

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. med. Steffen Leonhardt

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Radermacher

Univ.-Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Thomas Schmitz-Rode

Tobias Wartzek

**Kontaktlose und robuste Überwachung des
kardiorespiratorischen Systems mittels
kapazitiver Messtechnik**

Ein Beitrag aus dem Philips Lehrstuhl für Medizinische
Informationstechnik im Helmholtz-Institut der RWTH Aachen
(Universitätsprofessor Dr.-Ing. Dr. med. Steffen Leonhardt).

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Shaker Verlag
Aachen 2013

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2013)

Copyright Shaker Verlag 2013

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2034-2

ISSN 1866-5349

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung

der Dissertation von Herrn Dipl.-Ing. Tobias Wartzek

Kontaktlose und robuste Überwachung des kardiorespiratorischen Systems mittels kapazitiver Messtechnik

Der demographische Wandel und der damit einhergehende Kostendruck im Gesundheitswesen erfordert für die Zukunft ein Umdenken in der medizinischen Versorgung. Zur Vermeidung kosten- und zeitintensiver Therapien, ist eine präventive Überwachung anzustreben, mit deren Hilfe nicht nur im Rahmen eines Krankenhausaufenthaltes, sondern bereits im alltäglichen Leben, Veränderungen des Gesundheitszustandes möglichst frühzeitig erkannt werden können. Problematisch dabei ist, dass die erforderlichen engmaschigen Kontrollen der Vitalparameter auf einer Normalstation oder in der häuslichen Versorgung, aufgrund von Personalmangel oder fehlender fachlicher Kompetenz, kaum zu gewährleisten sind. Als Lösung bieten sich kontaktlose Messtechniken an, die in Alltagsgegenständen, wie beispielsweise einem Bett, integriert werden können und dadurch für den Patienten eine nahezu unmerkliche und automatische Überwachung der Vitalparameter erlauben.

In der vorliegenden Arbeit wird, am Beispiel der kontaktlosen kapazitiven Messung des Elektrokardiogramms (EKG) und der Respiration, erstmalig die gesamte Messkette von den Sensoren bis hin zur Signalverarbeitung betrachtet, mit dem Ziel valide Messwerte von Herz- und Atemrate zu erhalten. Während in der Literatur bis dato immer nur kurze, ungestörte Messsignale dargestellt werden und die starken Bewegungsartefakte, wenn überhaupt, nur am Rande Beachtung finden, geht diese Arbeit explizit auf die Erkennung und Minimierung derartiger Störungen ein.

Im Falle der kapazitiven EKG-Messung werden erstmals, die Ursachen der durch Triboelektrizität entstehenden Bewegungsartefakte modelliert und analysiert. Darauf aufbauend wird eine optimierte kapazitive EKG-Elektrode mit einem neuartigen integrierten optischen Sensor entwickelt. Zur Optimierung der EKG-Messung wird ein neues Konzept zur automatischen Elektrodenauswahl, bei Verwendung mehrerer Sensoren, vorgestellt. Für die kapazitive Messung der Respiration wird anhand von analytischen Betrachtungen und FIT-Simulationen die Entwicklung eines neuartigen differentiellen Messsystems erläutert, welches durch ein hochfrequentes elektrisches Wechselfeld Rückschlüsse auf die Atmung ermöglicht.

Mittels der entwickelten Messtechnik wird ein Modell der Bewegungsartefakte abgeleitet, wodurch, ebenfalls erstmalig, eine beliebig große synthetische Datenbasis erstellt werden kann. Die vorliegende Arbeit macht dabei deutlich, dass die hohe Auftretenswahrscheinlichkeit starker Bewegungsartefakte, robuste Verfahren zur Artefakterkennung erfordern. Die Robustheit der entwickelten Algorithmen wird sowohl an den synthetischen Signalen als auch an realen Messdaten von Freiwilligen erfolgreich demonstriert. Aufgrund der Eigenschaften der Bewegungsartefakte wird abschließend gezeigt, wie durch eine Fusion von mehreren Sensoren eine, unter Umständen deutliche, Erhöhung der zeitlichen Abdeckung bei gleichzeitiger Minimierung des Fehlers in der Schätzung der Herz- und Atemrate möglich ist.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde somit erfolgreich ein ganzheitliches Konzept entwickelt, das eine kontaktlose, unmerkliche und vor allem robuste und valide Messung der Herz- und Atemrate mittels kapazitiver Messtechnik ermöglicht.