

AUTOMED 2013



TAGUNGSBAND Dresden, 9.–11.10.2013

Hagen Malberg, Marcelo Gama de Abreu, Sebastian Zaunseder (Hrsg.)

Reports on Biomedical Engineering – Band 1
herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Hagen Malberg



Steinbeis-Forschungszentrum
Angewandte Medizintechnik

Hagen Malberg, Marcelo Gama de Abreu, Sebastian Zaunseder (Hrsg.)

AUTOMED 2013

Automatisierungstechnische Verfahren für die Medizin

Reports on Biomedical Engineering – Band 1

herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Hagen Malberg



Steinbeis-Forschungszentrum
Angewandte Medizintechnik

Steinbeis-Edition

Impressum

© 2013 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

AUTOMED 2013
Hagen Malberg, Marcelo Gama de Abreu, Sebastian Zaunseder (Hrsg.)

Reports on Biomedical Engineering – Band 1
herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Hagen Malberg

1. Auflage 2013 | Steinbeis-Edition, Stuttgart
ISBN 978-3-943356-82-3

Satz: Steinbeis-Forschungszentrum Angewandte Medizintechnik
Titelbild: © Anja Upmeier
Druck: e.kurz+co druck und medientechnik gmbh, Stuttgart

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Steinbeis-Unternehmen sowie Kooperations- und Projektpartner in über 60 Ländern. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Beratung, Forschung & Entwicklung, Aus- und Weiterbildung sowie Analysen & Expertisen für alle Management- und Technologiefelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei.

Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat.

161588-2013-09 | www.steinbeis-edition.de



**11. Interdisziplinäres Symposium des Fach-
ausschusses AUTOMED der Deutschen
Gesellschaft für Biomedizinische Technik
(DGBMT) und der Gesellschaft für Mess- und
Automatisierungstechnik (GMA) im VDE e.V.**

Wissenschaftliche Schwerpunkte

- Modellbildung, Simulation und Regelung
- Messtechnik, Sensorik und Biosignalverarbeitung
- Rehabilitation und Homecare
- Beatmungs- und Überwachungstechnik
- Assistenz in komplexen Situationen (z. B. Sepsis)
- Smart Instruments, Navigation & Robotik
- Mensch-Maschine-Interaktion und Risiko-Management

Tagungsband

Dresden, 9.–11. Oktober 2013

Reports on Biomedical Engineering

Herausgeber:

Hagen Malberg

Universitätsprofessor, Dr.-Ing. habil.,

Institut für Biomedizinische Technik

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Medizinische Fakultät „Carl Gustav Carus“

Technischen Universität Dresden,

Steinbeis-Forschungszentrum Angewandte Medizintechnik, Dresden

Vorwort

Das Gebiet der automatisierungstechnischen Verfahren und Systeme für die Medizin – AUTOMED – ist eines der grundlegenden und faszinierendsten Gebiete in der Biomedizinischen Technik. Die diesem Gebiet zuzuordnenden medizintechnischen Systeme sollen physiologische Körperfunktionen unterstützen und ggf. auch ersetzen. Das Hauptanliegen des AUTOMED 2013 Symposiums ist es, ein Forum zur Diskussion von Forschungsergebnissen und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu schaffen. Dabei sollen durch die interdisziplinäre Ausrichtung der Veranstaltung neue Synergien zwischen technischen und medizinischen Wissenschaften geschaffen werden. Ein wichtiges Ziel ist es, Forschungsergebnisse in die klinische Anwendung zu transferieren.

Die Organisatoren des 11. Interdisziplinären Symposiums des Fachausschusses AUTOMED der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT) und der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) im VDE e.V. danken den unterstützenden Gremien, Institutionen und Einrichtungen:

- dem wissenschaftlichen Beirat der AUTOMED 2013,
- der Technischen Universität Dresden mit der Medizinischen Fakultät „Carl Gustav Carus“ und der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik,
- der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT) im VDE e.V.,
- der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) im VDE e.V.,
- dem Fachausschuss „Biosignale-Informationsverarbeitung in Medizin und Biowissenschaften“ der DGBMT,
- dem Steinbeis-Innovationszentrum Angewandte Medizintechnik,
- dem gesamtsächsischen Verband für die Biotechnologie und angrenzende Bereiche von Materialwissenschaft bis Medizintechnik (biosaxony e.V.) und
- der IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBS).

Im Tagungsband sind die Beiträge alphabetisch, nach dem Erstautor geordnet, abgedruckt, da viele Beiträge meist mehrere Schwerpunkte der Tagung beinhalten.

Allen Teilnehmern wünschen wir ein inspirierendes und erfolgreiches Symposium!

Oktober 2013

Hagen Malberg, Marcelo Gama de Abreu und Sebastian Zaunseder

Wissenschaftlicher Beirat

Hartmut Gehring, Lübeck
Josef Guttman, Freiburg
Axel Heller, Dresden
Martin Hexamer, Bochum
Edmund Koch, Dresden
Steffen Leonhardt, Aachen
Knut Möller, Furtwangen
Thomas Penzel, Berlin
Michael Quintel, Göttingen
Robert Riener, Zürich
Georg Rose, Magdeburg
Rolf Rossaint, Aachen
Thomas Schanze, Gießen
Thomas Schauer, Berlin
Olaf Simanski, Wismar
Ronald Tetzlaff, Dresden
Leon Urbas, Dresden
Andreas Voss, Jena
Niels Wessel, Berlin

Tagungsleitung

Hagen Malberg
Institut für Biomedizinische Technik
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Dresden
Medizinische Fakultät „Carl Gustav Carus“, TU Dresden

Marcelo Gama de Abreu
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin,
Medizinische Fakultät „Carl Gustav Carus“, TU Dresden

Sebastian Zaunseder
Institut für Biomedizinische Technik an der
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden

Veranstaltungszeit und -ort

9.–11. Oktober 2013 am Universitätsklinikum „Carl Gustav Carus“
der Technischen Universität Dresden, Dekanatsgebäude

Redaktion

Matthias Rabenau
Institut für Biomedizinische Technik an der
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort | 5 |
| Programmkomitee und Tagungsleitung u.ä. | 7 |
| Inhaltsverzeichnis | 8 |
| | |
| Einfluss der mütterlichen EKG-Modellierung auf die fetalen QRS-Detektionen | 12 |
| <i>Fernando Andreotti, Sebastian Zaunseder, Claudia Schmieder, Sophia Schröder, Susanne Löther, Hagen Malberg, Holger Stepan, Niels Wessel, Alexander Jank; Dresden</i> | |
| | |
| Comparison of Two Control Methods for Tracking of Respiratory Motion with an Industrial Robot in Radiotherapy | 14 |
| <i>Henry Arenbeck, Lutz Wittschier, David Kügler, André Duffe, Dirk Abel; Aachen</i> | |
| | |
| Rapid Control Prototyping Versuchsaufbau zur Erprobung eines impeimpedanzkonrollierten chirurgischen Fräsers in der Revisionshüftprothetik | 16 |
| <i>Christian Brendle, Annegret Niesche, Alexander Korff, Klaus Radermacher, Berno Misgeld, Steffen Leonhardt; Aachen</i> | |
| | |
| Somnomat: An Actuated Bed to Improve Sleep | 18 |
| <i>Francesco Crivelli, Ximena Omlin, Lorenz Heinicke, Robert Riener; Zürich</i> | |
| | |
| Spike-Sorting of Clinical Tetrode-Recordings | 20 |
| <i>Christopher Doerr, Dirk Höhl, Uwe Thomas, Thomas Schanze; Gießen</i> | |
| | |
| Regelung eines Gangsimulators für Beinprothesen | 22 |
| <i>Simon Gallinger, Wulf Wulff, Julius Thiele, Marc Kraft; Berlin</i> | |
| | |
| Diagnose-Gerät OCD-02 zur Unterscheidung von benignem und malignem Prostata-Gewebe | 24 |
| <i>Carola Gerich, Marisa Rio, Taekyun Kim, Sangdae Lee, Rico Illing, Thomas Härtling, Jörg Opitz, Jürgen Schreiber; Dresden</i> | |
| | |
| Ansätze zur Automatisierung der warmen Perfusion isolierter Organe | 26 |
| <i>Marian Gransow, Susanne Koch, Christine Thiele, Jaroslaw Pyrc, Hagen Malberg; Dresden</i> | |
| | |
| Atmungsdetektion mittels integriertem Doppler-Radar in einer Matte | 28 |
| <i>Andre Henning, Theresa Hetzel, Sebastian Zaunseder, Hagen Malberg; Dresden</i> | |

| | |
|---|----|
| Entwicklung und Evaluation eines adaptiven Reglers zur Applikation von Tidalvolumina in der Beatmung von Kleintieren | 30 |
| <i>Robert Huhle, Peter M. Spieth, Marcelo Gama de Abreu; Dresden</i> | |
| Development of a Mock Circulation for In-Vitro Testing of a Left Ventricular Assist Device – Preliminary Results | 32 |
| <i>Alen Karabegovic, Alem Jusic, Harald Hackl, Markus Hinteregger, Christoph Janeczek, Werner Mohl, Margit Gföhler; Wien</i> | |
| ChARMin - A Pediatric Arm Rehabilitation Robot | 34 |
| <i>Urs Keller, Robert Riener; Zürich</i> | |
| Untersuchung der Oszillation des humanen Trommelfells mit Doppler optischer Kohärenztomografie | 36 |
| <i>Lars Kirsten, Anke Burkhardt, Jonas Golde, Julia Walther, Matthias Bornitz, Max Kemper, Thomas Zahnert, Edmund Koch; Dresden</i> | |
| Virtual Weight-Compensating Exoskeleton using λ -Controlled FES | 38 |
| <i>Christian Klauer, Arne Passon, Jörg Raisch, Thomas Schauer; Berlin</i> | |
| Die extrakorporal normotherm perfundierte Niere – Autoregulation | 40 |
| <i>Susanne Koch, Marian Gransow, Christine Thiele, Hagen Malberg; Dresden</i> | |
| Rehabilitation mit dem KUKA Leichtbauroboter: Optimierung der Achskonfiguration zur Reaktion auf externe Kräfte | 42 |
| <i>Melanie Kolditz, Kai Bollue, Henry Arenbeck, Dirk Abel; Aachen</i> | |
| Hierarchische Modellbildung am Beispiel von Modellen des menschlichen Gasaustauschs .. | 44 |
| <i>Jörn Kretschmer, Axel Riedlinger, Knut Möller; Villingen-Schwenningen</i> | |
| EKG-basierte Triggerung für die kardiale Ultrahochfeld-Magnetresonanztomographie | 46 |
| <i>Johannes W. Krug, Georg Rose, Gari D. Clifford, Julien Oster; Magdeburg</i> | |
| Determination of a generalised pattern of sleep arousals in combination with a time-frequency correlation | 48 |
| <i>Dennis Lerch, Thomas Penzel, Reinhold Orlgmeister; Berlin</i> | |
| Heart Beat Clustering on an Ambulant Holter Monitoring Device | 50 |
| <i>Alexander Noack, Marcus Pietzsch, Martin Zimmerling, Andreas Weder; Dresden</i> | |

| | |
|---|----|
| Validierung der Intraoperativen Optischen Bildgebung bei funktioneller elektrischer Stimulation mit Hilfe von SEP-Messungen und MRT-Daten | 52 |
| <i>Martin Oelschlägel, Tobias Meyer, Stephan B. Sobottka, Matthias Kirsch, Gabriele Schackert, Hagen Malberg, Ute Morgenstern; Dresden</i> | |
| Flexible Small Size Actimeter For Continuous Movement Acquisition | 54 |
| <i>Maik Pflugradt, Reinhold Orlgmeister; Berlin</i> | |
| Ultraschall-Messsystem zur Bestimmung mechanischer Belastung auf Risikostrukturen innerhalb eines chirurgischen Trainingssystems | 56 |
| <i>Tobias Pilic, Matthias Müller, Ben Andrack, Werner Korb, Matthias Sturm; Leipzig</i> | |
| MR-kompatibler Druckluft-Servomotor – Modellbildung und Simulation | 58 |
| <i>Peter P. Pott, Kuangye Gong, Helmut F. Schlaak; Darmstadt</i> | |
| Automatisierte Mikroskopie von Zebrafischherzen | 60 |
| <i>Christian Pylatiuk, Waldemar Spomer, Alexander Pfriem, Stefan Schulz, Georg Bretthauer; Karlsruhe</i> | |
| Hybrid Assistive Device with Gravity Compensation and Feedback Controlled NMES to Support Daily Upper Limb Activities | 62 |
| <i>Werner Reichenfelser, Christian Klauer, Thomas Schauer, Margit Gföhler; Wien</i> | |
| Navigationsanweisungen für Sehbehinderte und Blinde mit tragbaren Vibrationssystemen ... | 64 |
| <i>Miguel Reyes Adame, Knut Möller, Edgar Seemann; Villingen-Schwenningen</i> | |
| Quantification of heart beat nonstationarities by nonparametric segmentation | 66 |
| <i>Maik Riedl, Sabrina Camargo, Celia Anteneodo, Jürgen Kurths, Niels Wessel; Berlin</i> | |
| Robustheitsanalyse der Parameter-Identifizierung eines Gasaustausch-Modells | 68 |
| <i>Axel Riedlinger, Christoph Schranz, Knut Möller; Villingen-Schwenningen</i> | |
| Sliding Mode Beobachter basierte Orientierungsschätzung mittels Body Sensor Network integrierter Inertialsensorik | 70 |
| <i>Daniel Rüschen, Saim Kim, Steffen Leonhardt, Berno Misgeld; Aachen</i> | |
| Automatisierte Sturzrisikobewertung mittels Posturographie | 72 |
| <i>Thomas Schnupp Adolf Schenka, Leif E. Walther, Alexander Blödow, Martin Golz; Schmalkalden</i> | |

| | |
|--|----|
| Modellbasierte Einstellungen für die künstliche Beatmung | 74 |
| <i>Christoph Schranz, Tobias Becher, Dirk Schädler, Norbert Weiler, Knut Möller; Villingen-Schwenningen</i> | |
| Iterativ lernende kaskadierte Regelung eines nichtinvasiven Blutdruck-Messsystems nach Penaz | 76 |
| <i>Thomas Seel, Sarah Weber, Klaus Affeld, Thomas Schauer; Berlin</i> | |
| Prädiktion von EEG-Signalen bei Epilepsie: Einfluss des Polynomgrades auf den Prädiktions- fehler | 78 |
| <i>Vanessa Senger, Ronald Tetzlaff; Dresden</i> | |
| Regelung eines Herzunterstützungssystems unter dem Aspekt der Patientenadaption | 80 |
| <i>Alexander Sievert, Wolfgang Drewelow, Torsten Jeinsch, Constantin Wiesener, Olaf Simanski; Rostock</i> | |
| Erkennung von Glaukomerkrankungen anhand der vaskulären Dysregulation | 82 |
| <i>Andreas Voss, Katharina Witt, Eva Koch, Matthias Fuest, Niklas Plange; Jena</i> | |
| Automatisierte Erfassung einer topologiegestützten Referenzlinie für ein technisches Screeningverfahren von Fehlhaltungen | 84 |
| <i>Ralf Zeckay, Grzegorz Sliwinski, Christine Thiele, Birgit Dressel, Wojtek Kufel, Bartłomiej Halat, Beata Michalak, Grzegorz Kaczmar, Hagen Malberg, Zbigniew Sliwinski; Dresden</i> | |
| Neuartiges, hochflexibles und universell einsetzbares Strahlentherapiegerät | 86 |
| <i>Christian Ziegler, Jörg Franke; Erlangen-Nürnberg</i> | |
| Autorenverzeichnis | 88 |

Einfluss der mütterlichen EKG-Modellierung auf die fetalen QRS-Detektionen

Fernando Andreotti¹, Sebastian Zaunseder¹, Claudia Schmieder², Sophia Schröder², Susanne Löther², Hagen Malberg¹, Holger Stepan², Niels Wessel³, Alexander Jank²

¹Institut für Biomedizinische Technik (IBMT), TU-Dresden, Dresden, Deutschland

²Zentrum für Frauen- und Kindermedizin, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig, Deutschland

³Kardiovaskuläre Physik, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland

Kontakt: fernando.andreotti@mailbox.tu-dresden.de

Einleitung

Traditionelle Methoden zur Erfassung der fetalen Herzrate sind entweder invasiv, haben eine hohe Fehleranfälligkeit an falschen positiven Tests und/oder beinhalten Einschränkungen in Bezug auf die Anwendbarkeit (z.B. Nachteile bei Langzeituntersuchungen mittels Doppler-Ultraschall [1]). Aufgrund der Limitationen etablierter Techniken stellt die Erfassung des fetalen Elektrokardiogramms (fEKG) aus abdominalen Kanälen (abdmEKG) einen vielversprechenden Ansatz zum automatisierten Monitoring im Falle von Risikoschwangerschaften dar. Allerdings ist der fetale Anteil in abdmEKG mit der Einschränkung eines niedrigen Signal-zu-Rausch-Verhältnisses (SNR) verbunden. Dieses Hindernis macht spezielle Signalverarbeitungsmethoden (Extraktions- und Detektionsmethoden) notwendig.

Die hier dargestellte Untersuchung befasst sich mit der Weiterentwicklung einer Kalman-Filter-basierten Verarbeitungsmethode mit dem Ziel einer Verbesserung der QRS-Detektionsraten [2]. Konkret wird der Einfluss der Anzahl von genutzten Gaußkernen für die Modellierung des mütterlichen EKG untersucht.

Methoden und Materialien

Daten

Vierundzwanzig, am Universitätsklinikum Leipzig aufgenommene 3-minütige Messausschnitte von physiologischen und pathologischen (vorzeitiger Blasensprung bzw. fetale Anämie) Schwangerschaften dienen als Datenbasis für die vorliegende Untersuchung. Jede Aufnahme beinhaltet acht bipolare Ableitungen: einen mütterlichen Kanal und sieben abdmEKG Kanäle nach [2]. Die Frauen befanden sich in der $25,0 \pm 2,5$ (entspricht: Mittelwert \pm Standardabweichung) Schwangerschaftswoche. Die 24 Aufnahmen wurden aufgrund des variablen SNR aus einem größeren Kollektiv ausgewählt, wobei die mütterlichen und fetalen QRS-Komplexe für jeden Datensatz von mehreren Spezialisten manuell annotiert wurden.

Extraktions- und Detektionsmethoden

Für die Signalverarbeitung wird MATLAB (MathWorks® - Version R2010b) verwendet. Im ersten Schritt wird jeder Kanal im Bereich 3-80 Hz mit einem Bandpass und einem 50 Hz Notchfilter gefiltert. Zunächst werden die mütterlichen Herzzyklen segmentiert. Auf diesen wird pro Kanal

für jeweils 30 Sekunden ein mittlerer mütterlicher Herzschlag (Template) erzeugt.

Jedes Template wird anschließend durch überlagerte Gaußkerne approximiert, um auf dieser Basis den Extended-Kalman-Smoother (EKS) anzuwenden. Die Annäherung ist durch das dynamische EKG-Modell von McSharry [3] wie folgt formuliert.

$$\hat{z}(a_i, b_i, \theta_i) = - \sum_{i=1}^N \frac{a_i}{b_i} \Delta\theta_i \exp\left(-\frac{\Delta\theta_i^2}{2b_i^2}\right) \quad (1)$$

Dabei ist a_i ein Amplitudenskalierfaktor, b_i die Breite jeder Gauß-Glocke, $\Delta\theta_i \in [-\pi, \pi]$ der Abstand bezüglich des QRS-Fiducial-Points und N die Anzahl von verwendeten Gauß-Glocken. In der Literatur kommen verschiedene N zum Einsatz (sechs [4], sieben [5] oder neun bis elf [6]).

Die Anpassung von N Gaußkernen in den mittleren Schlag ist ein Optimierungsproblem, welches mit steigenden N an Komplexität gewinnt und typischerweise mittels heuristischer Verfahren gelöst wird. Als Optimierungskriterium wurde die minimale mittlere quadratische Abweichung (MSE) gewählt und die Funktion *lsqnonlin()* zur Lösung verwendet. Nach der Optimierung wird das angepasste Modell in dem EKS verwendet, welches eine Approximation des mütterlichen Signals erzeugt. Dieses Signal wird von den vorverarbeiteten Kanälen subtrahiert, um so eine kanalweise fetale Abschätzungen zu erhalten.

Nach der Subtraktion wird jeder fetaler Abschätzungskanal mit einem Bandpassfilter zwischen 15-60 Hz gefiltert. Schlussendlich werden QRS-Komplexe in jedem Kanal auf der Basis von Amplitudenmaxima (vgl. [7]) detektiert.

Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, inwieweit eine steigende Anzahl von Gaußkernen die MSE minimiert, bzw. ob die Optimierungsfunktion und Modellierung dafür geeignet ist und welche Folgen sich für die fetale QRS Detektion ergeben. Aufgrund dessen werden die in der Literatur beschriebenen Modelle und ein 13-kerniges Modell getestet.

Ergebnisse

Abb. 1 zeigt ein Extraktionsergebnis beispielhaft für einen Datensatz mit einem niedrigen fetalen SNR. Abb. 2 stellt den MSE zwischen dem approximierten Template und dem mittleren Herzschlag (Template) dar. Die Werte ergeben sich als Mittelwert aller Messungen und aller Kanäle. Die