

**5. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
15.-16. Oktober 2004 in  
Saarbrücken**



**„Automatische Aufzeichnung und Übermittlung  
bioelektrischer Signale aus dem Körper durch  
Neuroelektroden am Beispiel des Darmes - Pilotstudie und  
Zukunftsszenarien“**

A. Limberger, M. Schilling, T. Plusczyk<sup>1</sup>,  
Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie, Universitätsklinikum des  
Saarlandes, Homburg, Deutschland  
E-Mail: [chalim@uniklinikum-saarland.de](mailto:chalim@uniklinikum-saarland.de)

M. Menger  
Abteilung für Klinisch-Experimentelle Chirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes,  
Homburg, Deutschland

B. Lieber, T. Krueger  
Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, St. Ingbert, Deutschland

Band: „Tagungsband, Automed 2004“  
Editors: W. I. Steudel  
ISBN: 3-00-013509-X  
Pages: 45-46

# Automatische Aufzeichnung und Übermittlung bioelektrischer Signale aus dem Körper durch Neuroelektroden am Beispiel des Darmes - Pilotstudie und Zukunftsszenarien

A. LIMBERGER<sup>1</sup>, B. LIEBER<sup>3</sup>, T. KRUEGER<sup>3</sup>, T. PLUSZYK<sup>1</sup>,  
M. MENGER<sup>2</sup>, M. SCHILLING<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße, 66421 Homburg/Saar

<sup>2</sup>Abteilung für Klinisch-Experimentelle Chirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße, 66421 Homburg/Saar

<sup>3</sup>Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, Ensheimer Straße 48, 66386 St. Ingbert

E-Mail: [chalim@uniklinikum-saarland.de](mailto:chalim@uniklinikum-saarland.de)

## EINLEITUNG

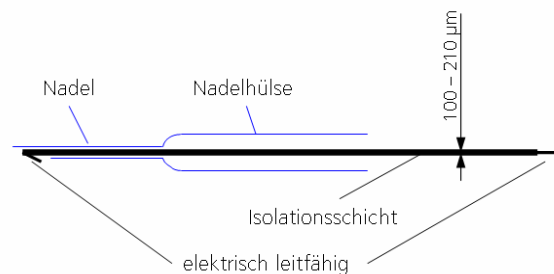
Messbare bioelektrische Signale vom menschlichen Körper standen schon immer im Interesse der Forschung. Unter dem Gesichtspunkt der Elektrodenentwicklung als Grundlage für eine telemetrische Datenübertragung aus dem Körper heraus können unterschiedliche Organsysteme untersucht werden. Am Beispiel der komplexen Darmfunktion wurden erste akute Versuche in vivo durchgeführt. Es wird an einem geeigneten Potentialmess-System für den Darm und andere Anwendungsgebiete gearbeitet, welches die Daten aufzeichnen und telemetrisch weiterleiten kann. Damit wird eine Diagnosemöglichkeit für die Funktionen des Gastrointestinaltraktes geschaffen. Das Fernziel besteht in der Etablierung eines vollimplantierbaren Aufnahme- und Stimulationssystems, welches im Rahmen der Behandlung des postoperativen paralytischen Ileus und nach Übertragung der Ergebnisse auf den Dickdarm auch zur Behandlung des M. Hirschsprung eingesetzt werden kann.

## MATERIAL UND METHODEN

Unter Berücksichtigung der aktuellen Technik und der Anatomie der Dünndarmwand wurden Elektroden und eine Verstärkertechnik entwickelt, mittels derer Potentiale aus der Darmmuskulatur abgeleitet werden können. Elektroden wurden aus Platin-, Platin-Iridium- und Palladiumdraht in den Durchmessern 75 - 150  $\mu\text{m}$  hergestellt. Um die aktive Elektrodenspitze zu generieren und den passiven Teil elektrisch zu isolieren, wurde die Elektrode mit Parylene isoliert, der Aufbau ist in Abb. 1 zu erkennen.

Die Elektrodenlänge beträgt 10 cm. Die Impedanz der Elektrode bei 0,1 Hz beträgt mit Platin 26 - 57  $\Omega$ , Platin-Iridium 340 - 1130  $\Omega$  und Palladium 92 - 122  $\Omega$  als verwendetes Elektrodenmaterial [Lieber2004]. Die Eingangskanäle des Verstärkers wurden an den Frequenzbereich, 0,007 - 10 Hz, der Motilität angepasst. Zur Weiterverarbeitung der erfassten Signale stand eine A/D-Wandlertkarte (NI DAQCard-6036E, National Instru-

ments, Austin, TX, USA) auf einem portablen galvanisch getrennten System zur Erfassung bereit, welche mit einer Aufnahme Frequenz von 20 kHz und 16 Bit Auflösung pro Kanal arbeitete. Anschließend konnte die Auswertung über eine graphische Darstellung und Filterung bzw. Einschätzung der Signaldaten mittels VI-Logger und LabVIEW von National Instruments erfolgen. Somit standen alle erfassten Signale nach und während des Versuchs zur Weiterverarbeitung im Rechner zur Verfügung: Es steht die Funktion der Filterung über Mittelwertfilterung, Frequenzanalyse mittels Fourier-Transformation und Motilitätsdetektion durch einstellbaren Schwellwert zur Verfügung [Reddy1987].



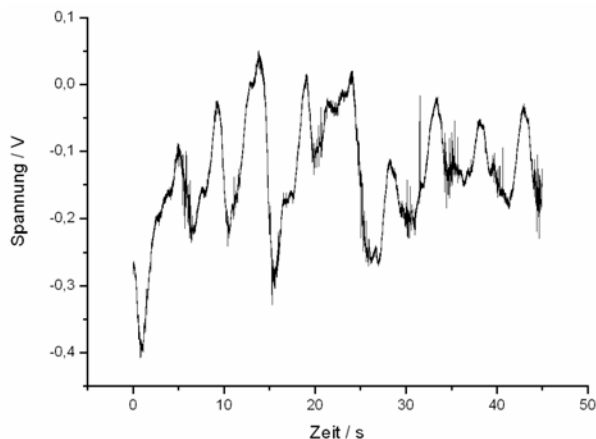
**Abb. 1:** Intestinale Haken-Elektrode für den Akutversuch - schematischer Aufbau

Dieses neu etablierte System wurde in vivo am Schwäbisch-Halleschen Landschwein eingesetzt. Die mediane Laparotomie wurde unter Intubationsnarkose durchgeführt. Die Prämedikation erfolgte im Stall mit Ketamin (30 mg/kg), Rompun (2,5 mg/kg) und 1 mg Atropin als Mischspritze intramuskulär. Anschließend wurde eine Braunüle gelegt. Die folgende Intubationsnarkose wurde orotracheal durchgeführt. Als Schmerzmittel wurde Dipidolor per Dauerinfusion (ca. 0,1 mg/kg/h) i. v. gegeben und als Narkotikum Trapanal (3 - 5 mg/kg KG).

## ERGEBNISSE

Der Tatsache bewusst, dass sämtliche für die Narkose notwendigen Medikamente die Darmmotilität beeinflus-

sen, wurden die Elektroden-Systeme am Schwein im Akutversuch in verschiedenen Varianten erfolgreich operativ getestet und eingesetzt. Wiederholt wurde erkennbare Motilität am Tiermodell elektrisch gemessen, und die Handhabung der Elektroden zur Anbringung am Dünndarm war adäquat. Verschiedene Messpunkte am Dünndarm konnten erfolgreich mit der Datenerfassungseinheit wiederholbar akquiriert werden (Abb. 2). Simultan wurde die Motilität mit Hilfe einer Videokamera aufgezeichnet, um zusätzlich den optischen Nachweis der aufgezeichneten Motilität führen zu können.



**Abb. 2:** Ungefiltertes Signal der Motilität des Dünndarms über 50 s, bei Verstärkungsfaktor 240.

## DISKUSSION

Mit den neuen Methoden ist die zeitlich und örtlich messtechnisch hochauflösende Aufzeichnung der Darmpotentiale möglich und ist vergleichbar mit in der Literatur veröffentlichten Signalen [Romański2001]. Die Klassifizierung der Signale, das Erkennen der MMC I-, -II und -III-Bereiche wurde mittels neu entwickelter Hard- und Software teilweise automatisiert und soll weiter miniaturisiert und verbessert werden [Schelven2002]. Die nächsten Arbeitsschritte bestehen zunächst in der intraoperativen Anwendung am Menschen. Hier soll Erfahrung im Umgang mit den Elektroden, deren Befestigung und Entfernung am Darm übertragen und vertieft werden. Weitere Schritte sehen die "Langzeitimplantierung" der Elektroden mit deren perkutaner Entfernung vor. Zusätzlich wird im Tiermodell in einem Überlebensversuch eine Telemetrieinheit implantiert. Damit wäre der Schritt zur medikamentös unbeeinflussten Datenaufzeichnung für einen längeren Zeitraum umge-

setzt. Parallel erfolgen Arbeiten, die sich mit den Stimulationsparametern beschäftigen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Entsprechend der aufgezeigten Möglichkeiten kann ein standardisiertes System zur Diagnostik und Therapie im Bereich des Gastrointestinaltraktes aufgesetzt und etabliert werden. Dieses wird sich dafür eignen, Operationmethoden im Gastrointestinaltrakt auf ihre Effektivität und Umsetzung hin zu überprüfen. Stimulationsversuche zeigen müssen, inwiefern therapeutische Effekte in der Behandlung des postoperativen Ileus und ggf. dann auch beim M. Hirschsprung erzielt werden können.

## Danksagung

Wir möchten uns für die exzellente Unterstützung durch das Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, namentlich der Arbeitsgruppe von Herrn Professor Dr. K.-P. Hoffmann und Herrn Thilo Krüger bedanken. Auch den Mitarbeitern der Einrichtung der Klinisch-Experimentellen Chirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes sei unser Dank für die Ermöglichung und Mithilfe der Versuche ausgesprochen.

## LITERATUR

- [Lieber2004]  
B. Lieber, "Entwurf eines Systems zur Ableitung von Nervenpotentialen aus der Muskelschicht der Dünndarmwand zur Beurteilung der Motilität", *Diplomarbeit Fraunhofer IBMT*, St.Ingbert, 2004
- [Romański2001]  
K. W. Romański, J. Rudnicki, P. Slawuta, "The Myoelectric Activity of Ileum in Fasted and Fed Young Pigs", *J Phys Pharm* Vol 52, p 851-862, 2001
- [Schelven2002]  
L. J. van Schelven, V. B. Nieuwenhuijs, L. M. A. Akkermans, "Automated, Quantitative Analysis of Interdigestive Small Intestinal Myoelectric Activity in Rats", *Neurogastroenterol Mot* Vol 14, p 15-23, 2002
- [Reddy1987]  
S. N. Reddy, S. M. Collins, E. E. Daniel "Frequency Analysis of Gut EMG", *Crit Rev Biom Eng* Vol 15, Issue 2, 1987