

**7. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
19. - 21. Oktober 2007 in
München**



**„Konzept und Realisierung eines implantierbaren EMG-
und Bewegungsmesssystems“**

S. Weber, S. Mayer, C. Reisert, T. C. Lüth
Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik, TU München, Garching, Deutschland
E-Mail: stefan.weber@tum.de, tim.lueth@tum.de

Copyright: VDI Verlag GmbH
Band: Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 267 „Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin, 7. Workshop, Tagungsband“
Editors: Ralf Tita, Robert Riener, Martin Buss, Tim C. Lüth
ISBN: 978-3-18-326717-0
Pages: 67-68

Konzept und Realisierung eines implantierbaren EMG- und Bewegungsmesssystems

S. Weber, S. Mayer, C. Reisert, T. C. Lüth

¹Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik, TU München
Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

[stefan.weber@tum.de, tim.lueth@tum.de]

EINLEITUNG

In diesem Beitrag wird der Aufbau eines miniaturisierten und damit implantierbaren Messsystem zur Messung und Auswertung von Muskelbewegungen (EMG – Elektromyographie) beschrieben. Im Beitrag wird dabei auf den Entwurf des Systems, die Realisierung des Systems mittels eines funkverbindungsfähigen Mikrocontrollers und der Aufbau als implantierbare Einheit eingegangen. Abschließend wird ein erstes Experiment zum Nachweis der mess- und übertragungstechnischen Eigenschaften vorgestellt.

Die *Elektromyographie* untersucht die elektrische Aktivität eines Muskels. Durch Interpretation elektrischer Potentiale wird klinisch auf Muskelschädigungen oder Läsionen geschlossen. Indikationen für eine EMG-Ableitung sind u. A. gegeben bei (a) Differenzierung von Muskelschädigungen (b) Muskelschwäche und Bewegungsstörung mit oder ohne Atrophie, (c) neuromuskuläre Überleitungsstörungen [Kramme 2004]. Darüber hinaus werden EKG-Messungen auch zur mobilen Aktivitätsanalyse herangezogen [Honda 2006]. In der Realität werden EMG Signale direkt im Muskel oder auf der Haut (Surface – SMEG) abgeleitet.

Funktionale Implantate zur Messung von Biosignalen innerhalb des menschlichen Körpers sind heute in der Lage EKG-Signale, Elektrolytbeschaffenheit und Muskelelastizität am transplantierten Herzen [Manoli 1998]; Gastroesophageus-Druckmessung, den pH-Wert und das Glucoseniveau im Magen [Valdastri 2004]; den vaskulären Fluss [Zacheja 2002]; Knochenparameter wie Dehnung, Heilungszustand [Rieger 2001] sowie den Augen- [Draeger 2002] und des Hirninnendruckes [Stieglitz 2001] zu messen. Erste Untersuchungen (teilweise am Menschen) finden sich im Bereich der Retinaimplantate [Kolnsberg 2001]. In der klinischen Realität finden derzeit aber nur Herzschrittmacher und Cochlearimplantate Einsatz.

Intramuskuläre EMG-Messungen sind eine präzise Methode um Muskelkontraktionen zu messen und daraus Informationen über Gesten, Aktivitäten oder Bewegungsmuster abzuleiten. Die Verfügbarkeit eines im-

plantierbaren EMG-Messsystems ist dabei zum einen interessant, um exakte Steuersignale für künstliche Prothesen abzuleiten. Zum anderen ist eine neuartige Form für eine Schnittstelle zwischen einem Menschen und Geräten denkbar, die über bestimmte Bewegungsmuster kontrolliert wird.

MATERIALIEN UND METHODEN

Statische Systembeschreibung: Das Implantat wurde als akkubetriebenes System mit der Möglichkeit der Wiederaufladung über eine induktive Ladeschaltung konzipiert (Abb. 1). Als Mikroprozessor kommt ein ATmega128L zusammen mit einer Funkeinheit Chipcon CC1100 zum Einsatz. Die Komponenten sind zusammen mit der notwendigen Aussenbeschaltung auf einer gemeinsamen Einheit untergebracht (MICA2Dot – Crossbow). Auf einem zusätzlichen Messmodul sind Operationsverstärker für die Erfassung und Verstärkung der EMG – Signale sowie ein Beschleunigungsmesssystem untergebracht. Zur EMG – Ableitung werden Elektroden eines Herzschrittmachers verwendet, die an das System angeschlossen werden. Für die Stromversorgung des Gesamtsystems wird ein Lithiumpolymerakku eingesetzt. Das Gesamtsystem wird in einem biokompatiblen Silikongehäuse untergebracht.

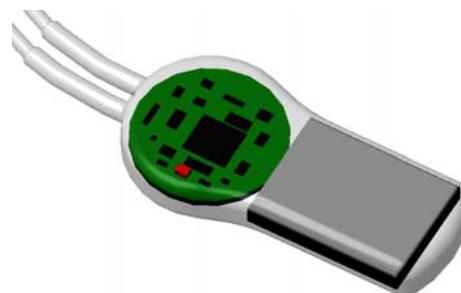


Abb. 1: CAD – Entwurf des EMG- und Bewegungsmessimplantats mit Elektronik (grün) und Energieversorgung (grau).

Dynamische Systembeschreibung: Die von den Elektroden erfassten Muskelpotentiale werden operationsverstärkt ($k_{verst.} = 1000$) und über A/D Wandlung in den Prozessor gelesen. Die Signale des Bewegungsmesssystems werden ohne Vorverstärkung ebenfalls an den A/D-Wandler übergeben und mit 10 Bit abgetastet. Die

Daten werden tiefpassgefiltert und über die Funkverbindung an eine Basisstation übertragen (19 kBaud). Die Basisstation besteht aus einem Empfänger mit angeschlossenen Computer zur Auswertung der Daten. Prinzipiell ist der Mikroprozessor außerdem in der Lage, zusätzliche Datenvorverarbeitungsschritte und eine Datenreduktion vorzunehmen (Abb. 2).

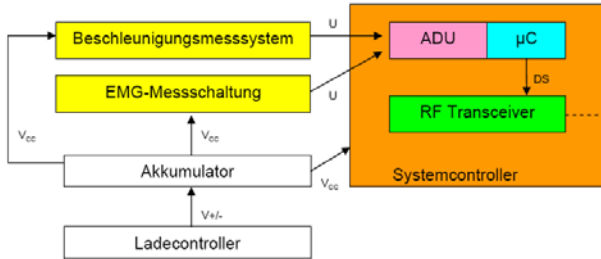


Abb. 2: Systematischer Aufbau des Messimplantats.

ERGEBNISSE

Es wurden Funktionsmuster des Implantats realisiert, anhand derer die relevanten Eigenschaften des Gesamtsystems nachgewiesen wurden. In Abb. 3 ist der Aufbau des Systems dargestellt, wobei die Energieversorgung ausschließlich über eine berührungslose induktive Einkopplung erfolgt.

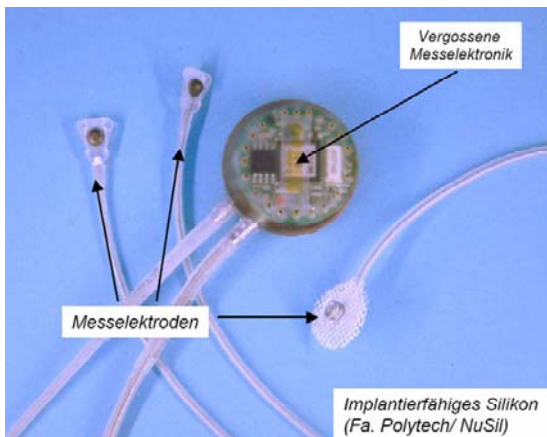


Abb. 3: Vergossenes Mote-System, Ladeschaltung und Sensorboard befinden sich hinter dem MICA2DOT.

Auf der Basis des Prototypen wurde ein erster Funktionsnachweis durchgeführt. Dazu wurden drei Elektroden am Oberarm eines Probanden befestigt und Muskelkontraktionen ausgeführt. Die EMG-Signale wurden über (a) das Messimplantat und (b) über ein Oszilloskop gemessen und qualitativ gegenübergestellt (Abb. 4).

DISKUSSION

Der Aufbau und die Integration von Messimplantaten ist heute ohne weiteres möglich. Problematisch ist die Batterieversorgung von derartigen Systemen über längere Zeit bzw. die Verwendung von energieoptimierten Schaltungen (aufwendig). Die Herstellung eines silikonbasierten Gehäuses ist über Vakuumtechnik möglich und stellt eine interessante Alternative zu metallischen Werkstoffen dar, allerdings muss die Problematik der Dichtheit beachtet werden.

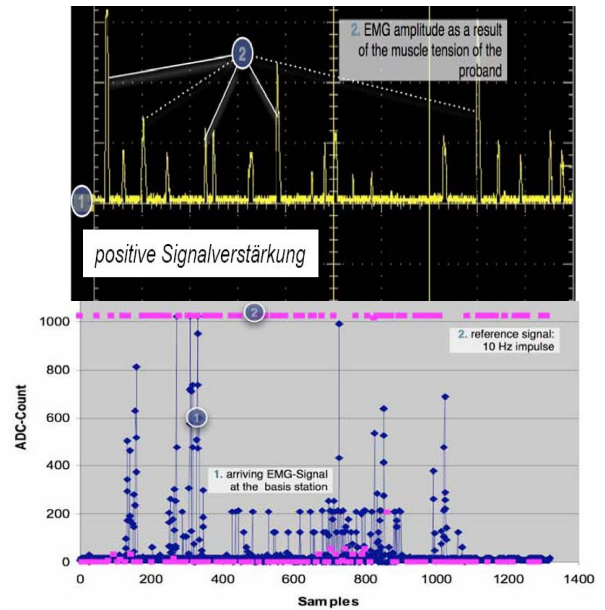


Abb. 4: Gegenüberstellung des EMG – Signals im Oszilloskop (oben) und im Messimplantat (unten).

LITERATURHINWEISE

[Honda2006] Honda Y., Weber S., Lüth T. C. (2006): Funkbasierte EMG-Messung für die Echtzeit-Auswertung von Laufaktivität. VDE Workshop Biosignalverarbeitung, Potsdam, 13. - 14. Juli 2006. Potsdam Juni 2006

[Manoli 1998] Manoli, Y. (1998): Chips, die einem am Herzen liegen. Magazin Forschung 1/1998, Universität des Saarlandes

[Valdastri 2004] Valdastri, P. et al. (2004): An Implantable Telemetry Platform System for In Vivo Monitoring of Physiological Parameters. IEEE Transactions of Information Technology in Biomedicine, Vol. 8, No. 3, September 2004.

[Zacheja 2002] Zacheja, J., Bach, T. (2002): A Telemetric Measurement System for Flow Diagnostic after Bypass Surgery. Biomed Tech (Berlin), 2002.

[Rieger 2001] Rieger, P. (2001): Implantierbare Meßsysteme mit drahtloser digitaler Informationsübertragung. Dissertation im Fachbereich Elektrotechnik der Universität Kaiserslautern, 2001.

[Draeger 2002] Draeger, J. (2002): Intraokulares Implantat zur Messung des intraokularen Druckes. Europäische Patentanmeldung, EP 1232723 A1, 2002.

[Stieglitz 2001] Stieglitz, T. et al. (2005): Implantable Biomedical Microsystems for Neural Prosthesis - Flexible, Polyimide-Based, and Modular. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, September 2005.

[Kolnsberg 2001] Kolnsberg, S. (2001): Drahtlose Signal- und Energieübertragung mit Hilfe von Hochfrequenztechnik in CMOS-Sensorsystemen. Dissertation im Fachbereich Elektrotechnik der Gerhard-Mercator-Universität-Gesamthochschule Duisburg, 2001.