



**MMag. Eva Schulc**  
Department für Pflegewissenschaft und Gerontologie der UMIT  
Eduard Wallnöfer Zentrum 1  
A-6060 Hall in Tirol

## Anmerkungen

- <sup>1</sup> Department für Pflegewissenschaft und Gerontologie der UMIT in Hall i.Tirol  
<sup>2</sup> Institut für Informationssysteme im Gesundheitswesen der UMIT in Hall i.Tirol  
<sup>3</sup> Universitätsklinik für Neurologie Innsbruck

## Schlüsselwörter

Epileptische Anfälle  
Detektion  
3D Accelerometrie  
Bewegungssensor  
MEMS

Seite 517-525

Eingereicht am: 27.02.2009  
Akzeptiert am: 31.08.2009

# Automatische Detektion epileptischer Anfälle basierend auf Beschleunigungsmessungen

## Literaturübersicht

Eva Schulc<sup>1</sup>, Johannes Hilbe<sup>1</sup>, Samrend Saboor<sup>2</sup>, Elske Ammenwerth<sup>2</sup>,  
Iris Unterberger<sup>3</sup>, Christa Them<sup>1</sup>

*Epilepsie ist eine der häufigsten neurologischen Erkrankungen. Wichtigstes Kennzeichen dieses Krankheitsbildes sind unvorhergesehene, wiederkehrende Anfälle. Das vorrangige Ziel der vorliegenden Publikation ist einen Überblick der rezenten Literatur zur „Detektion von epileptischen Anfällen basierend auf Accelerometrie“ aufzuzeigen. Weiters werden die Unterschiede zwischen den Anfallstypen und der Berechnungen zur Analyse der Beschleunigungsdaten diskutiert. Als Methode diente eine systematische Literaturrecherche in acht Datenbanken. Aus der Literaturrecherche gingen fünf Studien aus den Jahren 2005 – 2007 hervor. Zwei dieser fünf Studien stützten ihre Ergebnisse auf simulierte epilepsietypische Bewegungsmuster, die weiteren drei auf Daten echter Anfälle. Die auf Patientendaten basierenden Ergebnisse lassen darauf schließen, dass eine Detektion von epileptischen Anfällen mit motorischen Entäußerungen auf Basis von Beschleunigungssensoren unter Laborbedingungen oder in einem geschützten Setting prinzipiell durchführbar ist. Die Herausforderung für weitere Forschungsansätze stellt die Akquisition von weiteren klinischen Daten, die Entwicklung einer zertifizierten Detektionstechnologie und eines zuverlässigen Algorithmus zur zeitechten Detektion von epileptischen Anfällen mit sichtbaren motorischen Entäußerungen in einem realen Umfeld dar.*

Micro-Electro-Mechanical Systeme (=MEMS) eignen sich zur Detektion von epileptischen Anfällen, da einerseits eine Vielzahl epileptischer Anfälle mit sichtbaren motorischen Entäußerungen einhergeht, die aufgrund von nicht vorhersehbaren und plötzlichen Kräften zu Geschwindigkeitsänderungen in der Zeit bzw. zu hohen Beschleunigungen führt. Diese Unvorhersehbarkeit zeigt sich oftmals in einer Unkontrolliertheit von Bewegungen bei den Betroffenen. Der anfallsbedingte Kontrollverlust und die Unvorhersagbarkeit epileptischer Anfälle sind wesentliche Gründe erhöhter Mortalität und psychosozialer Rückzugstendenzen von Betroffenen mit Epilepsie. Darüber hinaus erschwert besonders die Unvorhersagbarkeit der Anfälle diagnostische und therapeutische Maßnahmen.

Konsens herrscht darüber, dass eine mobile Technologie (MEMS) auf Grundlage von Bewegungsbeschleunigungssensoren einen wichtigen Beitrag zur lückenlosen Dokumentation des Auftretens epileptischer Anfälle mit motorischen Symptomen leisten könnte. Accelerometrie (ACM) basierende Detektion von Anfällen mit motorischen Symptomen stellt demnach eine potentielle Ergänzung zum Goldstandard Video-EEG Monitoring für den Einsatz im extramuralen und privaten Bereich dar.

## 1. Einleitung

*Epilepsie* zählt mit einer Prävalenz von etwa 0,5% bis 1% zu den häufigsten chronischen neurologischen Erkrankungen (Hauser, 1997; Sander, 2003; Forsgren et al., 2005). Die Inzidenzrate liegt bei ca. 50/100.000 Personen pro Jahr und zeigt eine zweigipfelige Verteilung im Kindes- und im höheren Lebensalter (Hauser et al., 1993; Hauser, 1997; Mac Donald et al., 2000; Sander, 2003; Forsgren et al., 2005).

Die Besonderheit der Epilepsie als chronische Erkrankung liegt in dem paroxysmalen Charakter epileptischer Anfälle. Epilepsie leitet sich aus dem altgriechischen Verb „epilambanein“ ab und lässt sich mit „überraschendem Angriff“ (Weinmann, 1985) oder „ergriffen, angefallen oder gepackt werden oder von etwas befallen oder erfasst sein“ übersetzen (Krämer, 2005,

**Title****Accelerometry-based automatic detection of epileptic seizures – literature review****Abstract**

*Epilepsy is one of the most frequent neurological diseases. The main objective of the present paper is to give an overview of the recently published literature on the accelerometry-based detection of epileptic seizures. Moreover, the differences between the different types of seizures and the different calculations for the analysis of the acceleration data are discussed. The method applied was a systematic literature research in eight data bases. This research resulted in the finding of five studies published between 2005 and 2007. In two of these studies, the findings are based on simulated movement patterns typical of epilepsy. The other three studies are based on the dates of real seizures. The findings based on patient data suggest that the accelerometry-based detection of epileptic seizures with motor manifestations under laboratory conditions or in protected settings is basically feasible. The challenges for further scientific approaches are the acquisition of further clinical data, the development of a certified detection technology and of a reliable algorithm for the real-time detection of epileptic seizures with visible motor manifestations in an authentic environment.*

**Keywords**

**Epileptic seizures  
detection  
3D accelerometry  
movement sensor  
MEMS**

S. 20). Dies bringt zum Ausdruck, dass sich aus Sicht eines Beobachters epileptische Anfälle meistens plötzlich, ohne objektive Vorzeichen zeigen. Die Betroffenen selbst erfahren durch die Anfälle einen unberechenbaren und unvorhersehbaren Kontrollverlust und erleben ihr Kranksein auch im Spiegel ihrer Umwelt. Erst die Reaktionen der Umwelt und deren Wirkung auf die eigene Person, sowie die von außen auferlegten Einschränkungen des täglichen Lebens machen die Krankheit wahrnehmbar (Brod, 2004). Weitere Schwierigkeiten entstehen durch Überbehütung des Betroffenen seitens von Angehörigen, die anfallsbedingte Verletzungen des Erkrankten befürchten (Mathes & Schneble, 1999). Die ständige Überwachung aus Angst vor Anfällen, die perfekte Abschirmung vor Situationen in denen der Betroffene negative Erfahrung sammeln könnte, die Bevorzugung vor Geschwisterkindern sind nur einige wenige Beispiele, die die Lebensqualität von Seiten des Betroffenen und der Angehörigen massiv beeinträchtigen können (Tsuchie et al., 2006). Trotz entsprechender Behandlungsmöglichkeiten leiden viele Patienten an einer eingeschränkten Lebensqualität und werden in Folge ihrer Erkrankung oftmals arbeitsunfähig. Die Angst vor einem Anfall in einer für den Patienten peinlichen oder sogar gefährlichen Situation (Gaitatzis & Sander 2003) führt häufig zu einer bewussten und auch unbewussten Einschränkung sozialer Aktivitäten, wie Sport oder anderer Freizeitaktivitäten. Die Folgen können psychosoziale Rückzugstendenzen, Vereinsamung und reaktiv depressive Verstimmungen sein.

In der europaweiten Studie von Baker et al. (1997) wurde selbst bei der Gruppe der Epilepsiepatienten, die weniger als einen Anfall pro Monat erleidet, die Beeinträchtigung der Lebensqualität im Vergleich zur Gruppe der anfallsfreien Patienten betont. Ein Lebensgefühl der Normalität geht für die Betroffenen auf lange Zeit verloren.

Patienten mit Epilepsie weisen verglichen mit der Allgemeinbevölkerung eine zwei- bis dreifach erhöhte Mortalität auf (Tomson et al., 2004; Trinka, 2005). Die Todesursachen können (a) völlig unabhängig von der Epilepsie sein, (b) mit der, der Epilepsie zugrunde liegenden Ursache im Zusammenhang stehen, (c) durch die antiepileptische Behandlung bedingt sein, oder (d) direkt (z. B. Status epilepticus, SUDEP [sudden unexpected death in epilepsy]) oder indirekt (z. B. Verletzungen, Unfälle) durch die Anfälle erklärt werden. Hervorzuheben ist, dass die erhöhte Sterblichkeit bei Patienten mit chronischer Epilepsie überwiegend durch anfalls- bzw. epilepsiebedingte Faktoren bedingt ist. Darunter zählt SUDEP mit 24-67% zu den häufigsten Todesursachen (Tomson et al. 2004; Trinka, 2005; Bergmann et al., 2007).

Da nur in Ausnahmefällen epileptische Anfälle direkt vom behandelnden Arzt beobachtet werden, ist dieser wie bei kaum einer anderen Krankheit auf eine möglichst genaue Anfallsbeschreibung durch die Betroffenen oder Dritte angewiesen. Diese Angaben tragen maßgeblich zur Diagnostik bei bzw. nach Krämer (2005, S. 219,) „sie sind für die Diagnose oft wichtiger als die körperliche Untersuchung oder das EEG“.

Zur Abklärung epileptischer Anfälle zählt das prolongierte Video-EEG-Monitoring als Goldstandard. Das Video-EEG-Monitoring ermöglicht eine simultane Aufzeichnung von Anfallssemiotik und EEG. Die Hauptindikation für die Durchführung eines prolongierten Video-EEG-Monitorings liegt in der prächirurgischen Abklärung medikamentös therapierefraktärer Epilepsiepatienten (Wiebe et al., 2001; Witte et al., 2003). Digitale Registrier- und Auswertungsmöglichkeiten haben die Präzision der EEG-Befundung relevant verbessert und tragen zu einer Verbesserung von Sensitivität und Spezifität des Nachweises epilepsietypischer Potentiale bei (Schulze-Bonhage, 2007). Obwohl die Sensitivität und der positive prädiktive Wert (PPV) 100% betragen, ist diese Methode für Langzeitaufzeichnungen nicht leicht umsetzbar (Nijssen et al., 2005). Das Video-EEG-Monitoring ist an ein stationäres Setting gebunden und nicht kontinuierlich einsetzbar. Daher ist diese Art der Anfallserkennung außerhalb des Krankenhauses nicht praktikabel, da sie mit den Aktivitäten des täglichen Lebens (z. B. Ausüben eines Berufes, Nachgehen von sportlichen Aktivitäten bzw. Freizeitaktivitäten etc.) nicht vereinbar ist.

Stützt sich eine Anfallsdokumentation epileptischer Anfälle auf eine ausschließliche Beobachtung durch Angehörige oder Pflegepersonen, kann dies zur Folge haben, dass beispielsweise nächtliche Anfälle unbemerkt bleiben und die exakte Frequenz der Anfälle im Dunkeln bleibt. Eine rechtzeitige Anfallserkennung mit Hilfe eines einfachen und sicheren Alarmsystems könnte die Gewährleistung einer lückenlosen Dokumentation mit Hilfe dieser Technologie den behandelnden Arzt unterstützen und zu einer Therapieoptimierung beitragen. Nach Meinung der Autoren könnten eine beträchtliche Reduktion des potentiellen Verletzungsrisikos sowie eine Prävention von SUDEP in der postiktalen Phase ermöglicht werden.

Geforderte Alternativen zum herkömmlichen Standard in der Epilepsieerkennung und -dokumentation könnten daher mobile Technologien (für den extramuralen Bereich) darstellen. Dazu zählen mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS) zum Messen von Beschleunigungsparametern. Diese Art von Technologie eignet sich deshalb, da eine Vielzahl epileptischer Anfälle mit motorischen sichtbaren Entäußerungen einhergeht, die aufgrund von nicht vorhersehbaren und plötzlichen Kräften zu Geschwindigkeitsänderungen in der Zeit bzw. zu hohen Beschleunigungen führen. Diese Unvorhersehbarkeit zeigt sich oftmals in einer Unkontrolliertheit von Bewegungen bei den Betroffenen. In der aktuellen Literatur findet die Beschleunigungsmessung (Accelerometrie) zur Detektion von epileptischen Anfällen kaum Beachtung (Smith et al., 2006; Nijssen et al., 2007). Die Accelerometrie wird bislang primär

zur Vibrations- und Schwingungsmessung von Sportgeräten bzw. deren Übertragung auf den menschlichen Körper eingesetzt (Universität Leipzig, 2009) oder in der Airbag-Industrie (Mahmud & Alrabady, 1995), Autonavigation, Handyindustrie, etc. verwendet.

Der derzeitige Anwendungsbereich von Bewegungsbeschleunigungsmessungen im medizinischen Bereich reicht von Bewegungsklassifikationen (Mathie et al., 2004), Bewertung bzw. der Einschätzung von Gleichgewichtsproblemen/-beeinträchtigungen (Moe-Nilsen, 1998) und Sturzrisiko (Menz et al., 2003) bis zur Kontrolle von funktionellen Elektrostimulationsgeräten (FES) (Tong et al., 2003). Bewegungsbeschleunigungssensoren sind oftmals Bestandteil verschiedenster Notfallüberwachungssysteme. Zu den Technologien, die unmittelbar der Sicherheit einer Person dienen bzw. Stürze erkennen, zählen z. B. Sturzmelder, Fall-Detektoren und Lifestyle Monitoring Systeme. Diese Art von Technologien gehört zu den tragbaren, auf Bewegungssensoren basierenden Systemen. Sie zeichnen Verhaltensmuster auf und reagieren auf abweichende Bewegungen. Diese kabellosen Technologien werden in die Kleidung von Betroffenen eingenäht bzw. befestigt oder am Körper getragen (z. B. in Gürteln, Schuhen, Schmuckstücken, Armbanduhren etc.). So kann die Aktivität eines Menschen in Echtzeit aufgezeichnet und das Sturzereignis aufgrund von veränderten Bewegungsmerkmalen erkannt werden (Winters, 2002). Im Falle eines Sturzes oder einer auffälligen Verhaltensänderung werden entweder eine Pflegeperson, der Angehörige oder eine Notrufzentrale etc. benachrichtigt. Die Nachteile dieser Technologien zeigen sich darin, dass sich diese Technologien lediglich auf ein sensorbestücktes Setting (z. B. Wohnung) beschränken oder dass bei einem Sturzereignis der Notruf aktiv vom Betroffenen ausgelöst werden muss. Darüber hinaus finden sich in der Literatur keine Hinweise evidenzbasierter Ergebnisse über die Effektivität tragbarer Sensoren zur automatischen Detektion von Stürzen außerhalb eines Lifestyle Monitoring Systems (Zhang et al., 2006; Prado et al., 2002). Am Markt existiert lediglich der Epi-Care-Sicherheitsalarm bzw. der Bettalarm von Epitech GmbH (Epitech, 2005), der durch Fühler, die unter oder an der Matratze angebracht werden, einen epileptischen Anfall registriert und augenblicklich die Angehörigen oder das Pflegepersonal alarmieren kann. Dieser Alarm dient zur nächtlichen Überwachung von Epilepsiepatienten, damit nächtliche Anfälle nicht unbemerkt auftreten. Trotz eingehender Literaturrecherche konnte jedoch nicht festgestellt werden, inwieweit der Epi-Care-Bettalarm wissenschaftlich relevanten Gütekriterien entspricht.

Die Anforderungen an mobile Bewegungsbeschleunigungstechnologien zur automatischen Detektion von epileptischen Anfällen gehen einen Schritt weiter (EpiTech, 2008).

*Nach Meinung der Autoren soll/muss das Micro-Electro-Mechanical Systeme (MEMS) zur automatischen Detektion von generalisierten tonisch-klonischen Anfällen (GTKA)*

- eine hohe Sensitivität aufweisen, d.h. jeder tatsächliche GTKA muss als solcher erkannt werden.
- eine hohe Spezifität aufweisen, d.h. normale Alltagsbewegungen mit erhöhten Bewegungsbeschleunigungen dürfen nicht fälschlich als GTKA erkannt werden (Fehlalarme).
- keine Gefährdung für den/die Träger/Trägerin darstellen, d.h. das Verletzungsrisiko darf sich durch das Tragen des Systems nicht erhöhen.
- leicht sein, um bequem am Tag und in der Nacht getragen werden zu können.
- anwenderfreundlich anzulegen und anwenderfreundlich zu bedienen sein.
- eine geeignete, einfach aufladbare Energieversorgung gewährleisten.
- die Erkennung des Beschleunigungssignals an einer Körperstelle ermöglichen, die Bewegungen zeigt, die für Anfälle mit sichtbaren motorischen Entäußerungen charakteristisch sind.

## Ziel und Forschungsfragen

Vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Bedeutung und Aktualität der Thematik stellt das vorrangige Ziel der vorliegenden Publikation einen Überblick der rezenten Literatur zur „Detektion von epileptischen Anfällen basierend auf Accelerometrie“ dar. Dabei soll folgenden zentralen Fragestellungen nachgegangen werden:

1. Werden Beschleunigungssensoren für die Detektion epileptischer Anfälle herangezogen?
2. Wie wird die Analyse der Daten von Beschleunigungsmessern durchgeführt und welche Sensitivität und Spezifität weisen sie auf?

## 2. Methode

Als Methode diente ein *Systematic Review* zur Klärung inwieweit Beschleunigungssensoren für die Detektion von epileptischen Anfällen für wissenschaftliche Zwecke herangezogen worden sind.

## Literatur

- Baker G., Jacoby A., Buck D., Stalgis C., Monnet D. (1997): Quality of Life of People with Epilepsy: A European Study. *Epilepsia*, 38(3):353-362. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia. International League Against Epilepsy.
- Brod CS. (2004): Epilepsie im Jugendalter: Lebensqualität, Krankheitsbewältigung und Risikofaktoren. Untersuchung anhand des entwickelten Tübinger-Quality-Of-Life-in-Epilepsy-Fragebogens. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen.
- Becq G., Bonnet St., Minotti L., Antonakios M., Guillemaud R., Kahane P. (2007): Collection and Exploratory Analysis of Attitude Sensor Data in an Epilepsy Monitoring Unit, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. EMBS 2007. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, France. <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/31/41/PDF/IEEE-EMBC2007.pdf>.
- Bergmann M., Ndayisaba JP., Oberaigner W., Kuchukhidze G., Trinka E. (2007): Sudden unexpected death in epilepsy patients (SUDEP) in Tyrol – A retrospective hospital based cohort study. *Epilepsia* 48(s3): 21-22.
- Burchfield TR., Venkatesan S. (2007): Accelerometer-based human abnormal movement detection in wireless sensor networks. Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE international workshop on Systems and networking support for healthcare and assisted living environments: 67-69. [http://www.utdallas.edu/~rxb023100/pubs/Accelerometer\\_WBSN.pdf](http://www.utdallas.edu/~rxb023100/pubs/Accelerometer_WBSN.pdf). Zugriff: 31.1.2008, 2.2.2009.
- Epitech GmbH – [http://www.epitech.de/html/body\\_epilepsiewarnung\\_epicare.html](http://www.epitech.de/html/body_epilepsiewarnung_epicare.html). Zugriff: 20.5.2008.
- Forsgren L., Beghi E., Oun A., Sillanpaa M. (2005): The epidemiology of epilepsy in Europe - a systematic review. *Eur J Neurol* 12: 245-53.
- Gaitatzis A, Sander JW (2003): The mortality of epilepsy revisited. *Epileptic Disord.*, 2003; 6(1): 3-13.
- Krämer G. (2005): Das große TRIAS-Handbuch, Epilepsie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Eine restriktive Literaturrecherche wurde in acht Datenbanken – Pubmed, ACM Digital Library (ACM: Accelerometry), CINAHL, Cochrane Library, PsyncINFO, Google Scholar, Picarta und Science Direct – in einem Zeitraum von Jänner bis März 2008 durchgeführt. Die Datenbanken wurden nach ihrer Relevanz aufgelistet. Die Google Suchmaschine wurde eingesetzt, um Hintergrundinformationen zu relevanten kommerziellen Produkten zu sammeln.

Die Literaturrecherche konzentrierte sich auf Publikationen mit dem Schwerpunkt Bewegungssensoren (Beschleunigungsmessungen, Beschleunigung) in Kombination mit Anfallsdetektion von Epilepsiepatienten. Extrahiert wurden Studien, die sich mit Epilepsiedetektion oder Datenanalysen per EEG sowie per Video beschäftigt hatten.

Der erste Schritt in der Suchstrategie ging auf drei Schwerpunkte von Schlüsselwörtern ein, die mittels Operatoren "AND" and "OR" verknüpft worden war:

1. Suche nach Krankheiten, Störungen (epilepsy, seizure, epileptic, myoclonic, tonic, clonic).
2. Suche nach Detektion (accelerometer-based seizure detection, monitoring, detection, recognition, prediction, accelerometer, 3D accelerometer, accelerometry, movement, sensor, ACM).
3. Suche nach Systemen (home care monitoring, mobile warning system, biomedical sensor application, wireless sensor networks).

## 3. Ergebnisse

Es konnten vier Forschungsgruppen aus den Jahren 2005 bis 2007 identifiziert werden, die sich mit Bewegungsbeschleunigungssensoren zur Klassifizierung bzw. automatischen Detektion von ausgewählten epileptischen Anfällen beschäftigt hatten. Studien vor 2005 konnten nicht recherchiert werden (s. Tabelle 1).

Fünf Studien (Nijsen et al., 2005 und 2007; Smith et al., 2006; Becq et al., 2007; Burchfield & Venkatesan, 2007) wurden anhand folgender Kriterien analysiert: Studiendesign und -aufbau, Stichprobe, Anzahl und Positionierung der Sensoren, Übertragungsprotokoll und Studienergebnisse.

### Studiendesign, -aufbau und Stichprobe

**Smith et al. (2006)** berichten über den Forschungs- und Entwicklungsprozess betreffend die Machbarkeit und Nützlichkeit kabelloser Techniken zur Detektion epileptischer Anfälle. **Burchfield & Venkatesan (2007)** hingegen detektierten epilepsietypische Bewegungen wie myoklonische, klonische und tonisch-klonische Bewegungsmuster (d.h. Reaktion auf schnelle rhythmische/schüttelnde Bewegungen). Bei beiden Forschungsberichten wurden zur Durchführung des Forschungsansatzes gesunde Personen herangezogen, die epilepsieähnliche Bewegungen simuliert hatten.

In der Studie von **Nijsen et al. (2005)** wurde dem möglichen Wert von Bewegungsbeschleunigungssensoren zur Epilepsiedetektion mit motorischen Phänomenen nachgegangen. Die Stichprobengröße umfasste 18 Patienten mit schweren Epilepsien unterschiedlichen Typs (v.a. *tonische und myoklonische* epileptische Anfälle). Die Probanden litten unter geistiger Behinderung und einer Anfallshäufigkeit von mindestens 20 epileptischen Anfällen pro Monat. Bei den aufgezeichneten Anfällen handelte es sich v.a. um tonische und myoklonische epileptische Anfälle. Pro Patient standen der Forschungsgruppe gleichzeitige Aufnahmen von EEG, Video und ACM (Accelerometrie) über 36 Stunden zur Verfügung.

In einer weiteren Studie von **Nijsen et al. (2007)** wurden ACM-Daten (Beschleunigungsdaten) von sechs Patienten mit *myoklonischen* Anfällen aus dem Datenbestand der ersten Studie (2005) herangezogen. In dieser Studie versuchten die Autoren anhand eines Modells (besteht aus einem mechanischen und elektrophysiologischen Teil) die charakteristischen Kurven der Beschleunigungsdaten der Armbewegungen myoklonischer Anfälle auszuwerten. Weiteres Ziel war anhand des Modells mögliche Parameter zur Identifizierung eines ACM-Signals mit physiologischer Relevanz abzuleiten.

Das Forschungsziel von **Becq et al. (2007)** war die einzelnen Phasen eines epileptischen Anfalls in seinen Bewegungsbeschleunigungen zu detektieren, um die Möglichkeit einer automatischen Klassifikation der unterschiedlichen motorischen Phasen mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse beweisen zu können. Die Untersuchung basierte auf einer Stichprobe von neun Epilepsiepatienten mit motorischen Anfällen (beobachtet wurden wiederholte Automatismen an den Extremitäten und am Oberkörper, klonische Anfälle (inkludierte myoklonische und klonische Anfälle), tonische Anfälle, tonisch-klonische Anfälle, hypermotorische Manifestationen, versive Manifestationen (Deviation des Kopfes mit oder ohne Deviation der Augen). Es lagen Daten von EEG, Video und ACM von insgesamt 29 epileptischen Anfällen mit motorischen Begleiterscheinungen vor.

Studiendesign und Quelle	Stichprobengröße	Art der detektierten Anfälle
<p><i>Quasi-experimentelle Studie</i></p> <p>Nijssen T.M.E., Arends J. B.A.M., Griep P.A.M., Cluitmans P. J.M. (2005): The potential value of three-dimensional accelerometry for detection of motor seizures in severe epilepsy", <i>Epilepsy and Behavior</i>, vol. 7, 2005, pp. 74-84.</p>	<p>18 Patienten mit schwerer Epilepsie</p>	<p>897 detektierte Anfälle; folgende Anfallstypen wurden registriert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Myoclonic, tonic, and complex partial seizures (Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Tonic and complex partial seizures (Lennox-Gastaut Syndrome)</li> <li>• Myoclonic, tonic, and complex partial seizures (Symptomatic neocortical epilepsy. Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Startle seizures during day, during the night myoclonic seizures (Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Myoclonic seizures (Epilepsy with myoclonic atstatic seizures)</li> <li>• Myoclonic and tonic seizures, series of myoclonic seizures (Epilepsy with myoclonic atstatic seizures)</li> <li>• Tonic seizures (Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Tonic seizures during day, during night EEG paroxysms, followed by arousals (Lennox-Gastaut Syndrome)</li> <li>• Series of myoclonic seizures sometimes with a tonic phase (Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Tonic seizures during day, during night EEG paroxysms, followed by arousals (West syndrome, Lennox-Gastaut syndrome)</li> <li>• Myoclonic and tonic seizures (Symptomatic neocortical epilepsy)</li> <li>• Myoclonic, tonic, and tonic-clonic seizures (Symptomatic neocortical epilepsy, Dravet Syndrome)</li> <li>• Tonic and complex partial seizures (Tuberous sclerosis)</li> </ul>
<p><i>Forschungsbericht, Experiment</i></p> <p>Smith E., Chernyakov A., Levine Z., Siridej P. (2006): Seizure monitoring through wireless motion analysis of accelerometer data. Multi-Disciplinary Engineering Design Conference. Kate Gleason College of Engineering. Rochester Institute of Technology. Rochester Institut of Technology. Rochester, New York 14623. Project Number 06210. pp.1-7.</p>	<p>Simulierte Bewegungen (Keine Angaben zur Stichprobengröße)</p>	
<p><i>Forschungsbericht, Experiment</i></p> <p>Burchfield T.R., Venkatesan S. (2007): Accelerometer-based human abnormal movement detection in wireless sensor networks. Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE international workshop on Systems and networking support for healthcare and assisted living environments, 2007, pp. 67-69.</p>	<p>Simulierte Bewegungen (durchgeführt von mehreren gesunden Probanden) (Keine exakten Angaben zur Stichprobengröße)</p>	
<p><i>Forschungsbericht – Quasi-experimentelle Studie</i></p> <p>Nijssen T.M.E., Aarts R. M., Arends J. B. A. M., Cluitmans P. J. M. (2007): Model for arm movements during myoclonic seizures. Proceedings of the 29th Annual International. Conference of the IEEE EMBS. Cité Internationale, Lyon, France. August 23-26, 2007. pp.1582-1585.</p>	<p>10 detektierte myoklonische Anfälle (Daten aus der Vorstudie Nijssen et al. 2005, s.o.)</p>	
<p><i>Forschungsbericht – Quasi-experimentelle Studie</i></p> <p>Beq G., Bonnet St., Minotti L., Antonakios M., Guillemaud R., Kahane P. (2007): "Collection and Exploratory Analysis of Attitude Sensor Data in an Epilepsy Monitoring Unit," IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE, 2007, pp. 2775-2778.</p>	<p>Neun PatientInnen mit „motorischen Anfällen“</p>	<p><b>29 detektierte Anfälle mit motorischen Begleiterscheinungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beobachtete wiederholte Automatismen an den Extremitäten und am Oberkörper</li> <li>• Klonische Anfälle (inkludierte myoklonische und klonische Anfälle)</li> <li>• Tonische Anfälle</li> <li>• Tonisch-klonische Anfälle</li> <li>• Hypermotorische Manifestationen</li> <li>• Versive Manifestationen (Deviation des Kopfes mit oder ohne Deviation der Augen)</li> </ul>

Tab. 1: Darstellung der ausgewählten Studien zur Anfallsdetektion mittels Beschleunigungssensoren

Hauser WA., Annegers JF., Kurland LT. (1993): Incidence of epilepsy and unprovoked seizures in Rochester, Minnesota: 1935-1984. *Epilepsia* 34: 453-68.

Hauser WA. (1997): Incidence and prevalence. In: Engel J. Jr, Pedley TA. (eds). *Epilepsy: A Comprehensive Textbook*. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia: 47-57.

Mahmud SM., Alrabady AI. (1995): A new decision making algorithm for airbag control. *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 44, 3, 690-697.

MacDonald BK., Cockerell OC., Sander JW., Shorvon SD. (2000): The incidence and lifetime prevalence of neurological disorders in a prospective community-based study in the UK. *Brain* 123: 665-76.

Mathes A., Schneble H. (1999): *Epilepsien*. Stuttgart-New York: Thieme Verlag.

Mathie MJ., Celler BG., Lovell NH., Coster ACF. (2004): Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 2004, 42, 679-687.

Menz HB., Lord SR., Fitzpatrick RC. (2003): Acceleration patterns of the head and pelvis when walking are associated with risk of falling in community-dwelling older people. *J. Gerontol.*, vol. 58A, 446-452.

Moe-Nilsen, R. (1998): „Test-retest reliability of trunk accelerometry during standing and walking,” *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 79, pp. 1377-1385.

Nijssen TME., Arends JBAM, Griep PAM., Cluitmans PJM. (2005): The potential value of three-dimensional accelerometry for detection of motor seizures in severe epilepsy, *Epilepsy and Behavior* 7: 74-84.

Nijssen TME. Aarts RM., Arends JBAM., Cluitmans PJM. (2007): Model for arm movements during myoclonic seizures. *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*. Cité Internationale, Lyon, France. August 23-26: 1582-1585.

Prado M., Reina-Tosina J., Roa L. (2002): Distributed intelligent architecture for falling detection and physical activity analysis in the elderly. *Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference*: 1910-1911.

## Beschleunigungsmessensoren (ACM-Sensoren)

Für die Detektion anfallstypischer Bewegungen wurden von den Forschungsgruppen 3D Beschleunigungssensoren verwendet (Smith et al., 2006; Becq et al., 2007; Burchfield & Venkatesan, 2007) bzw. zwei 2D Sensoren kombiniert (Nijssen et al., 2005 und 2007). Am Markt erhältlich sind zahlreiche Sensoren zur Beschleunigungsmessung. In Tabelle 2 sind die von den Autoren im Rahmen der vorliegenden Publikation gewählten Beschleunigungssensoren dargestellt.

Die Anzahl und die Positionierung der ACM-Sensoren waren im Rahmen der identifizierten Studien sehr unterschiedlich (s. Tabelle 2). Smith et al. 2006; Burchfield & Venkatesan, 2007; Nijssen et al., 2007) verwendeten **einen** ACM-Sensor am Handgelenk. Hingegen brachten Nijssen et al. (2005) und Becq et al. (2007) an den Probanden bzw. Patienten drei bis fünf ACM-Sensoren an mehreren Körperstellen an.

Autor, Erscheinungsjahr	Art der Beschleunigungssensoren Quelle/Hersteller	Positionierung der Sensorik
Nijssen et al., 2005	<b>ADXL202E from Analog Devices Inc</b> 3 D Messung durch Kombination von zwei 2D Sensoren <a href="http://research.microsoft.com/~awilson/wand/ADXL202E_a.pdf">http://research.microsoft.com/~awilson/wand/ADXL202E_a.pdf</a>	5 Positionen – an beiden unteren und oberen Extremitäten, an der Brust
Nijssen et al., 2007	<b>ADXL202E from Analog Devices Inc</b> 3 D Messung durch Kombination von zwei 2D Sensoren <a href="http://research.microsoft.com/~awilson/wand/ADXL202E_a.pdf">http://research.microsoft.com/~awilson/wand/ADXL202E_a.pdf</a>	1 Sensor am Handgelenk
Smith et al., 2006	<b>Coldfire MCF5282 Zigbee ready demo kit – 3 D Sensoren</b> <a href="http://www.embeddeddeveloper.com/tools/547/Freescale-Semiconductor/M5282ZIGBEE.htm">http://www.embeddeddeveloper.com/tools/547/Freescale-Semiconductor/M5282ZIGBEE.htm</a>	1 Sensor am Handgelenk
Burchfield & Venkatesan, 2007	<b>Freescale Semiconductor MMA7260Q – 3 D Sensoren</b> <a href="http://www.freescale.com/files/sensors/doc/fact_sheet/MMA7260QFS.pdf">http://www.freescale.com/files/sensors/doc/fact_sheet/MMA7260QFS.pdf</a>	1 Sensor am Handgelenk
Becq et al., 2007	3 Sensoren sind verkabelt zum Betrand (keine Angaben zum Hersteller)	3 Positionen am Kopf und an beiden Handgelenken

Tab. 2: Gegenüberstellung der ACM Sensoren

## Übertragungsprotokoll

In den genannten Studien wurde zur Datenübertragung *Zigbee*, eine Kommunikationstechnologie verwendet, die gezielt im Hinblick auf drahtlose Nahbereichsnetzwerke mit niedrigen Datenraten entwickelt worden war. Am Markt sind mehrere in Frage kommende Technologien erhältlich. Smith et al. (2006) führten in ihrer Gegenüberstellung (s. Tabelle 3) einen Überblick über die relevantesten Standards *Zigbee*, *GPRS*, *Wi-Fi* und *Bluetooth* an. Sie kamen zu dem Schluss, dass *Zigbee* und *Bluetooth* die am meisten geeigneten Technologien zur kabellosen Detektion von Bewegungen epileptischer Anfälle waren. Beide Übertragungsprotokolle arbeiten mit einem Frequenzbereich von 2.4 GHz. Die Vorteile von *Zigbee* gegenüber *Bluetooth* liegen in der größeren Reichweite und am geringeren Batterieverbrauch. *Bluetooth* hat hingegen eine größere Bandbreite für die Datenübertragung als *Zigbee*. Mit Ausnahme von Becq et al. (2007) verwendeten alle Forschungsgruppen (Nijssen et al., 2005 und 2007; Smith et al., 2006; Burchfield & Venkatesan, 2007) kabellose Technologien bzw. Wireless Network Technologien zur Umsetzung ihrer Forschungsaufgaben.

## Methodik und Ergebnisse der ACM-Datenanalyse

Die automatische Detektion von epileptischen Anfällen aufgrund von Bewegungsbeschleunigungsdaten verlangt einen Algorithmus, welcher Perioden mit epileptischen Anfällen von Alltagsbewegungen unterscheiden kann. Dieses Ziel konnten die Autoren der im Rahmen der vorliegenden Studie identifizierten Publikationen nur in Ansätzen erfüllen.

**Nijssen et al. (2005)** führten eine rein visuelle Analyse der 3D-Daten der Beschleunigungssensoren durch und konnten tonische, klonische und myoklonische Anfallsmuster voneinander unterscheiden. In dieser Studie konnte die Bedeutung von mobilen ACM-Sensoren zur Detektion epileptischer Anfälle in besonderem Maße herausgestrichen werden. In einem klinischen Setting wurden von 18 Patienten mit schwerer Epilepsie unterschiedlichen Typs v.a. tonische und myoklonische epileptische Anfälle mit Hilfe ACM-Sensoren und Goldstandard Video-

Sander JW. (2003): The epidemiology of epilepsy revisited. *Curr Opin Neurol* 16: 165-70.

Schulze-Bonhage A. (2007): EEG-Diagnostik bei Epilepsien. *Klin Neurophysiol* 2007; 38: 12-21. Thieme Verlag.

Smith E., Chernyakov A., Levine Z., Siridej P. (2006): Seizure monitoring through wireless motion analysis of accelerometer data. *Multi-Disciplinary Engineering Design Conference*. Kate Gleason College of Engineering. Rochester Institute of Technology. New York 14623. Project Number 06210: 1-7. <http://designserver.rit.edu/Archives/P06210/TechnicalPaperRev1.4.doc>.

Name	Zigbee	diverse	Wi-Fi	Bluetooth
<i>Standard</i>	802.15.4	GSM/GPRS, CDMA/1xRTT	802.11b	802.15.1
<i>Application focus</i>	Monitoring & control	Wide Area Voice & Data	Web, e-mail, video	Cable replacement
<i>System resources</i>	4KB – 32KB	16 MB+	1 MB	250 KB+
<i>Battery life (days)</i>	100 – 1.000+	1 – 7	-5 – 5	7
<i>Network size</i>	Unlimited (26+)	1	32	7
<i>Bandwith (KB/s)</i>	20 – 250	64 – 128+	11.000+	720
<i>Transmission range (meters)</i>	1 – 100+	1.000+	1 -100	1-10+
<i>Success metrics</i>	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, flexibility	Cost, convenience

Tab. 3: Gegenüberstellung von Wireless Network Technologien (Smith et al., 2006)

EEG-Diagnostik unter Einbindung der Beobachtung und Einschätzung von Pflegepersonen jeweils 36 Stunden detektiert. Die Beschleunigungssensoren wurden an fünf Körperstellen positioniert (untere und obere Extremitäten, Brust). In Abbildung 1 werden unterschiedliche Methoden der Anfallserkennung aufgezeigt (Nijsen et al., 2005). Interessant ist vor allem die Gegenüberstellung der Anzahl der vom Pflegepersonal erwarteten und beobachteten Anfälle im Vergleich zu den tatsächlich detektierten Anfällen.

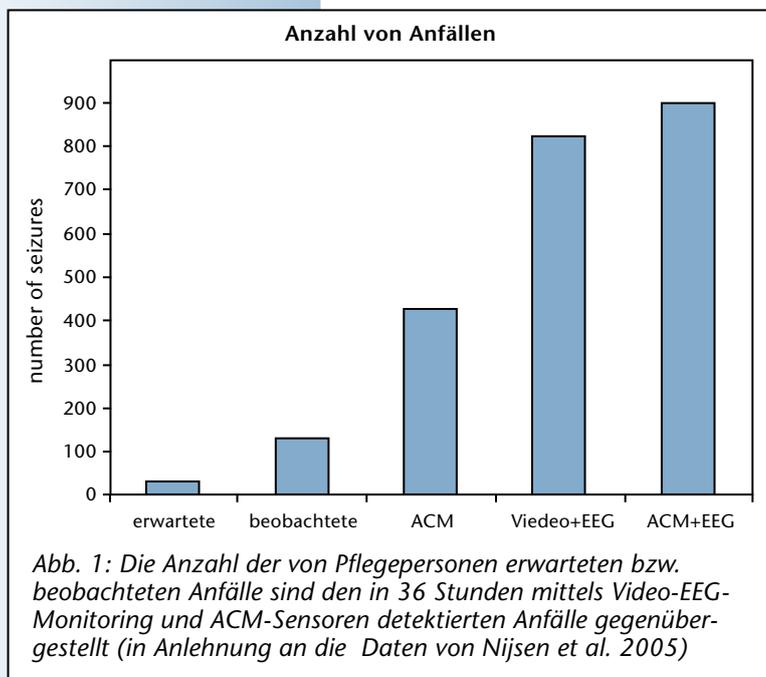


Abb. 1: Die Anzahl der von Pflegepersonen erwarteten bzw. beobachteten Anfälle sind den in 36 Stunden mittels Video-EEG-Monitoring und ACM-Sensoren detektierten Anfällen gegenübergestellt (in Anlehnung an die Daten von Nijsen et al. 2005)

Von den 897 abgeleiteten epileptischen Anfällen (ACM und EEG-Video Monitoring) hatten **428 Anfälle** motorische Phänomene, die alle von der **ACM-Sensorik** erkannt worden waren. Bei den Anfällen, welche mittels ACM-Sensoren nicht detektierbar waren, handelte es sich meistens um komplex partielle Anfälle ohne motorische Phänomene. Dies bestätigt, dass 48% der Anfälle mittels ACM-Sensoren detektiert werden konnten. Bezogen auf die Anzahl der Patienten konnten mittels ACM-Sensoren alle Anfälle von 10 (56%) der 18 Patienten detektiert werden.

**824 von 897 Anfällen** konnten per **Video-EEG-Monitoring** abgeleitet werden. Aus dieser Gegenüberstellung geht auch hervor, dass mittels Video-EEG-Diagnostik nicht alle epileptischen Anfälle detektiert werden konnten (92%). Gründe liegen bei zu vielen Artefakten während der EEG-Ableitung bzw. darin, dass die epileptische Aktivität nicht durch das EEG verifiziert werden konnte. Hypothetisch könnten alle 897 Anfälle mit der ACM Sensorik und dem Goldstandard Video-EEG zu 100% erkannt werden.

Die 31 erwarteten Anfälle wurden von der Anzahl der beobachteten Anfälle (131) durch das Pflegepersonal übertroffen.

Tomson T., Beghi E., Sundquist A., Johannessen SI. (2004): Medical risks in epilepsy: A review with focus on physical injuries, mortality, traffic accidents and their prevention. *Epilepsy Research* 2004;1-16.

Tong KY., Mak AFT., Ip WY. (2003): Command control for functional electrical stimulation hand grasp systems using miniature accelerometers and gyroscopes. *Med. Biol. Eng. Comput.* 41: 710-717.

Trinka, E. (2005): Ursachenspezifische Mortalität von Patienten mit Epilepsien in Tirol. Masterthesis zur Erlangung des Masters of Science für Gesundheitswissenschaften an der Privaten Universität für Gesundheits-

Zusammenfassend liegt die Zahl der detektierten Anfälle 29mal höher als die Anzahl der erwarteten und 7mal höher als die der beobachteten Anfälle durch das Pflegepersonal.

In einer weiteren Studie von **Nijsen et al. (2007)** konnte ein Modell (bestehend aus einem mechanischen und elektrophysiologischen Teil), welches ausschließlich für Armbewegungen während myoklonischer Anfälle entwickelt worden war, mit realen Beschleunigungsdaten von sechs Patienten verglichen werden. Acht von zehn myoklonischen Anfällen stimmten mit dem Modell überein. Zur Entwicklung eines Algorithmus zur automatischen Detektion myoklonischer Anfallsmuster soll dieses Modell einen Beitrag leisten.

**Becq et al. (2007)** konnten aufzeigen, dass eine Klassifikation der gewonnenen ACM-Daten von neun Patienten mit unterschiedlichen motorischen Anfallsmustern retrospektiv mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse in vier Klassen: „tonische Manifestationen“ (inkl. versive), „klonische Manifestationen“ (inkl. ton.-klon.), „hypermotorische Manifestationen“ und „keine Bewegungen“ möglich ist. Die Validierung der Daten der Beschleunigungssensoren erfolgte auf Basis der Video-EEG-Daten.

Bei der Algorithmuserstellung zur automatischen Anfallsdetektion forschten **Smith et al. (2006)** in Richtung verschiedener Parameter, wie beispielsweise Intensität und Häufigkeit mittels der Fast Fourier Transformation und der Kreuzkorrelation der Signale. Hierbei wurden Ähnlichkeiten in Signalen aufgefunden, um z. B. die Bewegungen verschiedener Körperteile miteinander vergleichen zu können. In ihrem Bericht über den Forschungs- und

wissenschaften, Medizinische Informatik und Technik (UMIT) Hall in Tirol. [www.umat.at](http://www.umat.at).

Tsuchie SY., Guerreiro MM., Chuang E., Baccin CE., Montenegro MA. (2006): What about us? Siblings of children with epilepsy. *Seizure* 15: 610-614.

Universität Leipzig: [http://www.uni-leipzig.de/forschb/03/2003\\_1815\\_p.html](http://www.uni-leipzig.de/forschb/03/2003_1815_p.html). Zugriff: 2.2.2009.

Weinmann HG. (1985): Streifzug durch die Geschichte der Epilepsie. *EEG Labor* 1985;7:137-57.

Winters JM. (2002): Emerging rehabilitative telehealthcare anywhere. Was the Homecare Technologies Workshop visionary? RESNA Press: 95-111.

Wiebe S., Blume WT., Girvin JP., Eliasziw M. (2001): Effectiveness and Efficiency of Surgery for Temporal Lobe Epilepsy Study Group. A randomized, controlled trial of surgery for temporal-lobe epilepsy. *N Engl J Med.* 345(5): 311-8.

Witte H., Lasemidis L.D., Litt B. (2003): Special issue on epileptic seizure prediction. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering.* 50: 537-539.

Zhang T., Wang J., Liu P., Hou J. (2006): Fall Detection by Embedding an Accelerometer in Cell-phone and Using KFD Algorithm. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 6 (10): 272-284.

Entwicklungsprozess betreffend der Machbarkeit und Nützlichkeit kabelloser Techniken zur Detektion epileptischer Anfälle wurde lediglich auf noch verbesserungswürdige Algorithmen hingewiesen.

Als erfolgversprechende Parameter zur Algorithmerstellung (Cut-off-Algorithmus) erwiesen sich die von **Burchfield & Venkatesan (2007)** herangezogenen Merkmale Dauer und Intensität des Beschleunigungssignals. Werden über einen Algorithmus errechnete Werte überschritten, kann ein Alarm ausgelöst werden. Die Evaluation des Algorithmus an einem Patientenkollektiv wurde in dieser Studie und in der Studie von **Smith et al. (2006)** nicht durchgeführt.

## 4. Diskussion

Die Unvorhersagbarkeit epileptischer Anfälle stellt einen wesentlichen Grund für erhöhte Mortalität und psychosoziale Rückzugstendenzen von Epilepsiekranken dar und erschwert darüber hinaus diagnostische und therapeutische Maßnahmen.

Als Goldstandard zur Diagnostik epileptischer Anfälle gilt aktuell das prolongierte Video-EEG Monitoring. Nach Meinung der Autoren der vorliegenden Publikation liegen die Grenzen des Goldstandards in den Erfordernissen der Durchführung, welche an ein kontrolliertes Setting gebunden sind. Aufgrund der „Verkabelung“ durch das EEG-Monitoring und der örtlich eingeschränkten Beobachtung durch das Video sind die Patienten in ihren Aktivitäten des täglichen Lebens auf ein Minimum eingeschränkt. Dadurch stellen sich für die Diagnostik zeitlich und örtlich begrenzte Möglichkeiten dar, die oftmals retrospektive Ableitungen des EEG ermöglichen und folglich eine zeitverzögerte Erfassung aktueller Anfallsereignisse ergeben. Aktuell erfolgt eine möglichst durchgängige und umfassende Beobachtung epileptischer Anfälle außerhalb des klinischen Settings ausschließlich durch Angehörige. Dadurch bleiben beispielsweise nächtliche Anfälle unbemerkt und auch die exakte Frequenz der Anfälle unterliegt einer hohen Dunkelziffer.

Aus diesem Hintergrund gehen Überlegungen in die Entwicklung von Signalgebenden Hilfsmitteln. Dazu zählen Micro-Elektro-Mechanische Systeme (MEMS) zur Überwachung und Aufzeichnung epileptischer Anfälle außerhalb des klinischen Settings. Betroffene können mit Hilfe dieser technischen Innovationen zu mehr Unabhängigkeit kommen bzw. können ein kontrollierteres und selbstbestimmteres Leben führen.

Das vorrangige Ziel dieser Publikation ist einen Überblick der rezenten Literatur zur „Automatischen Detektion von epileptischen Anfällen basierend auf Accelerometrie“ aufzuzeigen. Der Forschungsgegenstand zur automatischen Detektion von epileptischen Anfällen aufgrund von Bewegungsbeschleunigungsdaten verlangt einen Algorithmus, welcher Perioden mit epileptischen Anfällen von Alltagsbewegungen unterscheiden kann.

Anhand eines Systematic Reviews konnten vier Forschungsgruppen bzw. fünf Publikationen (Nijsen et al. 2005 und 2007, Smith et al. 2006, Becq et al. 2007, Burchfield & Venkatesan 2007) aus den Jahren 2005 bis 2007 identifiziert werden.

Die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse aller fünf Publikationen wurde durch wissenschaftlich-methodische Unterschiede erschwert (Nijsen et al. 2005 und 2007; Smith et al. 2006; Becq et al. 2007; Burchfield & Venkatesan, 2007). Zum Einen ist hier die Selektivität der Stichproben zu nennen, zum Anderen konzentrierten sich die Forschungsansätze entweder in Richtung einer Analyse gewonnener Beschleunigungsdaten zur Anfallsklassifikation oder des Versuches einer Algorithmusentwicklung (Cut-off-Algorithmus).

Die Literaturrecherche in acht Datenbanken aus Medizin und Informatik resultierte in einer geringen Anzahl von Studien. Die rezente wissenschaftliche Literatur zeigte auf, dass die Detektion von epileptischen Anfällen mit motorischen Entäußerungen auf Basis von Beschleunigungssensoren durchführbar ist. D.h., dass ACM-Daten von klonischen, tonischen, tonisch-klonischen und hypermotorischen Manifestationen durch computerunterstützte Analyse von einander abgrenzbare motorische Ereignisse darstellen (Nijsen et al. 2005, Becq et al. 2007). Hingegen wirft die automatische bzw. zeitechte Detektion von epileptischen Anfällen zur iktalen und postiktalen Beobachtung weiterhin zahlreiche Fragen auf.

Unbeantwortet bleiben Fragen wie beispielsweise: Liegt eine zertifizierte Detektionstechnologie vor, die den Anforderungen für einen Antrag an die Ethikkommission für wissenschaftliche Studien mit Patienten entspricht? Welche Körperposition ist die am meisten repräsentative für Bewegungen, die für Anfälle mit sichtbaren motorischen Entäußerungen (tonische, tonisch-klonische, myoklonische Anfälle) charakteristisch sind? Wie hoch ist der Energiebedarf während des Detektionsablaufs, um eine geeignete, kabellose, einfach aufladbare Energieversorgung zu gewährleisten? Mit welcher Mindestdatenrate muss ein Beschleunigungsmesser die Frequenz der Bewegungen eines epileptischen Anfalls aufnehmen? Eine der wesentlichen Fragen in diesem Zusammenhang stellt sich weiters nach der Güte bzw. der Sensitivität und Spezifität von Algorithmen, die Perioden mit epileptischen Anfällen von Alltagsbewegungen zuverlässig unterscheiden können. Alle in der Studie erwähnten Autoren blieben den Beweis

## Kurzbiografie

**Eva Schulc:** Studium der Sportwissenschaften und Prävention an der Leopold Franzens Universität in Innsbruck, Physiotherapieakademie am Ausbildungszentrum West für Gesundheitsberufe (AZW) der TILAK GmbH in Innsbruck und Studium der Gesundheitswissenschaften an der UMIT in Hall i. Tirol. Nach sportphysiotherapeutischer Tätigkeit und Lehrtätigkeit an der Akademie für Physiotherapie am AZW und am Institut für Sportwissenschaft der Leopold Franzens Universität, seit September 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin und zugleich Lehrgangsleiterin des Universitätslehrgangs für integrative Gesundheitsvorsorge und -förderung am Institut für Pflegewissenschaft an der UMIT. Die wissenschaftliche Tätigkeit konzentriert sich auf die Schwerpunkte Gesundheitsförderung mit Bewegung, Patientenedukation und Patientensicherheit.

schuldig, einen validen und reliablen Algorithmus zu präsentieren, welcher in einem realen Umfeld in Echtzeit funktioniert.

Konsens herrscht in der aktuellen Literatur darüber, dass eine mobile Technologie (MEMS) auf Basis von Bewegungsbeschleunigungssensoren einen wichtigen Beitrag zur lückenlosen Dokumentation des Auftretens epileptischer Anfälle mit motorischen Symptomen leisten könnte. ACM-basierende Detektion von Anfällen mit motorischen Symptomen stellt eine wertvolle Ergänzung zum Goldstandard Video-EEG Monitoring für den Einsatz im extramuralen und privaten Bereich dar. Es werden jedoch noch viele Beschleunigungsdatensätze von motorischen Anfällen benötigt, um einen zuverlässigen Vergleich eines ACM basierenden Algorithmus mit dem aktuellen Goldstandard anzustellen. Die Herausforderungen für weitere Forschungsarbeiten liegen demnach in der Entwicklung einer anwenderfreundlichen Detektionstechnologie und eines zuverlässigen Algorithmus für ein klinisches Setting, um die Güte des Algorithmus mit dem Goldstandard Video-EEG zu überprüfen.

## 5. Ausblick

Das Thema „Detektion von epileptischen Anfällen mittels Beschleunigungssensor“ wurde deshalb gewählt, da der Einsatz sich ständig verbessernder technischer Hilfsmittel und technischer Systeme nicht nur für den primären Anwendungsbereich – zum Ausgleich krankheitsbedingter Einschränkungen – sondern auch als Hilfe bei der Alltagsbewältigung von Bedeutung ist. Technische Hilfsmittel wie signalgebende Hilfsmittel zur Überwachung und Aufzeichnung epileptischer Anfälle können die Krankheitssymptome zwar nicht beseitigen, jedoch das alltägliche Leben der Betroffenen erleichtern und zu mehr Unabhängigkeit bei diesen Menschen führen. Dieser Forschungsansatz – „Patientensicherheit“ wird an den Instituten „Pflegewissenschaft“ und „Informationssysteme im Gesundheitswesen“ der UMIT in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik für Neurologie in Innsbruck verfolgt. Das Ziel soll Anforderungen für ein Gesamtalarmkonzept für Patienten mit Epilepsie einerseits zur Entwicklung einer anwenderfreundlichen Detektionstechnologie in Größe, Gewicht, Tragekomfort beinhalten und andererseits eine zeitechte Detektion von generalisierten tonisch-klonischen Anfällen (=GTKA) ermöglichen.

Im Rahmen eines Ethikkommissionsverfahrens wurde dem Antrag auf Genehmigung des ersten Forschungsprojektes „Messen und Quantifizieren generalisierter tonisch-klonischer Anfälle (=GTKA) von Patienten einer Universitätsklinik für Neurologie mit Epilepsie mittels Beschleunigungssensor“ statt gegeben. In dieser Machbarkeitsstudie (Überprüfung der Feasibility und der Accuracy) wird folgenden Fragen nachgegangen werden:

- (a) „Kann die verwendete ACM-Sensorik bei Patienten mit GTKA Unterschiede zwischen anfallsbedingten und normalen Bewegungsmustern auf Basis von Beschleunigungssignalen detektieren“?
- (b) „Kann bei Patienten mit GTKA ein Algorithmusmodell basierend auf den ACM-Signalen „Dauer und Intensität“ zur Detektion tonisch-klonischer Anfälle entwickelt werden“?
- (c) „Welche Anforderungen werden an eine anwenderfreundliche Detektionstechnologie gestellt“?

Es ist geplant, an der Universitätsklinik für Neurologie in Innsbruck (EpilepsieMonitoringseinheit) ab Februar 2009 mit der Erhebung von Bewegungsbeschleunigungsdaten bei Epilepsiepatienten zu beginnen. Ein Cut-Off-Algorithmusmodell zur Detektion primär und sekundär generalisierter tonisch-klonischer Anfälle (=GTKA) soll bis Mai 2009 entwickelt und evaluiert werden. Dieses soll in der Folge Grand-Mal-Anfallsituationen von normalen, alltäglichen Beschleunigungsmustern automatisch und zeitecht unterscheiden. Als Maßzahlen für die Güte des Algorithmusmodells werden die Sensitivität sowie der positive prädiktive Wert angegeben, die aufgrund eines Vergleichs mit dem Goldstandard der Anfallsdetektion „Video-EEG Monitoring“ erhoben werden.

Das Fernziel stellt die Entwicklung einer nicht invasiven Technologie im Sinne von „pervasive Computing“ dar, die eine zeitechte Detektion von epileptischen Anfällen mit motorischen Symptomen ermöglicht und mit einem Alarm- und Ortungssystem über ein Handy kombiniert werden kann. Diese Technologie könnte besonders bei Patienten mit schweren epileptischen Anfällen einen Beitrag zur Patientensicherheit und zu mehr Lebensqualität leisten, in dem die Patienten mobil bleiben und eine rund um die Uhr unauffällige, nicht belastende Überwachung erfahren. Demnach können auch belastete Angehörigen unbeschwerter ihren Alltagsaufgaben nachgehen, da sie durch die rechtzeitige Alarmierung und zielgenaue Ortung gegebenenfalls in Gefahrensituationen eingreifen und somit Verletzungen bzw. einem „Sudden Unexpected Death in Epilepsy“ (SUDEP) vorbeugen können. Darüber hinaus kann eine Langzeitüberwachung erfolgen, die durch eine lückenlose Dokumentation – so bleiben u.a. nächtliche Anfälle oft unbemerkt – den behandelnden Arzt bei der Medikation unterstützen und eine optimale Therapie gewährleisten kann.

## Printernet Community

Sie finden weitere Informationen zu diesem Artikel unter

[www.printernet.info/detail.asp?id=877](http://www.printernet.info/detail.asp?id=877)