

# Variabilität von Atmung und Herzschlag beim Übergang von Ruhe zu motorischer Aktivität

T.H. Sander<sup>1</sup>, T. Schanze<sup>2</sup>, G. Staude<sup>3</sup>, und Lutz Trahms<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin, Deutschland

<sup>2</sup>Fachhochschule Gießen-Friedberg, Gießen, Deutschland

<sup>3</sup>Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, Deutschland

Kontakt:tilmann.sander-thoemmes@ptb.de

## Einleitung

Die Aufzeichnung von Vitalsignalen wie Herzschlag und Atmung ist wichtig für Ambient Assisted Living (AAL), das u.a. die Entwicklung und Bereitstellung von Assistenzsystemen für ältere oder chronisch kranke Menschen bezeichnet. Von großer Bedeutung sind dabei autonome Systeme, die die Bewegungsfreiheit des Patienten in seiner natürlichen Umgebung nicht einschränken. Autonome Systeme erfordern eine möglichst kompakte Form der Speicherung um die Systemressourcen nicht zu überfordern. Dabei ist die Speicherung charakteristischer Parameter wie Herz- und Atemfrequenz wesentlich kompakter, als die Speicherung der registrierten Originalsignale selbst. Für die kompakte Parameterspeicherung müssen gewisse Zuverlässigkeitskriterien erfüllt sein.

Im vorliegenden Fall wurden das Elektrokardiogramm (EKG) und die Atembewegungen von Schlaganfallpatienten in der Reha-Phase und von gesunden Kontrollprobanden während einer kontrollierten Fingerbewegungssequenz im Labor aufgezeichnet. Die Fingerbewegung wurde mittels eines bipolaren Elektromyograms (EMG) der Unterarmmuskulatur überwacht. Aus EKG und Atembewegung wurden dann off-line mittels offengelegter Algorithmen Herz- und Atemfrequenz bestimmt.

An drei Beispielen wird die enorme Variabilität der im Labor aufgezeichneten Signale gezeigt. Diese Bandbreite erschwert eine automatische Merkmalsextraktion und eine zumindest episodische Speicherung der Messsignale erscheint sinnvoll. Die Daten sind Teil einer DC-Magnetenzephalographie-Studie [1] im Zusammenhang mit Schlaganfall.

## Methoden und Materialien

Bei sechs Schlaganfallpatienten wurde 4 Wochen nach dem Ereignis je eine Magnetenzephalographie Messung (MEG) durchgeführt, bei der zusätzlich das EKG, das Unterarm-EMG und die Atembewegungen aufgezeichnet wurden. Das EKG und das EMG wurden bipolar registriert, die Atembewegung wurde mit einem piezoelektrischem Druckänderungssensor in einem Bauchgurt registriert. Die Patienten hatten die Aufgabe, nach 30 s Ruhe die Finger der rechten Hand in einer periodischen Greifbewegung für 30 s zu bewegen. Diese Sequenz wurde kontinuierlich für 30 Minuten wiederholt. Während einer Messung lagen die Patienten auf dem Rücken mit dem Kopf leicht

zur Seite gedreht, um mittels MEG den Motorkortex erfassen zu können. Die MEG-Daten sind hier aber nicht Untersuchungsgegenstand. Die gesunden Probanden hatten den gleichen Messablauf zu absolvieren.

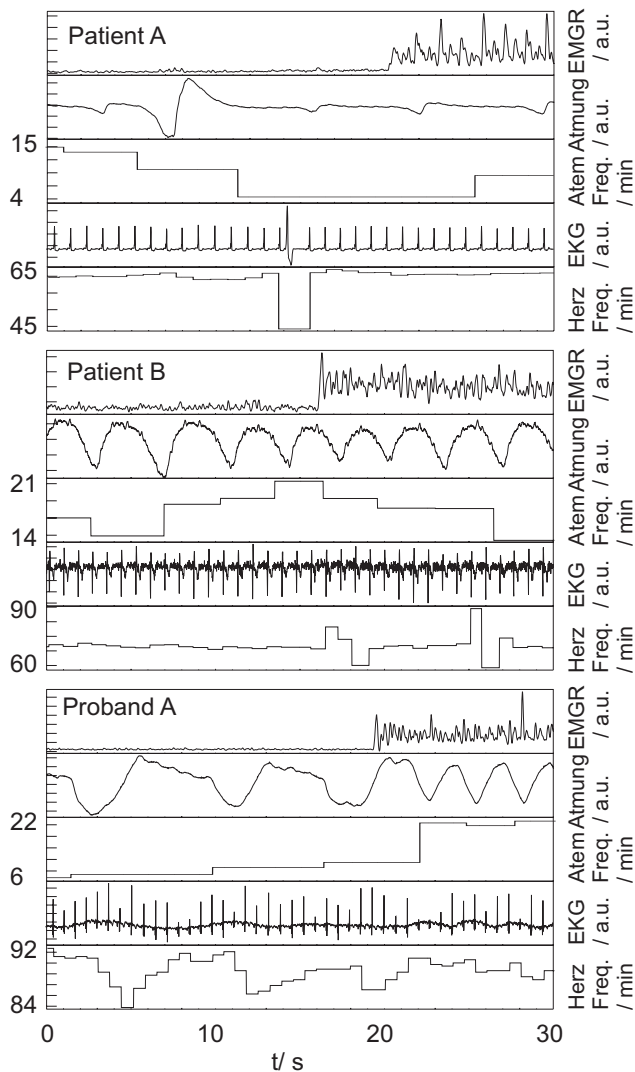
Aus den während des Experiments mit einer Abtastrate von 500 Hz aufgezeichneten Signalen EKG, EMG und Atmung wurden mit den in der BIOSIG-Bibliothek [4] implementierten Algorithmen Atem- und Herzfrequenz [2] extrahiert. Die EMG-Aktivitätsstärke wurde durch einen gleichrichtenden Filter [3] aus dem EMG berechnet. Die Parameter wurden zusammen mit den originalen Signalen im Bezug auf eine gemeinsame Zeitskala abgespeichert.

## Ergebnisse

Aus dem vorhandenen Datenmaterial wurden exemplarisch drei Datensätze ausgewählt, die einerseits eine gute bis sehr gute Qualität der Signale aufweisen und andererseits die bei der Parameterextraktion auftretenden Probleme illustrieren. Die Signale und extrahierten Parameter von Patient A sind in Abb. 1, oben, für einen Zeitausschnitt von 30 s gezeigt. Der Beginn der Fingerbewegung ist in der EMG-Aktivität (EMGR) deutlich zu sehen, eine starke Atembewegung und eine Extrasystole in der Ruhephase davor führen zu großen lokalen Änderungen der Atem- bzw. Herzfrequenz. Ein Ausfall des Sensorsignals ist nicht gegeben. Insgesamt werden 16 Extrasystolen und 9 Atemfrequenzeinbrüche während der 30 minütigen Messung beobachtet. Für Patient B (Abb. 1, mitte) werden sowohl stabile Atem- wie auch EKG-Signale beobachtet. Die Herzfrequenz zeigt jedoch lokale Ausreißer bei  $t = 18$  s und  $27$  s, die auf eine Empfindlichkeit des Herzfrequenz-Algorithmus gegenüber Rauschen hindeuten. Ähnliche Ausreißer werden 46 mal in der gesamten Messung beobachtet. Der Proband A (Abb. 1, unten) zeigt eine dramatische Variation in der Atemfrequenz beim Übergang von Ruhe zu Fingerbewegung, die durchgängig während der gesamten Messung (nicht gezeigt) zu beobachten ist. Synchron mit der langsamen Atmung in der Ruhephase variiert die Herzfrequenz in nicht unerheblichem Maße. Trotz der variablen Höhe der R-Zacke wird die Herzfrequenz stabil detektiert.

## Diskussion

Eine episodische Speicherung des original EKGs bei den beobachteten Fluktuationen der Herzfrequenz scheint in allen drei Datensätzen sinnvoll. Nur so kann zwischen Extra-



**Abb. 1:** EKG, Atmung und daraus abgeleitete Herz- und Atemfrequenz für zwei Patienten und eine Kontrollperson in einem Zeitausschnitt von 30 s. Die EMG-Aktivität (EMGR) zeigt den Beginn der Fingerbewegung nach einer vorhergehenden Ruhephase.

systemen, dem Versagen des Algorithmus zur Herzfrequenz-Bestimmung aufgrund von Störungen, und der Kopplung an die Atmung unterschieden werden. Im Bezug auf die Atmung kann nur bei Patient B auf eine episodische Speicherung verzichtet werden, da bei Patient A und Proband A die starken Fluktuationen als Sensor- oder Algorithmus-Versagen gedeutet werden könnten. Bei Proband A müßte das komplette ungewöhnliche Atmungssignal aufgezeichnet werden.

Alternativ ist auch der Einsatz hochwertigerer Verfahren zur Merkmalsextraktion denkbar, die z.B. auf der Basis modellgestützter Ansätze eine automatische Anpassung an den Kontext der Messung erlauben. Diese Methoden sind jedoch in der Regel mit einem deutlich höheren numerischen Aufwand verbunden und lassen sich unter den engen Randbedingungen autonomer Systeme meist nur schwer umset-

zen. Weiterhin bietet ein offengelegter Algorithmus, wie er hier genutzt wurde, die Möglichkeit die Ergebnisse zu reproduzieren. Gespeicherte kritische Episoden können erneut analysiert werden und die Funktionsfähigkeit des autonomen Gerätes kann verifiziert werden.

So attraktiv eine episodische Speicherung auch erscheint, zuerst muß eine robuste Detektion dieser Zeitepochen erzielt werden. Wenn dieses Problem nicht zufriedenstellend gelöst werden kann, so ist die komprimierte Speicherung der Rohdaten aufgrund der raschen Entwicklung der Speichertechnik eine realistische Alternative. Trotzdem wird man immer versuchen, in einem autonomen Gerät eine Merkmalsextraktion zu integrieren, um dem Nutzer ein unmittelbares Ergebnis zeigen zu können oder um einen Alarm bei kritischen Situationen abzusetzen.

## Schlussfolgerungen

Variabilität ist eine grundlegende Eigenschaft biologischer Systeme, die für automatische Verfahren zur Datenreduktion und Parameterextraktion eine große Herausforderung darstellt. Die sichere Extraktion von Vitalparametern erscheint zurzeit auch unter Laborbedingungen als ein ungelöstes Problem. Die Verwendung ausgefeilter Verfahren zur Parameterextraktion ist für autonome Systeme oft nicht praktikabel und garantiert bei hochvariablen Signalen trotz des meist größeren numerischen Aufwands nicht notwendigerweise korrekte Schätzwerte.

Als Alternative bietet sich die zusätzliche episodische Registrierung der Rohdaten in Kombination mit einer geeigneten Ereignisdetektion an. Hierzu können auch einfachere Algorithmen eingesetzt werden, da kritische Epochen im Zweifel mitregistriert werden und zu einem späteren Zeitpunkt weiterverarbeitet werden können. Es besteht Bedarf an med./physiol. und technisch bewerteten Datensätzen zur Prüfung und Bewertung von Algorithmen. Grundsätzlich besteht Forschungsbedarf um die primäre Parameterextraktion und die Detektion kritischer Epochen zu optimieren.

## Literatur

- [1] Sander T.H.; Leistner S.; Wabnitz H.; Mackert B.-M.; Macdonald R.; Trahms L.: Cross-correlation of motor activity signals from dc-magnetoencephalography, near-infrared spectroscopy, and electromyography. In: *Comp Intell Neurosc* (2010), ID785279
- [2] Nygard M.-E.; Sörnmo L.: Delineation of the QRS complex using the envelope of the e.c.g. In: *Med & Biol Eng & Comput* 21 (1983), S. 538-547
- [3] Gottlieb G.L.; Agarwal G.C.: Filtering of Electromyographic Signals. In: *Am J Physical Medicine* 49 (1970), S. 142-146
- [4] Sourceforge.net/projects/biosig

## Danksagung

Die Rekrutierung der Patienten und Probanden erfolgte dankenswerterweise durch S. Leistner und K. Haus, Charité Berlin, die auch die Durchführung der Messungen begleiteten.