

Bewegungsenergien zur Quantifizierung der Körpereigenbewegungen sedierter Patienten während der Intensivtherapie

Sven Friedl^{1,2}, Helmut Schwilden¹, Günther Braun¹ and Thomas Wittenberg²

¹ Klinik für Anästhesiologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

² Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen

Email: sven.friedl@kfa.imed.uni-erlangen.de

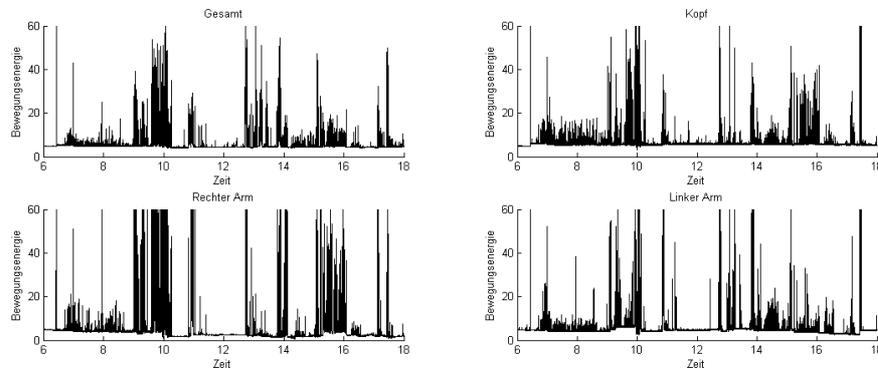
Zusammenfassung. Der Einfluss der Eigenbewegungen eines Patienten auf den Verlauf der Intensivtherapie ist weitgehend unbekannt. Neben weiteren Faktoren wird dennoch auch die Unruhe eines Patienten genutzt um dessen Sedierungszustand zu schätzen. Um objektive Kriterien zur Bewertung der Unruhe und Bewegung des Patienten zu erhalten sowie den Einfluss auf den Therapieverlauf quantifizieren zu können, muss das Bewegungsaufkommen analysiert und ausgewertet werden. Im klinischen Alltag stellt sich dies als nicht-triviales Problem heraus. In dieser Arbeit wird ein Verfahren zur bildbasierten Bewegungsanalyse für den Einsatz in der Intensivtherapie adaptiert. Zudem werden Probleme identifiziert, die sich im klinischen Alltag ergeben. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie die interessierenden Bewegungsmuster herausgestellt und in einen medizinischen Zusammenhang gebracht werden können.

1 Einleitung

Patienten auf der Intensivstation befinden sich zumeist in einem gesundheitlich sehr ernsten Zustand. Zudem begleiten starke Schmerzen, Ängste und eine enorme Unruhe begleiten zudem ihren Aufenthalt. Die Sedierung und Analgosedierung der Patienten ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Intensivtherapie. Im Gegensatz zu einer durchgehend starken Sedierung kann eine genaue Einstellung und gezielte Variation der Sedierungstiefe den Therapieverlauf erheblich verbessern [1, 2]. Die dadurch ermöglichte Eigenbewegung des Patienten ist dabei ein interessanter Faktor der Intensivtherapie. Der Einfluss der Bewegung auf den Therapieverlauf ist jedoch weitgehend unbekannt. Dennoch wird, neben anderen Faktoren wie Herzfrequenzvariabilität, EEG und weiteren Biosignalen, auch die Unruhe sowie die resultierende Eigenbewegung des Patienten in der klinischen Praxis für eine Schätzung der Sedierungstiefe genutzt [3].

Um jedoch objektive Kriterien zur Bewertung der Unruhe und Bewegung eines Patienten und demnach auch für die Skalierung der Sedierungstiefe zu erhalten sowie den Einfluss von Bewegung auf den Therapieverlauf quantifizieren zu können, muss das Bewegungsaufkommen möglichst automatisiert aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Abb. 1. Bewegungsenergien $e_\tau(t)$ im Zeitraum 6 bis 18 Uhr für den gesamten Bildausschnitt und verschiedene spezifizierte Regionen



2 Stand der Forschung und Fortschritt durch den Beitrag

Um Bewegungen von Menschen messen und analysieren zu können, existieren verschiedene Möglichkeiten. Da jedoch in der klinischen Routine eine Beeinträchtigung des Patienten weitgehend vermieden werden soll, wurden anstelle von elektromechanischen Verfahren optische Sensoren eingesetzt um die Bewegungen berührungslos zu messen. Mittels einer Kamera kann die Bewegung der Patienten erfasst und aufgezeichnet werden.

In [4] wurden Verfahren der Bewegungsanalyse für den Einsatz bei sedierten Patienten vorgestellt und evaluiert, die auch ohne den Einsatz künstlicher Marker am Patienten auskommen und somit eine Beeinflussung vollständig vermeiden. Erfahrungen im klinischen Alltag fehlten jedoch bisher weitgehend.

In dieser Arbeit wird ein adaptiertes Verfahren zur Bewegungsanalyse für den Einsatz in der Intensivtherapie eingeführt, welches die Eigenbewegungen eines Patienten messen und quantifizieren kann. Anhand der im klinischen Alltag erfassten Daten werden damit zusammenhängende Probleme identifiziert und Möglichkeiten aufgezeigt wie die interessierenden Bewegungsmuster herausgestellt und in einen medizinischen Zusammenhang gebracht werden können.

3 Methoden

Bewegung in Bildsequenzen stellt sich als Intensitätswertänderung in aufeinander folgenden Bildern dar. Um das Bewegungsaufkommen an einem Bildpunkt zu erfassen, kommt in dieser Arbeit ein modifiziertes Differenzbildverfahren [5] zum Einsatz.

Für eine definierte Zeitspanne τ werden für aufeinander folgende Bilder $I[t]$ der Dimension $x \times y$ einer Sequenz Differenzbilder

$$\Delta I[t] = |I[t] - I[t - 1]| \quad (1)$$

berechnet und mit

$$E_\tau[t] = \sum_{i=t-\tau}^t \Delta I[t-i] \quad (2)$$

ein Bewegungsenergiebild $E_\tau[t]$ erzeugt, welches das Bewegungsaufkommen pro Bildpunkt über die Zeitspanne darstellt. Mit Hilfe eines Schwellwertes werden geringe Differenzen unterdrückt, die durch Bildrauschen entstehen. Durch Integration des Energiebildes wird nun die gesamte Bewegungsenergie zum Zeitpunkt t

$$e_\tau[t] = \sum_{x,y} E_\tau[t] \quad (3)$$

ermittelt. Diese gibt Aufschluss über das gesamte Bewegungsaufkommen innerhalb der gewählten Zeitspanne τ . Durch eine isolierte Betrachtung verschiedener Bildregionen wie beispielsweise Kopf, linker oder rechter Arm können die Bewegungsmuster, wie in Abb. 1 weiter differenziert werden. Anhand dieser Kurven können Veränderungen der Aktivität im Tagesverlauf visualisiert und ausgewertet werden.

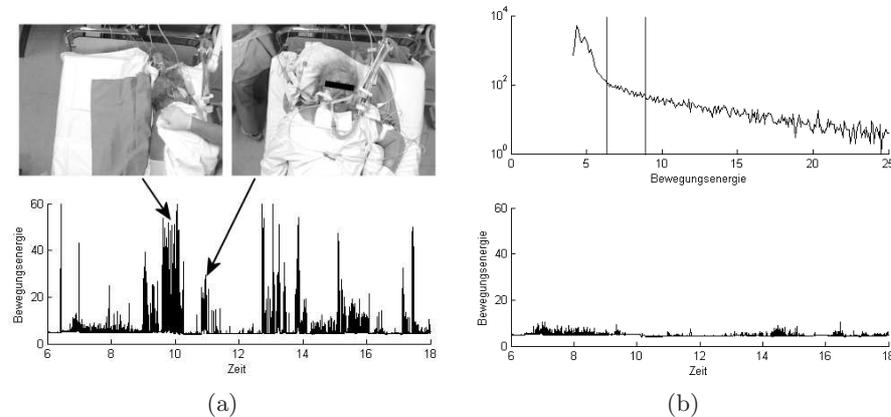
4 Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes werden Patienten über einen Zeitraum von zwei bis fünf Tagen jeweils von 6 bis 18 Uhr beobachtet und mit einer Bildfrequenz von 3,75 Bildern pro Sekunde kontinuierlich aufgenommen. Zur Berechnung der Bewegungsenergien wurde eine Zeitspanne von 4 Bildern entsprechend etwa 1 Sekunde gewählt. Somit lässt sich das Bewegungsaufkommen sehr genau analysieren. Zur Datenreduktion können aufeinander folgende Energiewerte zusammengefasst werden. Für diese Arbeit wurden die Daten von fünf verschiedenen Patienten ausgewertet.

In der Praxis ergeben sich für die Bewegungsanalyse diverse Schwierigkeiten. Insbesondere in der Intensivtherapie ist der Patient immer wieder therapeutischen und pflegerischen Maßnahmen ausgesetzt. Dabei kommt es häufig zur Verdeckung des Patienten durch Personal oder technischen Hilfsmitteln wie zum Beispiel einem Tubus zur künstlichen Beatmung. Wird der Patient bei den Pflegemaßnahmen vom Personal bewegt kommt es zu sogenannten Passivbewegungen, die die Auswertung der Eigenbewegungen verfälschen. Das pflegende und behandelnde Personal verursacht zudem massive Fremdbewegungen in den Bildsequenzen.

Für die Auswertung der Eigenbewegungen ist es erforderlich die interessierenden Bewegungen innerhalb einer Sequenz zu annotieren. Eine manuelle Annotation zur Zeit der Aufnahme ist aus Gründen des klinischen Workflows nicht möglich und eine nachgelagerte manuelle Auswertung sehr aufwändig. Eigenbewegungen unterscheiden sich jedoch von Fremd- und Passivbewegungen insbesondere anhand ihrer Intensität, wie in Abb. 3(a) zu erkennen ist. Die Analyse des Histogramms der Bewegungsenergien in Abb. 3(b) oben zeigt, dass

Abb. 2. Bewegungsenergien mit Passiv- und Fremdbewegungen (a) und Histogramm der originalen Bewegungsenergien und die isolierten Eigenbewegungen (b)



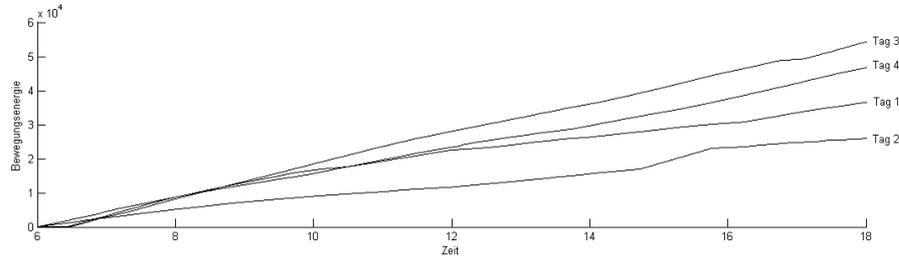
die interessierenden Bewegungsintensitäten innerhalb eines eingegrenzten Intervalls liegen. Somit können die Eigenbewegungen semiautomatisch annotiert und wie in Abb. 3(b) unten isoliert dargestellt werden. Unterstützend kann durch die isolierte Betrachtung des Bereiches außerhalb des Bettes anhand von dort auftretender Bewegung auf Pflegemaßnahmen geschlossen werden.

Eine alternative Darstellung der auftretenden Bewegungen ergibt sich aus dem kumulativen Integral der Bewegungsenergien wie in Abb. 3. Mit Hilfe dessen lassen sich die Veränderungen der täglichen Aktivität eines Patienten über einen Zeitraum mehrerer Tage vergleichen. Somit kann die Korrelation der Eigenbewegungen mit dem therapeutischen Verlauf der Intensivtherapie analysiert werden. Es ist erkennbar wie die gesamte Eigenbewegung von Tag 1 zu Tag 2 abnimmt jedoch am Nachmittag von Tag 2 verstärkt zunimmt. Dies steigert sich zu einer maximalen Unruhe an Tag 3 und endet mit einer wieder geringeren Aktivität an Tag 4. Die dokumentierte Veränderung der geschätzten Sedierungstiefe stimmt an den Tagen mit den Variationen des Bewegungsaufkommens überein. Eine Korrelation zur Medikation ist aber aufgrund der langen Nachwirkungen eher schwierig zu gewinnen.

5 Diskussion

Mit Hilfe eines adaptierten Verfahrens zur Bestimmung von Bewegungsenergien konnte die Eigenbewegung von Patienten während der Intensivtherapie bestimmt und analysiert werden. Ein Vergleich der Aktivität des Patienten an verschiedenen Tagen lässt sich in Einklang mit der pflegerischen Dokumentation bringen und stellt somit eine Möglichkeit dar, einen Zusammenhang mit der Sedierung des Patienten und dem Einfluss auf den Therapieverlauf herzustellen.

Abb. 3. Vergleich der kumulativen Bewegungsenergien eines Patienten an vier aufeinander folgende Tagen



In dieser Arbeit wurden insbesondere Schwierigkeiten identifiziert, wie sie sich im klinischen Alltag ergeben. Insbesondere die intensiven therapeutischen und pflegerischen Maßnahmen stellen in der Intensivmedizin ein Problem für die Bewegungsanalyse dar. Die gewonnenen Daten lassen sich aber nutzen um Bewegung im Zusammenhang mit der Intensivtherapie weiter klinisch zu erforschen.

Neben der hier vorgestellten Möglichkeit Bewegungsenergien aus Differenzbildern zu gewinnen und somit Aussagen über das Bewegungskommen zu treffen, würden sich auch Trackingverfahren zur Verfolgung von Kopfbewegungen [6] anbieten. In weiteren Untersuchungen sollen auch diese intensiver ausgewertet werden.

Literaturverzeichnis

1. Brook AD, Ahrens TS, et al. Effect of a nursing-implemented sedation protocol on the duration of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1999;27(12):2609–2615.
2. Kress JP, Pohlmann AS, et al. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2000;342(20):1471–1477.
3. Chernik DA, Gillings D, et al. Validity and reliability of the observer's assessment of alertness/sedation scale: Study with intravenous midazolam. *J Clin Psychopharmacol* 1990;10(4):244–251.
4. Wittenberg T, Fröba B, et al. Evaluierung von Ansätzen der Bewegungsdetektion und -verfolgung sedierter Patienten. In: *Proc. BVM*; 2004. 244–248.
5. Bobick AF, Davis JW. The recognition of human movement using temporal templates. *IEEE PAMI* 2001;23(3):257–267.
6. Fröba B, Küblbeck C. Face detection and tracking using edge orientation information. *Procs SPIE* 2001; 583–594.