

# Sturzerkennung mittels Luftdruck- und Beschleunigungssensorik

## Air Pressure- and Acceleration-Based Fall Detector

Dipl.-Ing. Marian Lüder<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. Gerald Bieber<sup>2</sup>, Prof. Dr.-Ing. habil. Ralf Salomon<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Universität Rostock, <sup>2</sup>Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) Rostock, marian.lueder@uni-rostock.de, gerald.bieber@igd-r.fraunhofer.de, ralf.salomon@uni-rostock.de

### Kurzfassung

Dieser Beitrag stellt einen neuen Ansatz zur Erkennung eines Sturzes mittels Einbeziehung des Luftdrucks vor. Die neueste Generation von Luftdrucksensoren der MEMS-Technologie erlaubt eine Luftdruckdifferenzmessung von 0,03 hpa, welches einer Höhenänderung von ca. 25 cm entspricht. Da sich der Luftdruck durch meteorologische Einflüsse ständig ändert, verwendet der vorgestellte Ansatz optional ein Referenzgerät, welches kurzzeitige und klimatische Einflüsse weitgehend eliminieren kann.

### Abstract

This paper presents a new approach for the detection of emergency falls. This new approach incorporates a new generation of air pressure sensors, which are able to detect a change of the air pressure of as low as 0.03 hpa. This small change corresponds to an altitude change of about 25 cm. Since meteorological disturbances constantly change the current pressure, this paper also proposes a second architecture that incorporates an external reference system.

## 1. Einleitung

Der Sturz von älteren Menschen ist in der älter werdenden Gesellschaft ein zunehmendes Problem. Bereits jetzt stürzen 60 % der Personen über 65 Jahre mindestens ein Mal pro Jahr im häuslichen Umfeld, im Heim sind es sogar 2,4 Stürze pro Person und Jahr. Häufig bringt ein Sturz, besonders bei älteren Menschen, verheerende Verletzungen mit sich, die in der Folge zu Operationen, Bettlägerigkeit und gegebenenfalls zum Tode führen können [1]. Eine automatische Sturzerkennung ist sehr hilfreich, da man den Opfern schnell helfen kann und dadurch die Folgeschäden minimiert. Jedoch sind Stürze bislang nur sehr schwer zu detektieren, da beispielsweise eine Lageerkennung oftmals zu Fehlalarmen führt, wenn sich der Nutzer zu einem Mittagsschlaf hinlegt. Bisherige Systeme zur Sturzerkennung basieren auf unterschiedlichen Verfahren, beispielsweise optische Erkennung (Videoüberwachung) oder intelligente Teppiche, die einen liegenden Probanden erkennen, bis hin zu Sensorsystemen am Menschen selbst. So zum Beispiel die tragbare, kabellose Sensorplattform, die als Teil des Projektes CAALYX (Complete Ambient Assisted Living Experiment) entstand [2].

Abschnitt 2 stellt ein neuartiges, mobiles Assistenzsystem vor, welches die Beschleunigung und den Luftdruck misst und als Grundlage für die Online-Sturzerkennung dient. Abschnitt 3 diskutiert, wie die aus der Literatur bekannten Sturzalgorithmen auf der Basis von Beschleunigung auf den StairMaster übertragen werden können. Eine Sturzdetektion mittels Beschleunigungssensoren ist problematisch, da sich die Nutzer beim "schwarz vor den Augen werden" oftmals noch an Gegenständen abstützen, während sie zum Boden hinab gleiten. Hierbei tritt keine starke Beschleunigung oder Sturzbewegung auf. Ein weiteres Problem bei der Messung von Beschleunigungswerten ist, dass das

Sensorsystem verdreht getragen wird und das Bezugssystem der Umgebung nicht mit dem Bezugssystem des Sensors übereinstimmt. So kann es zu einer Fehlinterpretation der Beschleunigungsvektoren kommen, wodurch Fehlalarme ausgelöst werden können. Ein anderes Problem stellen langsam stattfindende Stürze, wie zum Beispiel das „langsam zu Boden gleiten“ bei einem Ohnmachtsanfall, dar. Abschnitt 4 zeigt in diesem Zusammenhang, wie das Merkmal Luftdruck zu einer verbesserten Sturzerkennung beitragen kann. Dazu werden die autonome Sturzerkennung, das Referenzsystem und der Staudruck vorgestellt. Schließlich fasst Abschnitt 5 den Beitrag mit einer kritischen Diskussion zusammen.

## 2. Das mobile Detektionssystem

Für eine Sturzerkennung anhand von Beschleunigungs- und/oder Luftdruckwerten ist ein System notwendig, das die beiden physikalischen Größen direkt an der stürzenden Person misst. Hierfür wird ein Gerät des Fraunhofer-Institutes für Graphische Datenverarbeitung (IGD-R) in Rostock verwendet, es trägt den Namen „StairMaster“. Bei diesem System handelt es sich um eine Sensorplattform, die dreidimensionale Beschleunigungen und den Luftdruck erfassen kann. Der StairMaster dient zur Aufnahme und Vorverarbeitung der triaxialen Beschleunigungswerte, der Druckwerte und zur Übertragung dieser Daten an ein Mobiltelefon oder Abspeicherung auf einem nichtflüchtigen Speicher. Da der StairMaster in mobilen Szenarien Anwendung findet, besitzt er eine batteriebetriebene Spannungsversorgung, sowie eine kabellose Kommunikation. Die Datenübertragung per Bluetooth oder die Abspeicherung der Daten auf der SD/MMC-Karte dient der Bewegungsfreiheit des Nutzers.

Es existieren zwei verschiedene Anwendungen für dieses Gerät. Beide wurden ebenfalls vom Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung entwickelt worden und können auf dem Mobiltelefon die vorverarbeiteten Daten und Werte wie zum Beispiel Geschwindigkeit, zurückgelegte Distanz und verbrauchte Energie darstellen. Die Applikation „StepMan“ kann durch einen ausgeklügelten Schrittkennungsalgorithmus die Schrittfrequenz messen und somit die Musikgeschwindigkeit an die Laufgeschwindigkeit, ohne Verfälschung der Tonhöhe, anpassen [3]. Die Läufer beziehungsweise Jogger bleiben somit im richtigen Takt, wodurch das Laufen entspannter, die Atmung tiefer und gleichmäßiger wird. Dadurch wird der Körper besser durchblutet, die Muskeln bekommen mehr Sauerstoff und der Trainingseffekt wird hierdurch verstärkt.

Mit dem Programm DiaTrace [4] besteht die Möglichkeit, die gemessenen Werte zu analysieren um daraus verschiedene Aktivitäten und Intensitäten derer abzuleiten. Das System erkennt, ob ein Treppensteigen, Autofahren, Radfahren, Rumsitzen oder das Laufen bzw. Gehen vorliegt und speichert die Bewegungsform entsprechend ab. Um nicht ständig ein Handy bei sich zu führen, besitzt der Stairmaster die Möglichkeit, die gemessenen Daten auf eine Speicherkarte abzuspeichern. Somit kann die Analyse der durchgeführten Bewegungen auch im Nachhinein erfolgen.

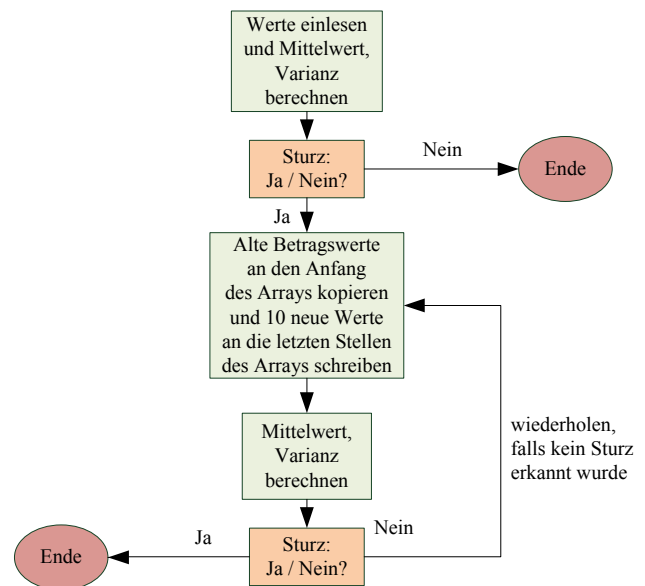
### 3. Sturzerkennung mittels Beschleunigung

In der Literatur wurden verschiedene Algorithmen zur Sturzerkennung vorgeschlagen. Eine Vorgehensweise besteht in der Erfassung und Auswertung von zwei verschiedenen Messwerten. Dazu wird ein Beschleunigungssensor und ein Neigungssensor verwendet [5]. Zuerst wird die Neigung über einen definierten Zeitraum gemessen. Wenn der Durchschnittswinkel in dieser Zeit einen Schwellwert überschreitet, dann wird die Beschleunigung analysiert. Abschließend wird 10 Sekunden später überprüft, ob sich die Person noch bewegt. Ist dies nicht der Fall, so kann man von einem Sturz der Person ausgehen.

Andere Sturzerkennungsalgorithmen beruhen auf der kontinuierlichen Erfassung der Beschleunigung des Menschen und der Bildung des Betrages dieser Werte. Daraufhin wird der Betrag in definierte Intervalle zusammengefasst und der Mittelwert sowie die Varianz dieser Messreihe errechnet. Ein Schwellwertverfahren entscheidet danach, ob in dem Intervall ein Sturz vorlag oder nicht [6].

Aufgrund der mobilen Anwendung ist der StairMaster nicht in der Lage diesen Algorithmus zu verwenden, da er energiesparend arbeitet und somit eine geringere Abtastfrequenz verwendet. Dies führt dazu, dass die Intervalle einen zu großen Zeitraum beinhalten, weshalb keine Online-Sturzerkennung mehr möglich ist. Eine Modifikation der vorhandenen Algorithmen löst dieses Problem [7].

Das **Bild 1** zeigt den angepassten Algorithmus anhand eines Flussdiagramms.

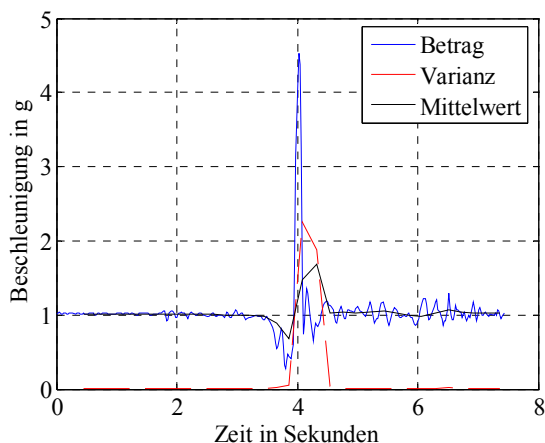


**Bild 1:** Flussdiagramm des Beschleunigungsalgorithmus

Der im StairMaster integrierte Beschleunigungssensor misst fortwährend die auftretenden Beschleunigungen des Menschen und sendet die Werte an den Mikrocontroller. Die Beschleunigungsdaten der durchgeführten Sturzsimulationen wurden mit einem Messbereich von  $\pm 4$  g aufgenommen, da aus der Literatur ersichtlich ist, dass bei einem Sturz selten größere Beschleunigungen als das Vierfache der Erdanziehungskraft auftreten aber wesentlich mehr als das Zweifache dieser. Auf dem StairMaster werden 20 Werte zu einem Intervall zusammengefasst. Diese Werte stellen den Betrag der einzelnen Achsen des Beschleunigungssensors dar.

Um eine Überlappung der Intervalle zu erreichen, benötigt man mindestens ein 80Byte großes Array. Diese 80Byte ergeben sich aus der Bildung des Betrages und der Auflösung des im Beschleunigungssensor integrierten A/D-Wandlers, die bei dem SMB380 10 Bit beträgt. Diese 10 Bit bedeuten, dass der Sensor in jedem Modus die gemessene Beschleunigung in 1024 Schritte ( $2^{10}$ ) aufteilt. Die Überlappung der Intervalle wird hierbei erreicht, indem immer die letzten 10 Betragswerte an die ersten 10 Stellen des Arrays kopiert werden, bevor die neuen Betragswerte eingelesen werden. Da zu Beginn des Algorithmus noch keine Werte eingelesen wurden, unterscheidet sich der erste Schritt des Abspeicherns der Werte von allen anderen. So werden zuerst 20 Betragswerte vollständig eingelesen und danach sofort der Mittelwert und die Varianz dieser Werte errechnet. Daraufhin wird eine Schwellwertentscheidung ausgeführt, welche erkennen lässt, ob ein Sturz in diesem Zeitraum geschehen ist. Nach dieser Schwellwertentscheidung werden die letzten 10 Werte aus dem Array an die ersten 10 Stellen des Arrays kopiert und danach werden 10 neue Betragswerte in die jetzt frei gewordenen 10 letzten Stellen des Array geschrieben. Somit ist gewährleistet, dass ein Intervall immer aus 10 alten und 10 neuen Betragswerten besteht.

Nachdem das Array vollständig gefüllt ist, werden Mittelwert und Varianz errechnet. Abschließend wird die Schwellwertentscheidung ausgeführt. Dieser Zyklus wiederholt sich nun so lange, bis der StairMaster abgeschaltet wird oder eine andere Abbruchbedingung erfüllt ist, dies kann zum Beispiel ein detektierter Sturz sein. Beispielhaft stellt das **Bild 2** einen simulierten Sturz dar. Der Proband fiel bei diesem Sturz aus dem Stand nach vorne auf eine handelsübliche Gummimatte um das Verletzungsrisiko zu minimieren. Hierbei wurden die Beschleunigungen gemessen und daraus der Betrag errechnet (blau dargestellt). Der Mittelwert (schwarze Linie) und die Varianz (rot gestrichelt) der Intervalle wurden ebenso auf dem StairMaster bestimmt. Der Sturz begann mit dem Sinken der Beschleunigung auf annähernd 0 g bei 3,8 Sekunden und endet mit 4,5 g beim Aufprall des Probanden auf die Matte. Die durchgeführte Schwellwertentscheidung auf dem StairMaster zeigt einen Sturz bei 3,9 Sekunden. Da ein Sturz mehr als 250 Millisekunden dauert, ist es somit möglich einen Sturz mittels des vorgestellten Algorithmus frühzeitig zu erkennen um eventuelle Schutzmaßnahmen einzuleiten (Airbag).



**Bild 2:** Betrag, Mittelwert und Varianz der Beschleunigungen während eines Sturzes nach Vorne auf eine Gummimatte

## 4. Sturzerkennung mittels Luftdruck

Während die vom mobilen Sturzerkennungssystem aufgenommenen Luftdruckwerte stets orientierungsfrei der Höhe des Luftdrucksensors entsprechen, so beziehen sich die gerichteten Beschleunigungskräfte auf die aktuell vorliegende Ausrichtung des Sensorsystems. Im vorgestellten Ansatz wird das Bezugssystem des Sensors normiert und gemeinsam mit der Luftdruckänderung als Merkmal für eine Sturzklassifikation genutzt. Dadurch kann festgestellt werden, ob der Nutzer auf dem Boden liegt oder höher, d.h. auf einem Sofa oder im Bett.

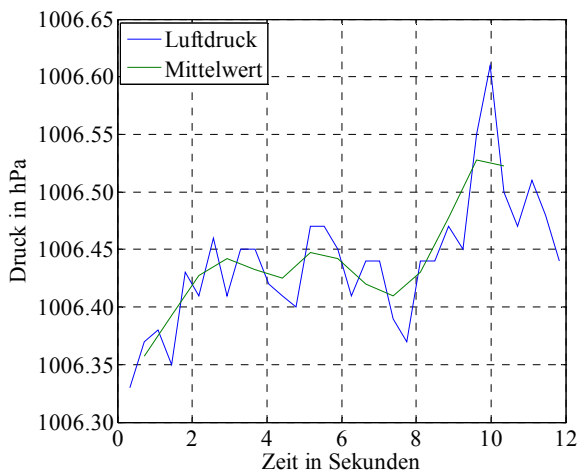
### 4.1 Autonome Sturzerkennung

Eine Möglichkeit, eines auf Luftdruckmessungen basierenden Sturzerkennungssystems, ist die Verwendung eines einzelnen StairMasters [7]. Dieser soll an der Hüfte getragen werden und durch einen geeigneten Algorithmus Stürze anhand des gemessenen Luftdruckwertes ermitteln. Im Prinzip ist dieses System identisch mit dem der Sturzerkennung auf der Basis von Beschleunigungswerten. Der einzige Unterschied ist die Detektion eines Sturzes anhand von Luftdruckdaten und deren Änderung.

Ein Beispiel für einen Algorithmus basierend auf der Sturzerkennung durch Luftdruckdaten eines einzelnen StairMasters ist, einen dynamischen Mittelwert der Druckwerte zu berechnen und dessen Anstieg zu bestimmen (Differentialalgorithmus). Der dynamische Mittelwert dient hierbei der Glättung (Tiefpassfilterung) des Signals und wird in Form einer exponentiellen Mittelung eingesetzt. Die Glättung des Signals filtert das Rauschen des Drucksensors heraus und sorgt dafür, dass nur die relevanten Luftdruckänderungen Auswirkungen auf den Verlauf haben. Um diese zu detektieren wird daraufhin der Anstieg des dynamischen Mittelwertes errechnet. Da hier mit wenigen diskreten Werten gearbeitet wird, kann keine direkte Funktion abgeleitet werden. Somit behilft man sich mit einer näherungsweisen Berechnung des Anstiegs. Eine Schwellwertentscheidung bezüglich des zuvor ermittelten Anstieges des dynamischen Mittelwertes ermöglicht eine Sturzerkennung anhand von Luftdruckwerten.

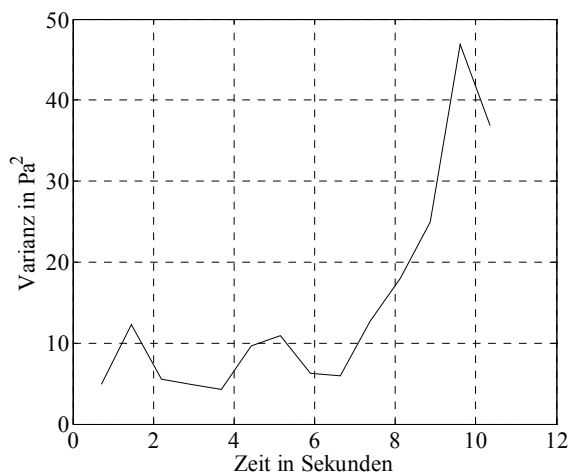
Eine andere Möglichkeit für einen Sturzerkennungsalgorithmus auf der Basis der Luftdruckwerte ist die Verwendung des „Intervallalgorithmus“ aus Kapitel 3 in modifizierter Form. Die Modifikation ist notwendig, da hier nur ein einziger Wert (Luftdruck) gemessen wird. Man muss außerdem bedenken, dass aufgrund der längeren Messdauer wesentlich weniger Werte zur Verfügung stehen. Die Ursache hierfür liegt in der niedrigen Abtastfrequenz des Luftdrucksensors, welche durch das Sampling innerhalb des Luftdrucksensors und der Umrechnung in physikalische Einheiten entsteht. Aufgrund der geringen Anzahl von Messwerten muss die Intervallgröße an diese Gegebenheit anpassen werden. Somit besteht ein Intervall in diesem Algorithmus aus vier Luftdruckwerten. Dadurch umfasst ein einzelnes Intervall einen Zeitraum von ungefähr 1,5 s.

Das **Bild 3** zeigt den Luftdruckverlauf während eines simulierten Sturzes und den Verlauf der Mittelwerte der einzelnen, sich zu 50 % überlappenden, Intervalle. In diesem Beispiel handelt es sich um einen Sturz auf die linke Körperseite. Der Sturz findet bei  $t = 9,85$  s statt. Während des Sturzes stieg der Luftdruck von 1006,45 hPa auf 1006,61 hPa an. Man erkennt, dass die Mittelwerte der einzelnen Intervalle in dem Zeitraum der Messung stark schwanken. Durch die Bildung der sich überlappenden Intervalle und der Berechnung des Mittelwertes dieser, findet ebenfalls eine Glättung (Tiefpassfilterung) des Signals statt, die vergleichbar mit einer exponentiellen Mittelung ist. Sie hat hierbei die gleichen Effekte, also die Reduzierung des hochfrequenten Rauschens und die Hervorhebung der



**Bild 3:** Verlauf des Luftdrucks und Mittelwertes eines Sturzes auf die linke Körperseite

Druckänderungen bei dem Sturz. Durch die relativ starke Wichtung des aktuell gemessenen Luftdruckwertes entsteht die hohe Varianz der Mittelwerte. Da anhand des Bildes ersichtlich ist, dass der Mittelwert während des Sturzes am stärksten ansteigt und somit die Varianz der Luftdruckwerte an diesem Punkt am größten ist, wird nach der Mittelwertbildung ebenfalls die Varianz der Intervalle bestimmt. Das Ergebnis ist in **Bild 4** zu sehen. Dem Bild ist zu entnehmen, dass die Varianz nicht konstant ist und vor dem Sturz verhältnismäßig geringen Schwankungen unterliegt. So schwankt die Varianz vor dem Sturz in einem Bereich von  $5 \text{ Pa}^2$  bis  $12 \text{ Pa}^2$  und steigt während des Sturzes auf mehr als  $45 \text{ Pa}^2$  an. Das ist ein eindeutiges Indiz für einen Sturz. Wendet man ebenfalls auf die zuvor errechnete Varianz den Vorgang einer Schwellwertentscheidung, mit der Grenze von  $\sigma_i^2 = 25$  an, so ist es dadurch möglich den Sturz zu detektieren.



**Bild 4:** Verlauf der Varianz der Mittelwerte des Sturzes auf die linke Körperseite

## 4.2 Sturzerkennung mittels Referenzsystem

Die zweite Möglichkeit stellt die Variante eines Referenzsystems dar. Die Idee hierbei ist, nicht direkt die Druckänderung eines Drucksensors auszuwerten, sondern einen zweiten Drucksensor als Referenzstation einzusetzen. Dabei wird ein Sensor auf einer festen Höhe, zum Beispiel auf einem Tisch oder an der Wand, befestigt und das andere Gerät wird an der Hüfte eines Menschen getragen. Beide Geräte sind per Bluetooth mit einer Verarbeitungseinheit (PC, PDA oder Handy) verbunden und können somit alle notwendigen Informationen, wie zum Beispiel die Uhrzeit oder die Luftdruckwerte untereinander austauschen. Die Verbindung über Bluetooth wäre hierbei einfach zu realisieren, da der StairMaster bereits ein integriertes Bluetooth-Modul besitzt. Somit genügt es, einen USB-Bluetooth-Adapter an die Verarbeitungseinheit anzuschließen um eine Kommunikation der Geräte untereinander zu ermöglichen. Auf der Verarbeitungseinheit kann ein Programm ablaufen, welches automatisch die benötigten Daten unter den Geräten austauscht. Durch diesen Austausch von Informationen besteht die Möglichkeit, Druckunterschiede zwischen den beiden Sensoren wahrzunehmen und diese durch die Verarbeitungseinheit zu analysieren. Fällt der Mensch mit dem mobilen Gerät in seiner Wohnung hin, so kann die Verarbeitungseinheit den Luftdruck des Trägers mit dem der Referenzstation vergleichen, dadurch einen Sturz anhand des Druckunterschiedes erkennen und einen Alarm auslösen. Das Abgleichen der Uhrzeit der beiden Systeme dient in erster Linie dem Bestimmen des Sturzzeitpunktes und der darauf folgenden Ermittlung des Zeiträumens für eine Deaktivierung des Alarms bei einem Fehlalarm. Außerdem kann man durch die Uhrzeit die zwei Geräte zeittechnisch synchronisieren, so dass eine Abweichung des Taktes durch unterschiedliche Frequenzen der taktgebenen Quarze kompensiert werden kann. Das führt zu einer Verminderung des Rauschens der Luftdruckdifferenz der beiden Geräte. Denn eine zeitliche Abweichung der Messungen sorgt dafür, dass die Luftdruckwerte nicht zum selben Zeitpunkt gemessen werden und dadurch die Differenz beider Sensoren stark erhöht wird. Außerdem kann durch den Austausch dieser Daten programmtechnisch ein Offsetausgleich der Drucksensoren vollzogen werden, denn jeder Drucksensor des Typs BMP085 hat aufgrund der Herstellung und werksinternen Kalibrierung einen unterschiedlichen Offset der Druckwerte. Weiterhin gibt es einen Taster oder einen Druckknopf, der zur Vermeidung von Fehlalarmen eingesetzt wird. So muss der Nutzer im Falle eines Fehlalarmes diesen Knopf drücken um eine automatische Alarmierung der Rettungskräfte zu verhindern. Im Falle eines erkannten Sturzes und der ausbleibenden Deaktivierung des Fehlalarmes kann somit per SMS oder Telefon ein Notruf entsandt werden.

### 4.3 Staudruck

Während die vorgestellten Methoden ein möglichst sensibles System zur Luftdruckerkennung voraussetzen, existiert darüber hinaus ein weiterer innovativer Ansatz zur Sturzerkennung mittels Luftdruckänderung. Bei einem ruhenden Probanden innerhalb eines Wohnumfeldes kann angenommen werden, dass sich die Luftmasse in einem Raum gegenüber einer Person nicht wesentlich bewegt. Bei einem Sturz bewegt sich jedoch die Person und wird entsprechend ihrer Fallbewegung die Luft verdrängen. Relativ vom Bezugssystem des Sensors aus betrachtet, entsteht während der Fallbewegung ein Gegenwind, der neben der Fallgeschwindigkeit auch wesentlich von der Bauform des Sensors abhängig ist. Durch entsprechende Luftleitelemente kann die Luftverdrängung als Luftwiderstand erheblich verstärkt und entsprechend gemessen werden.

Während der Ansatz des Referenzsystems eine möglichst genaue Luftdruckmessung voraussetzt, verfolgt der Ansatz des Staudrucks ein möglichst hohes Messergebnis aufgrund des vorliegenden Luftwiderstandes. Dieses ermöglicht die robuste Messung im Fall, da eine geringe Sensorempfindlichkeit durch physische Luftleitelemente kompensiert werden kann. Weiterhin können während des Falls problemlos Messwerte erhoben werden, da die durch die Bewegung ausgelösten Luftbewegungen nicht als Störungen sondern als provozierte Messsignale verarbeitet werden.

## 5. Zusammenfassung

Dieser Beitrag hat ein neuartiges, mobiles System für den Bereich der Sturzprävention vorgestellt. Durch Verwendung neuartiger Sensoren und Algorithmen ist das Gerät in der Lage, einen Sturz bereits in seiner Entstehungsphase zu erkennen und kann somit *rechtzeitig* Präventionsmaßnahmen, wie dem Aufblasen eines Hüftairbags, einleiten. Die ersten praktischen Tests haben gezeigt, dass sich die eigentliche Sturzerkennung sehr effizient implementieren lässt, was zu sehr kleinen Geräten führt, die problemlos am Körper getragen werden können.

Die praktischen Versuche haben auch gezeigt, dass die Sturzerkennung mittels Luftdrucksensoren manchmal fehlerhaft sein kann. Nach aktuellem Kenntnisstand sind die Gründe hierfür in dem vorhandenen Rauschen des Sensors, externe Luftdruckstörungen (z.B. Aufgehende Fahrstuhltür) und Luftdruckschwankungen durch Temperaturänderungen zu finden. Entsprechend werden die nächsten Arbeitsschritte wie folgt aussehen: Der erste Arbeitsschritt wird eine Methode zur automatischen Anpassung des verwendeten Schwellwertes beinhalten. Parallel dazu werden in einem zweiten Arbeitsschritt schnellere Luftdrucksensoren integriert. Zusammen mit einer entsprechend angepassten Algorithmik wird dieser Ansatz zu präziseren Vorhersagen führen.

## 6. Literatur

[1] Kang, J.; Yoo, T.; Kim, H.: A Wrist-Worn Integrated Health Monitoring Instrument with a Tele-Reporting

Device for Telemedicine and Telecare, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, Vol. 55, No. 5, Oct. 2006

- [2] Ven v. d. P.; Bourke, A.; Nelson, J.; O'Laighin G.: A wearable wireless platform for fall and mobility monitoring, Proceedings of Petra 2008, 1st International Conference on Pervasive Technologies related to Assistive Environments, ACM, Athen, Greece, 2008
- [3] Bieber, G.: Non-Obtrusive Activity Detection for Personal Assistance, Proceedings of the ITEC, 2007
- [4] Bieber, G.; Thom, A.: DiaTrace - Neuartiges Assistenz-System für die Gesundheitsprävention zur Nahrungsaufnahme und Bewegungserfassung, 1. AAL - Kongress, 2008
- [5] Hwang, J.Y.; Kang, J.M.; Jang, Y.W.; Kim, H. C.: Development of Novel Algorithm and Real-time Monitoring Ambulatory System Using Bluetooth Module for Fall Detection in the Elderly, Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA, September 1-5, 2004
- [6] Keck, W.; Stuber, M.; Lindemann, U.: SturzAlarm – Automatische Alarmierung nach Stürzen, 1. AAL - Kongress, 2008
- [7] Lüder, M.: Sturzerkennung durch vernetzte Sensorik. Diplomarbeit, Rostock, 2008