



Automatisierte Schluckererkennung durch EMG und Bioimpedanz

Nahrstaedt H¹, Schauer Th¹, Seidl RO², Schultheiss C²

¹Fachgebiet Regelungssysteme, TU Berlin

²Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Krankheiten, ukb Berlin

BMBF-Projekt BigDysPro

- Entwicklung einer Neuroprothese für die Behandlung von Schluckstörungen
- Voraussetzung ist Messsystem, das eine sichere Erkennung und Klassifizierung von Schluckvorgängen ermöglicht
- Entwicklungsstand automatisierte Schluckererkennung (Offline)
 - Aufbau Messsystem
 - Strategien zur Aus- und Bewertung der Messwerte
 - Überprüfung von Methoden der automatischen Erkennung

Automatische Schluckererkennung

- EMG und BI Änderungen haben physiologische Ursachen
 - EMG-Tätigkeit für Hebung des Kehlkopfs
 - BI-Änderung durch muskulären Rachenverschluss
- Um einen Schluck zu erkennen
 - Start und Ende der EMG-Aktivität finden
 - Abfall und Minima in der BI erkennen

Erkennung von EMG-Aktivität

Probleme

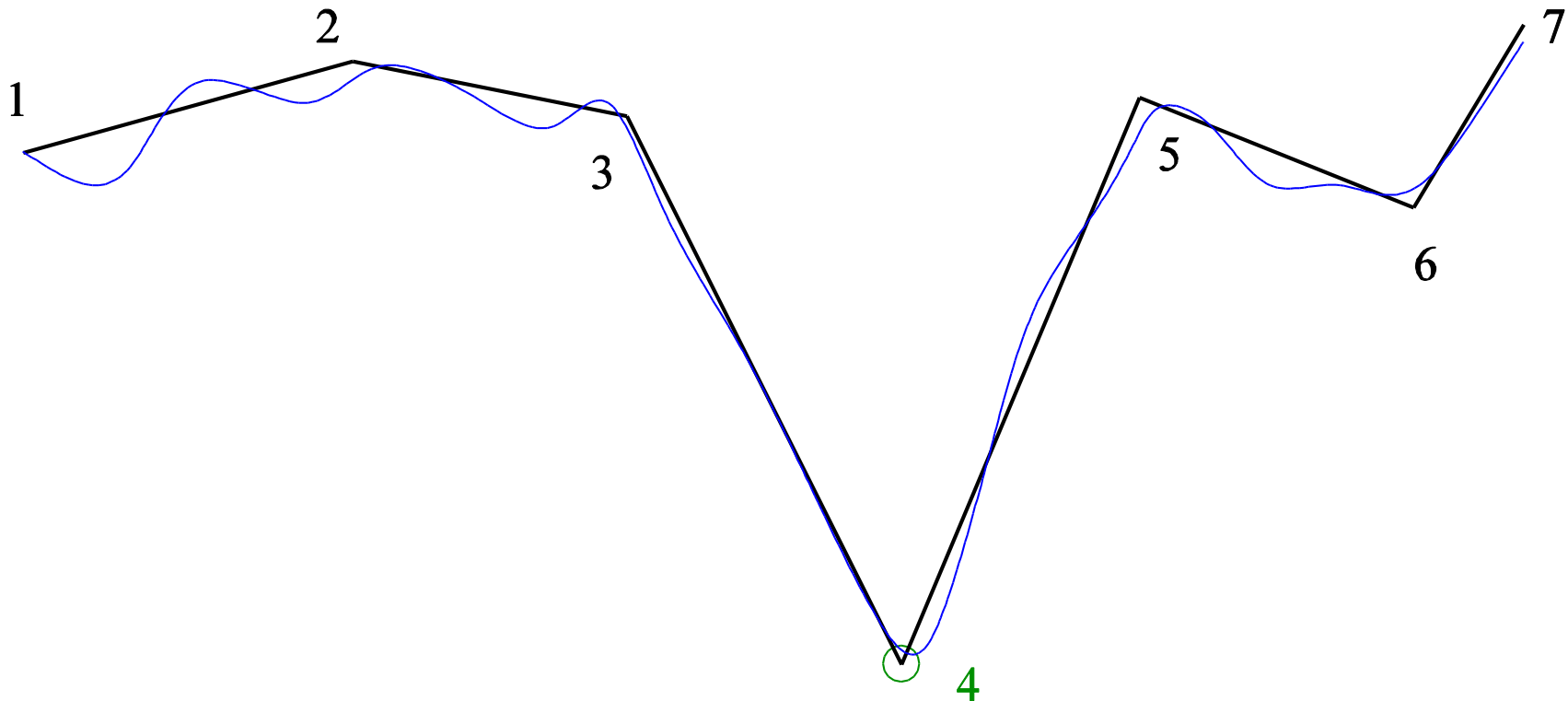
- EKG-Artefakte
- EMG-Crosstalk
- 50 Hz Interferenz durch Spannungsversorgung
- Messfehler z.B. Offset, Sprünge, Spikes und Bewegungsartefakte
- Teilweise sehr schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis

Erkennung von EMG-Aktivitäten

- Detektion und Entfernung von Ausreißern
 - Nicht kausaler Bandpass 4. Ordnung (90 – 250 Hz)
- Double Onset Detector
 - In einem gleitenden Fenster der Länge m muss eine bestimmte Anzahl r an Abtastwerten größer als eine Schwelle sein. Dieses Ereignis muss n mal hintereinander vorkommen.¹
 - Parameter werden über Maximierung der Richtig- Positiv-Rate und Minimierung der Falsch-Negativ-Rate gewählt.

[1] Paolo Bonator et al. A Statistical Method for the Measurement of Muscle Activation Intervals from Surface Myoelectric Signal During Gait. Biomedical Engineering, Transactions on IEEE. 1998

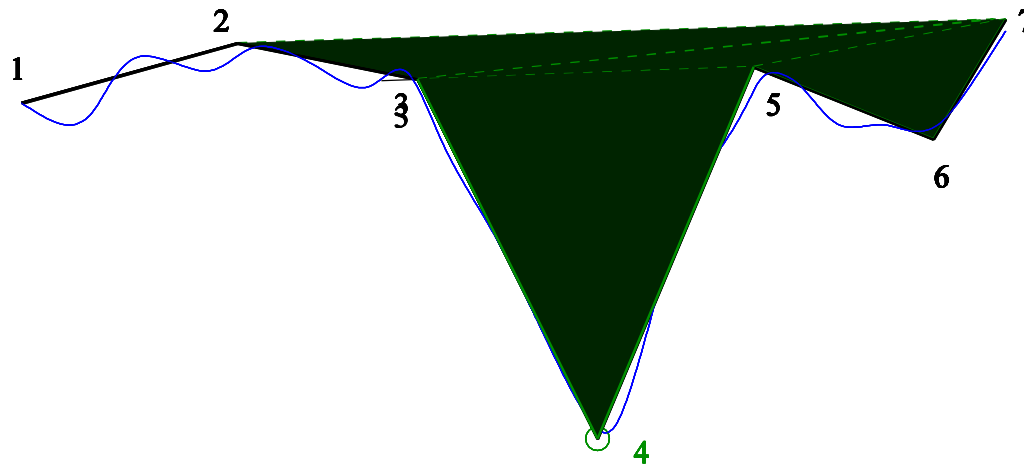
Erkennung von Bioimpedanz-Aktivitäten



[2] E. Keogh et al. An Online Algorithm for Segmenting Time Series. Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining. pp 289-296. 2001

Erkennung von Bioimpedanz-Aktivitäten

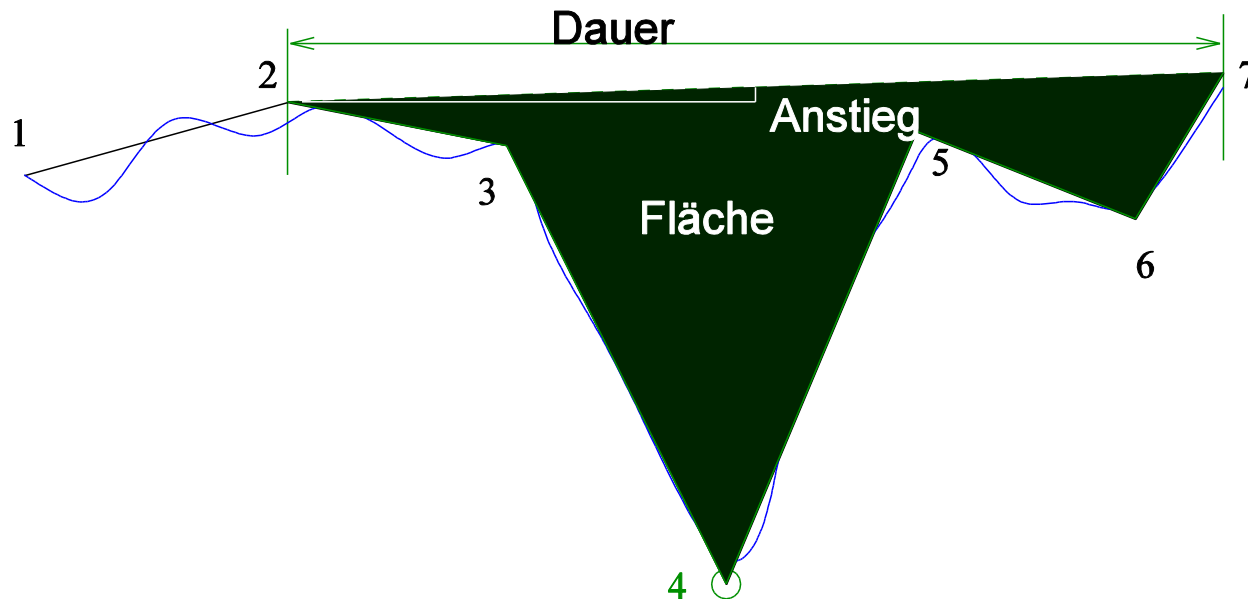
- Auswahl von potentiellen Schlucken
 - Bestimmung aller Täler in der approximierten BI-Kurve die folgende Eigenschaften erfüllen:
 - enthält ein lokales Minimum
 - Anfang mit negativer Steigung
 - Ende mit positiver Steigung
 - Dauer kleiner 3s
 - Verbindung von Anfang und Ende schneidet nicht die BI-Kurve



Erkennung von Bioimpedanz-Aktivitäten

- Bei mehreren Tälern pro Minimum → Auswahl des Tals, das folgendes Gütefunktional maximiert:

$$J = \text{Fläche}^{1,3} / \text{Dauer}^{1,5-70} | \text{Anstieg der zw. Anfang und Ende} |$$



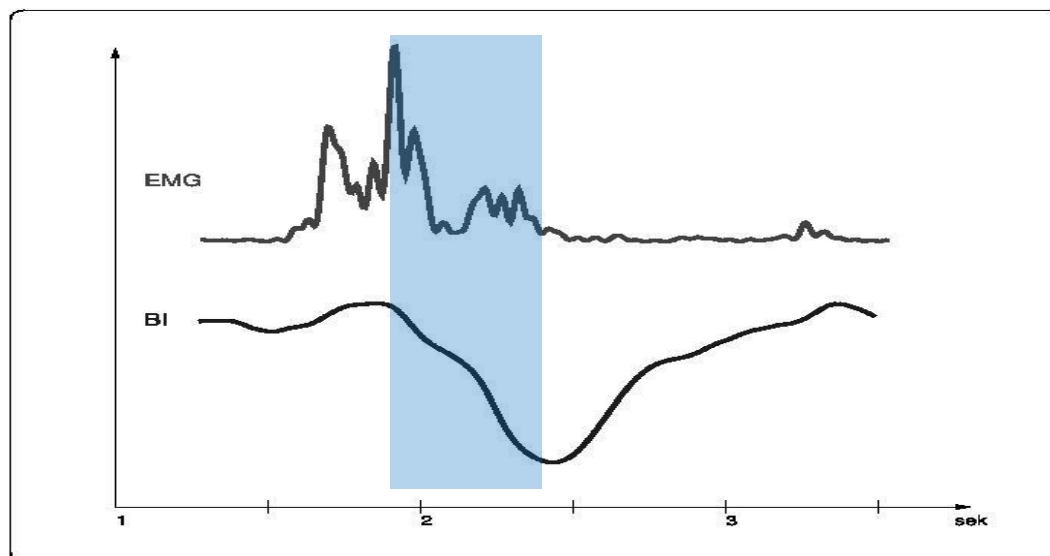
Erkennung von Schluckaktivitäten

2-stufiges Verfahren

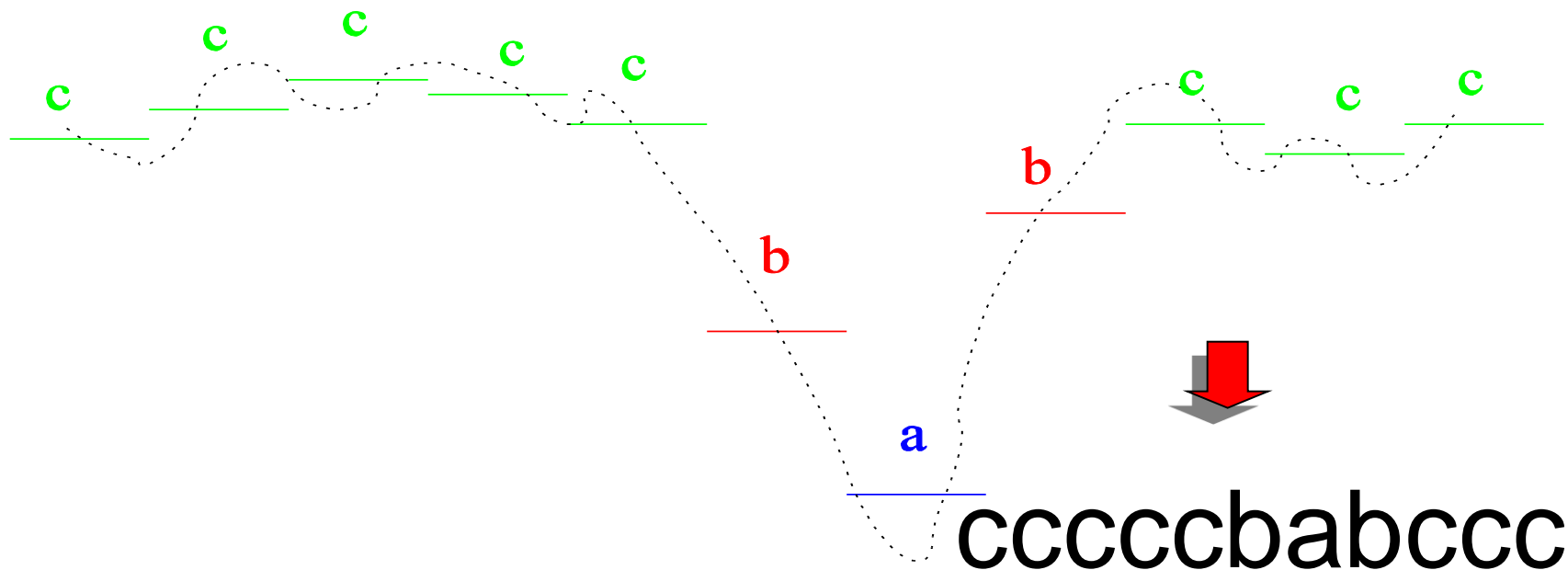
1. Physiologisches Kriterium: **Kein Schluck ohne Muskelarbeit!**

- EMG-Aktivität leitet immer BI-Veränderung beim Schluck ein
- d.h. EMG-Aktivität muss zwischen gefundenem Start und Minimum der BI-Aktivität vorhanden sein

2. Anwendung eines Klassifikators



Definition der Merkmale



- SAX (Symbolic Aggregate approXimation)³
- Berechnung für jeden potentiellen Schluckbereich (BI und EMG)
- Betrachteter Zeitbereich: [-0,4s vor Talbeginn (BI), +1,6s nach Talbeginn (BI)]
- Normierung auf $\mu=0$ und $\sigma^2 = 1$
- 4 Quantisierungsstufen, 32 Zeitabschnitte für BI, 16 Zeitabschnitte für EMG

[3] Lin, J. et al. A Symbolic Representation of Time Series, with Implications for Streaming Algorithms. In proceedings of the 8th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery. 2003

Klassifikator

- Merkmale werden von einem Klassifikator ausgewertet
- Merkmalsvektor hat 67 Einträge
- Es wurde eine Support Vector Machine (SVM) verwendet⁴.

[4] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin, LIBSVM : A library for support vector machines. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2:27:1--27:27, 2011. Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>

Validierung automatische Schluckererkennung

Methode

- Gesunde Probanden
- Ethikvoten EA1/160/09 und EA1/161/09, Charité Berlin
- Vergleich händische und automatische Schluckererkennung
 - Testung mittels physiologischer Kriterien
 - Testung mit zusätzlichem Klassifikator
- Vierfelder-Tafel

Ergebnisse physiologische Kriterien

- 9 gesunde Probanden (1363 Schlucke)
- Unterscheidung anhand physiologischer Kriterien (EMG vor Bioimpedanz)
- Markierte Schlucke galten als Schlucke, nicht markierte Bereiche zählten als Nicht-Schlucke.

Richtig erkannte Schlucke 1302

Sensitivität = 95%

1852 Ereignisse fälschlicherweise als Schluck erkannt

-> Klassifikator erforderlich!

Ergebnisse mit zusätzlichem Klassifikator

- Trainingsdatensatz
 - 750 Schlucke, 822 Nicht-Schlucke (Probanden 1-5)
- Testdatensatz
 - 570 Schlucke, 1030 Nicht-Schlucke (Probanden 6-9)

	Schluck	Kein Schluck
Positiv	519	200
negativ	51	830

Richtig erkannte Schlucke (Sensitivität) = 91,1%

Richtig erkannte Nicht-Schlucke (Spezifität) = 80,6%

Zur Zeit kein exakteres technisches Verfahren bekannt!