Modelli d’isteresi e loro applicazione ai materiali magnetici”, relatore G. Bertotti, Istituto Elettrico Nazionale Galileo Ferraris, Torino; “Modellistica delle linee di trasmissione”, G. Miano, Università di Napoli Federico II; “Una nuova lettura delle proprietà fondamentali del modello circuitale”, A. Premoli, Politecnico di Milano.

Nel corso del Sesto Stage (Napoli, 22-27 ottobre 2002), sono stati tenuti altri tre corsi: “Introduzione alla modellistica e alla analisi della compatibilità dei sistemi di comunicazione ed elaborazione ad alta velocità”, relatore Prof. Flavio Canavero, Politecnico di Torino; “Caratterizzazione e calcolo dei circuiti per la elettronica di potenza”, Prof. Antonio Liberatore, Università di Firenze; “Elettromagnetismo computazionale in bassa frequenza”, Prof. Giorgio Molinari, Università di Genova.

Nel corso del Settimo Stage (Napoli, 20-24 ottobre 2003), sono stati tenuti altri tre corsi: “Algoritmi e tecniche numeriche per l’analisi ed il progetto dei circuiti”, relatore Prof. Stefano Manetti, Università degli Studi di Firenze,

“Stochastic and deterministic optimization: Inverse problems and optimal design”, Prof Christian Magele, Institut fur Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik, TU- Graz, Austria, “Campi magnetici ambientali in bassa frequenza: metodi di analisi e applicazioni”, Prof. Mario Chiampi, Politecnico di Torino.

Nel corso dell’ottavo Stage (Napoli, 25-29 ottobre 2004), sono stati tenuti altri tre corsi: “Metodi e tecniche di ottimizzazione innovative per applicazioni elettromagnetiche i”, relatore Prof. Maurizio Repetto, Politecnico di Torino, “Metodi numerici per l’analisi elettromagnetica”, relatore Prof. Raffaele Albanese, Università Mediterranea di Reggio Calabria, “Introduzione ai circuiti digitali multirate”, relatore Prof. Francesco Piazza, Università Politecnica delle Marche.

Nel corso del nono Stage (Napoli, 17-21 ottobre 2005), sono stati tenuti altri tre corsi: “*Modellistica elettromagnetica di sistemi biologici*”, relatore Prof. Bruno Bianco, Università di Genova, “*Modelli circuitali di nanodispositivi*”, relatore Prof. Marco Gilli, Politecnico di Torino, “*Perspectives and challenges in the future of integration: an electromagnetic modeling approach*”, relatore Prof. José Schutt-Ainé, Università dell’Illinois, U.S.A..

Nel corso del decimo Stage (Napoli, 16-20 ottobre 2006), sono stati tenuti altri tre corsi: “*Elettro-Magnetismo: i regimi quasi stazionari del campo elettromagnetico*”, relatore Prof. Luciano De Menna, Università di Napoli Federico II, “*Reti Neurali: una rilettura dei fondamenti*”, relatore Prof. Giuseppe Martinelli, Università di Roma “La Sapienza”, “*Reti non lineari: una rilettura dei fondamenti*”, relatore Prof. Mauro Parodi, Università di Genova.

Nel corso dell’undicesimo Stage (Napoli, 16-19 ottobre 2007) si sono tenuti i seguenti corsi: 1) “*Introduzione alla analisi funzionale*”, relatore R. Fiorenza, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2) . “*La simulazione di circuiti e sistemi: metodi, modelli e implementazioni*”, relatore M. Santomauro, Politecnico di Milano; 3. “*Introduzione ai problemi inversi in elettromagnetismo*”, relatore A. Savini, Università degli Studi di Pavia. Nel corso del Dodicesimo Stage (Napoli, 20-25 ottobre 2008) si sono tenuti tre corsi: “*Simulazione e modellazione di circuiti ed elementi per applicazioni elettriche ed elettroniche*”, relatore Prof. Angelo Brambilla, Politecnico Milano; “*Celle a combustibile: modellazione multiphysics, caratterizzazione dei materiali e integrazione di sistema*”, relatore Prof. Massimo Guarnieri, Università degli Studi Padova; “*Metodi per l’Imaging Elettromagnetico Non Distruttivo*”, relatore Prof. Antonello Tamburrino, Università degli Studi di Cassino. Durante il XIII Stage si sono svolti i seguenti corsi: “*Modelli e metodi per lo studio dei problemi di schermatura*”, relatore Prof. Salvatore Celozzi, Università di Roma “La Sapienza”, “*Modellistica, approcci per lo studio e applicazione dei nanocircuiti*”, relatore Prof. Pier Paolo Civalleri, Politecnico di Torino, “*I dati e i modelli: problemi inversi e metodi di soluzione*”, relatore Prof. Mauro Parodi, Università di Genova. Infine nel corso del XIV Stage (Napoli, 18-22 Ottobre 2010) si sono tenuti i seguenti corsi: “*Modelli e Metodi per l’Analisi e la Progettazione di Circuiti Elettronici di Potenza*”, relatore Prof. Nicola Femia, Università di Salerno, “*Elettromagnetismo Computazionale: dagli Aspetti di Base ai Modelli di Ordine Superiore*”, relatore Prof. Roberto Graglia, Politecnico di Torino, “*Electromagnetic Modeling of Special Materials for Nanoelectronics and Nanophotonics: Physical Properties and Mathematical Treatment*”, relatore Prof. Gregory Ya. Slepyan, Belarus State University, Minsk, Belarus.

Agli stage annuali si sono affiancati numerosi Corsi Brevi presso le principali università italiane molti dei quali svolti in collegamento con le Riunioni Annuali dei ricercatori del gruppo.

La didattica della Scuola è destinata agli allievi di dottorato che sono guidati nella loro attività didattico/scientifica da ricercatori del Gruppo di Elettrotecnica. Saranno naturalmente benvenuti anche i docenti e ricercatori interessati alle attività del corso.

## **Programma didattico**

Il Corso breve, organizzato in occasione della XXVII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, ha come titolo “*Bioelectric and biomagnetic signals of the brain: from measurement to source reconstruction*”, relatore è il Prof. Jens Haeisen, Dean of the Faculty of Computer Science and Automation, Ilmenau University, Germany.

### Programma:

1. General introduction
2. Measurement techniques
3. The forward problem
4. The inverse problem
5. Validation approaches.

(maggiori informazioni nel programma di dettaglio allegato)

### Sussidi didattici:

1. Eichardt R, Haueisen J: Influence of Sensor Variations on the Condition of the Magnetostatic Linear Inverse Problem. IEEE Transactions on Magnetics, 46(8): 3449 - 3452, 2010
2. Di Rienzo,L., Haueisen,J.: Theoretical Lower Error Bound for Comparative Evaluation of Sensor Arrays in Magnetostatic Linear Inverse Problems. IEEE Transactions on Magnetics, 42 (11): 3669-3673, 2006
3. Güllmar,D., Haueisen,J., Reichenbach,J.R.: Influence of anisotropic electrical conductivity in white matter tissue on the EEG/MEG forward and inverse solution. A high resolution whole head simulation study. Neuroimage, 51: 145–163, 2010
4. Stenroos, M., Haueisen, J.: Boundary Element Computations in the Forward and Inverse Problem of Electrocardiography: Comparison of Collocation and Galerkin Weightings. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 55(9):2124-2133, 2008
5. Eichardt,R., Baumgarten,D., Di Rienzo,L., Linzen,S., Schultze,V., Haueisen,J.: Localisation of buried ferromagnetic objects based on minimum-norm-estimations: a simulation study. COMPEL, 28(5): 1327 - 1337, 2009
6. JHaueisen,J., Leistritz,L., Süße, T., Curio,G., Witte,H.: Identifying mutual information transfer in the brain with differential-algebraic modeling: evidence for fast oscillatory coupling between cortical somatosensory areas 3b and 1, Neuroimage, 37:130-136, 2007
7. Wetterling,F., Liehr,M., Schimpf,P., Liu,H., Haueisen,J.:The localization of focal heart activity via body surface potential measurements: tests in a heterogeneous torso phantom. Physics in Medicine and Biology, 54:5395–5409, 2009
8. Liehr,M., Haueisen,J.: Influence of anisotropic compartments on magnetic field and electric potential distributions generated by artificial current dipoles inside a torso phantom. Physics in Medicine and Biology, 53:245–254, 2008
9. Andrä, W., Nowak, H. (Editors): Magnetism in Medicine: A Handbook, 2nd, Completely Revised and Enlarged Edition, Wiley, 2006
10. Hansen P, Kringelbach ML, Salmelin R: MEG: An Introduction to Methods. Oxford University Press, 2010
11. Papanicolaou, A.C.: Clinical Magnetoencephalography and Magnetic Source Imaging. Cambridge University Press, 2009
12. Plonsey, J.: Bioelectric Phenomena. McGraw-Hill, 1969
13. Sander TH, Knösche TR, Schlögl A, Kohl F, Wolters CH, Haueisen J, Trahms L: Recent advances in modeling and analysis of bioelectric and biomagnetic sources. Biomedizinische Technik, 55:65-76, 2010
14. Babiloni C, Pizzella V, Gratta CD, Ferretti A, Romani GL: Fundamentals of electroencephalography, magnetoencephalography, and functional magnetic resonance imaging. Int Rev Neurobiol. 86:67-80, 2009

*(maggiori informazioni nel programma di dettaglio allegato)*

A tutti i partecipanti verrà rilasciato un attestato di partecipazione.

## **Informazioni Organizzative**

### **Sede del Corso**

Le lezioni si terranno presso l'Aula 5-7, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, Viale del Risorgimento 2, Bologna.

### **Orario delle Lezioni**

Il corso si terrà il giorno 15 giugno secondo il seguente orario:

1. Lecture #1            10.30-12.30  
                                  (Lunch Break 12.30-13.45)
2. Lecture #2            13.45-15.45  
                                  (Coffee Break 15.45-16.00)
3. Lecture #3:            16.00-17.30

### **Ospitalità Alberghiera**

Per l'eventuale prenotazione alberghiera, da effettuarsi in modo autonomo, ci si può riferire alle indicazioni fornite sul sito della Riunione Nazionale dei Ricercatori di Elettrotecnica ET2011 (<http://et2011.ing.unibo.it/>).

### **Segreteria**

Per qualsiasi ulteriore informazione contattare la Dott.ssa Mariella Vetrano della Segreteria della Scuola "F. Gasparini", Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Napoli Federico II, via Claudio 21, 89125 Napoli.

Tel: 081 7683243

fax: 081 768 3171

e.m.: [m.vetrano@create.unina.it](mailto:m.vetrano@create.unina.it).

*Prof. Raffaele Martone*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Martone', with a stylized initial 'R' and a small mark below the 'e'.

(Direttore della Scuola Nazionale per Dottorandi di Elettrotecnica  
"Ferdinando Gasparini")

Napoli, 6 giugno 2011

**SCUOLA NAZIONALE  
DOTTORANDI DI ELETTRTECNICA  
“FERDINANDO GASPARINI”**

(in occasione della XXVII Riunione Nazionale dei Ricercatori di Elettrotecnica)

Short Course

**Bioelectric and biomagnetic signals of the brain: from measurement to source reconstruction**

*Jens Haueisen*

Institute of Biomedical Engineering and Informatics, Technical University Ilmenau, Ilmenau, Germany  
Biomagnetic Center, Department of Neurology, University Jena, Germany  
[Jens.Haueisen@tu-ilmenau.de](mailto:Jens.Haueisen@tu-ilmenau.de)

(BOLOGNA, 15 GIUGNO 2011)

The function and structure of the human brain is immensely complex and, at the same time, the key to understanding human behavior and many of today's prevailing diseases. In most cases, this system cannot be investigated directly, but only non-invasively from outside the head. Several measurement modalities are available, such as electroencephalography (EEG), magnetoencephalography (MEG), magnetic resonance imaging (MRI), functional magnetic resonance imaging (fMRI), diffusion weighted imaging (DWI) and positron emission tomography (PET), each of which provides information on a different aspect of brain function and structure. In this short course we will concentrate on functional brain imaging on the basis of EEG/MEG measurements.

The course is organized in four main parts which will cover measurement techniques, the forward problem, the inverse problem, and validation approaches.

The first part will provide an introduction of bioelectric and biomagnetic measurement techniques. For electric measurements we will introduce shortly the current state of the art and then especially concentrate on new dry electrode techniques. For magnetic measurements the current state of the art in biomagnetic field recording techniques will be presented. Superconducting QUantum Interference Devices (SQUIDS) are the most sensitive commercial magnetic field or flux detector known today. Standard systems comprise about 50 to 300 SQUID sensors arranged in a fixed layout inside a cryostat and cooled by liquid helium. Alternative sensors operating at room temperature have been recently proposed. For example optical magnetic field sensors (optical pumping magnetometers) have the capability to record the magnetocardiogram. The fact that optical magnetic field sensors do not need to be cryogenically cooled enables implementation of sensor modules that can be arranged in any geometrical configuration as required by the various clinical applications. This raises the question of how to optimally place the sensors for robust field reconstruction. An example for optimizing such configurations will be given.

In order to reconstruct the neuronal activity underlying measured EEG and MEG data both the forward problem (computing the electromagnetic field due to given sources) and the inverse problem (finding the best fitting sources to explain given data) have to be solved. Based on the physiological background of the generation of EEG and MEG signals, basic source modeling approaches are introduced. The equivalent electric current dipole model is considered, since this model is the most basic one and widely used in source reconstruction procedures. The conductivity model can be as simple as a homogeneously conducting sphere or as complex as a finite element model consisting of millions of elements, each with a different anisotropic conductivity tensor. The question is addressed how complex the employed forward model should be, and, more specifically, the influence of anisotropic volume conduction is evaluated. For this purpose high resolution finite element models of the rabbit and the human head are employed in combination with individual conductivity tensors to quantify the influence of white matter anisotropy on the solution of the forward and inverse problem in EEG and MEG. Although the current state of the art in the analysis of this influence of brain tissue anisotropy on source reconstruction does not yet allow a final conclusion, the results available indicate that the expected average source localization error due to anisotropic white matter conductivity might be within the principal accuracy limits of current inverse procedures. However, in some percent of the cases a considerably larger localization error might occur. In contrast, dipole orientation and dipole strength estimation are influenced significantly by anisotropy. In conclusion for the forward modeling part, models taking into account tissue anisotropy information are expected to improve source estimation procedures.

In the third part of the course, an overview on the inverse problem and especially reconstruction algorithms will be given. Source reconstruction is used to estimate the location, orientation, and strength of bioelectrical sources from surface potential measurements or from magnetic field measurements. We will mainly concentrate on localization of neuronal activity in the brain, but the technique is also used to localize electrophysiological activity in the heart and in other biomedical research areas. The source reconstruction methods will be exemplified on the estimation of mutual information transfer in the brain with differential algebraic modeling in the human somatosensory system and the estimation of involuntary motor activity evoked by music perception.

Inverse problems, such as in bioelectric and biomagnetic source reconstruction procedures, are computationally complex and don't have unique solutions. Consequently, validation is required not only for newly developed inverse algorithms, but also for new combinations of existing data preprocessing and data analysis procedures. Validation approaches in general include simulations, phantom measurements, and animal measurements. In the fourth part of the PhD short course, electric and magnetic phantom measurements are presented, which aimed at the comparison and the estimation of the procedural limits of the source localization accuracy under real world conditions.

### **Selected papers also covered in the short course:**

#### Part 1

- Fiedler,P., Cunha,L.T., Pedrosa, P., Brodkorb,S., Fonseca,C. Vaz,F., Haueisen,J.: Novel  $TiN_x$ -based biosignal electrodes for electroencephalography. Measurement Science and Technology, in press, 2011
- Eichardt R, Haueisen J: Influence of Sensor Variations on the Condition of the Magnetostatic Linear Inverse Problem. IEEE Transactions on Magnetics, 46(8): 3449 - 3452, 2010
- Lau,S., Eichardt, R., Di Rienzo,L., Haueisen, J.: Tabu Search Optimization of Magnetic Sensor Systems for Magnetocardiography. IEEE Transactions on Magnetics, 44 (6):1442-1445, 2008
- Di Rienzo,L., Haueisen,J.: Numerical Comparison of Sensor Arrays for Magnetostatic Linear Inverse Problems Based on a Projection Method. COMPEL, 26:356-367, 2007
- Di Rienzo,L., Haueisen,J.: Theoretical Lower Error Bound for Comparative Evaluation of Sensor Arrays in Magnetostatic Linear Inverse Problems. IEEE Transactions on Magnetics, 42 (11): 3669-3673, 2006

#### Part 2

- Güllmar,D., Haueisen,J., Reichenbach,J.R.: Influence of anisotropic electrical conductivity in white matter tissue on the EEG/MEG forward and inverse solution. A high resolution whole head simulation study. Neuroimage, 51: 145–163, 2010
- Stenroos, M., Haueisen, J.: Boundary Element Computations in the Forward and Inverse Problem of Electrocardiography: Comparison of Collocation and Galerkin Weightings. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 55(9):2124-2133, 2008
- Güllmar,D., Haueisen,J., Eiselt,M., Gießler,F., Flemming,L., Anwander,A., Knösche,T.R., Wolters,C.H., Dümpelmann,M., Tuch,D.S., Reichenbach,J.R.: Influence of anisotropic conductivity on EEG source reconstruction: Investigations in a rabbit model. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 53:1841-1850, 2006
- Haueisen,J., Tuch,D.S., Ramon,C., Schimpf,P.H., Wedeen,V.J., George, J.S., Belliveau,J.W.: The influence of brain tissue anisotropy on human EEG and MEG. Neuroimage, 15, 159-166, 2002
- Haueisen,J., Ramon,C., Brauer,H., Nowak,H.: The influence of local conductivity changes on the magnetoencephalogram and the electroencephalogram. Biomedical Engineering, 45 (7-8), 211 – 214, 2000
- Haueisen,J., Böttner,A., Funke,M., Brauer,H., Nowak,H.: The influence of boundary element discretization on the forward and inverse problem in electroencephalography und magnetoencephalography. Biomedical Engineering, 42(9), 240 - 248, 1997

#### Part 3

- Eichardt,R., Baumgarten,D., Di Rienzo,L., Linzen,S., Schultze,V., Haueisen,J.: Localisation of buried ferromagnetic objects based on minimum-norm-estimations: a simulation study. COMPEL, 28(5): 1327 - 1337, 2009
- Jaros,U., Hilgenfeld,B., Lau,S., Curio,G., Haueisen,J.: Nonlinear interactions of high-frequency oscillations in the human somatosensory system. Clinical Neurophysiology, 119(11):2647-57, 2008
- Haueisen,J., Leistriz,L., Süße, T., Curio,G., Witte,H.: Identifying mutual information transfer in the brain with differential-algebraic modeling: evidence for fast oscillatory coupling between cortical somatosensory areas 3b and 1, Neuroimage, 37:130-136, 2007

- Hilgenfeld,B., Haueisen,J.: Simultaneous suppression of disturbing fields and localization of magnetic markers by means of multipole expansion. *Biomagnetic Research and Technology*, 2:6, 2004
- Haueisen,J., Knösche,T.R.: Involuntary Motor Activity in Pianists Evoked by Music Perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(6), 786-792, 2001

#### Part 4

- Wetterling,F., Liehr,M., Schimpf,P., Liu,H., Haueisen,J.:The localization of focal heart activity via body surface potential measurements: tests in a heterogeneous torso phantom. *Physics in Medicine and Biology*, 54:5395–5409, 2009
- Sengül,G., Liehr,M., Haueisen,J., Baysal,U.: An experimental study on the effect of the anisotropic regions in a realistically shaped torso phantom. *Annals of Biomedical Engineering*, 36(11): 1836-43, 2008
- Liehr,M., Haueisen,J.: Influence of anisotropic compartments on magnetic field and electric potential distributions generated by artificial current dipoles inside a torso phantom. *Physics in Medicine and Biology*, 53:245–254, 2008
- Dutz,S., Bellemann,M.E., Leder,U., Haueisen,J.: Passive vortex currents in magneto- and electrocardiography: comparison of magnetic and electric signal strengths. *Physics in Medicine and Biology*, 51(1):145-51, 2006
- Liehr,M., Haueisen,J., Görnig,M., Seidel,P., Katila,T., Nenonen,J.: Vortex shaped current sources in a Physical Torso Phantom. *Annals of Biomedical Engineering*, 33(2): 240–247, 2005
- Tenner,U., Haueisen,J., Nowak,H., Leder,U., Brauer,H.: Source Localization in an Inhomogeneous Physical Thorax Phantom. *Physics in Medicine and Biology*, 44, 1969 - 1981, 1999

#### **General reading**

##### Books

- Andrä, W., Nowak, H. (Editors): *Magnetism in Medicine: A Handbook*, 2nd, Completely Revised and Enlarged Edition, Wiley, 2006
- Bäck, T. und Schwefel, H.-P.: *Evolutionary algorithms in theory and practice: Evolution strategies, evolutionary programming, genetic algorithms*. Oxford University Press, NY, 1996
- Fletcher, R.: *Practical methods of optimization*. J W & S, Chichester, 1987
- Hansen P, Kringelbach ML, Salmelin R: *MEG: An Introduction to Methods*. Oxford University Press, 2010
- Papanicolaou, A.C.: *Clinical Magnetoencephalography and Magnetic Source Imaging*. Cambridge University Press, 2009
- Plonsey, J.: *Bioelectric Phenomena*. McGraw-Hill, 1969
- Toga, A.W., Mazziotta, J.C.: *Brain Mapping. The Methods*. Academic Press, 2002
- Webster, J.G. (Ed.): *Medical Instrumentation - Application and Design*, Houghton Mifflin Co. Boston/Toronto, 1992

##### Review Paper

- Sander TH, Knösche TR, Schlögl A, Kohl F, Wolters CH, Haueisen J, Trahms L: Recent advances in modeling and analysis of bioelectric and biomagnetic sources. *Biomedizinische Technik*, 55:65-76, 2010
- Nolte G, Müller KR: Localizing and estimating causal relations of interacting brain rhythms. *Front Hum Neurosci*. 22 4:209, 2010
- Babiloni C, Pizzella V, Gratta CD, Ferretti A, Romani GL: Fundamentals of electroencefalography, magnetoencefalography, and functional magnetic resonance imaging. *Int Rev Neurobiol*. 86:67-80, 2009
- Stufflebeam SM, Tanaka N, Ahlfors SP: Clinical applications of magnetoencephalography. *Hum Brain Mapp*. 30(6):1813-23, 2009