



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 049 750 A1 2010.04.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 049 750.9

(22) Anmeldetag: 01.10.2008

(43) Offenlegungstag: 08.04.2010

(51) Int Cl.⁸: **G08B 21/02** (2006.01)

G01L 11/00 (2006.01)

G01P 15/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München,
 DE; Universität Rostock, 18055 Rostock, DE**

(74) Vertreter:

Patentanwälte Bressel und Partner, 12489 Berlin

(72) Erfinder:

**Bieber, Gerald, 18059 Papendorf, DE; Salomon,
 Ralf, Prof., 18119 Rostock, DE; Lüder, Marian,
 18106 Rostock, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 60 2004 005596 T2

DE 10 2007 052588 A1

GB 24 34 964 A

DE 100 53 436 A1

GB 23 12 369 A

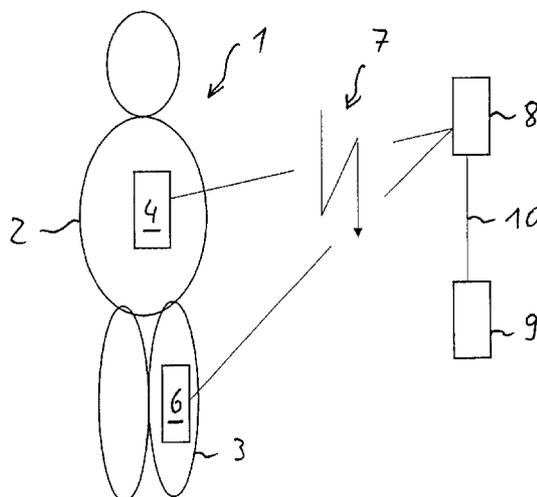
WO 00/51 453 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anordnung zum Feststellen eines Sturzes einer Person**

(57) Zusammenfassung: Eine Anordnung zum Feststellen eines Sturzes einer Person (1) weist einen Luftdrucksensor (in Einrichtung 4) und eine Auswertungs-einrichtung (in Einrichtung 4 oder 8) auf. Wenn der Messwert des Luftdrucksensors (11) ein vordefiniertes Kriterium erfüllt, wird ein Sturz der Person (1) festgestellt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Feststellen eines Sturzes einer Person. Die Erfindung betrifft ferner eine Anordnung zum Feststellen eines Sturzes einer Person.

[0002] Insbesondere die Gesundheit älterer Menschen ist ernsthaft gefährdet, wenn es zu einem Sturz gekommen ist. Häufig treten Knochenbrüche auf. Eine andere Art von Stürzen, z. B. wenn die visuelle Wahrnehmung, das Gleichgewichtssystem oder der Kreislauf gestört sind, führt jedoch häufig zu einem wesentlich langsameren Fall (Hinabgleiten), da sich die Person noch versucht, an Gegenständen abzustützen.

[0003] Die Erfindung betrifft insbesondere die Feststellung von Stürzen im häuslichen Bereich, d. h. innerhalb der Wohnung der Person, wobei es sich z. B. auch um ein Zimmer in einem Wohnheim oder einer Pflegeeinrichtung handeln kann. Die Erfindung ist jedoch nicht auf den häuslichen Bereich beschränkt. Vielmehr kann die erfindungsgemäße Feststellung von Stürzen auch bei beruflichen Tätigkeiten (z. B. Tätigkeiten im Handwerk und Bau, etwa Sturz eines Dachdeckers vom Dach eines Hauses) und/oder in der Freizeit stattfinden.

[0004] Es sind bereits Sturzerkennungssysteme vorgeschlagen, z. B. basierend auf einer Videoüberwachung der Person. Weiterhin sind intelligente Teppiche mit integrierten Sensoren vorgeschlagen worden, die eine auf dem Teppich liegende Person erkennen. Ferner ist es bekannt, Signale eines von der Person getragenen Beschleunigungssensors auszuwerten. Wenn der Beschleunigungswert einen Schwellwert überschreitet, wird dies als Anzeichen für einen Sturz gewertet. Ferner wurde bereits vorgeschlagen, eine annähernd horizontale Lage der Person zu detektieren. Dabei besteht jedoch der Nachteil, dass es zu Fehlalarmen kommen kann, z. B. wenn sich die Person willentlich hinlegt, um sich auszuruhen.

[0005] Den genannten Systemen, mit Ausnahme des Beschleunigungssensors, ist es gemeinsam, dass der Aufwand für die Installation und den Betrieb des Systems verhältnismäßig hoch ist. Auch gibt es bei fast allen diesen Systemen zahlreiche Situationen, in denen ein Sturz nicht erkannt wird oder fälschlicherweise auf einen Sturz erkannt wird. Befindet sich die Person z. B. nicht im Überwachungsbereich eines Videosystems, kann das System einen Sturz nicht erkennen. Der intelligente Teppich müsste überall im häuslichen Bereich verlegt werden, was insbesondere im Sanitärbereich nicht oder nur mit sehr großem Aufwand möglich wäre.

[0006] Die Feststellung eines Beschleunigungswertes,

der oberhalb eines Schwellwertes liegt, ermöglicht die Feststellung eines harten Sturzes, d. h. eines Sturzes mit kurzer Fallzeit und starkem Aufprall. Allerdings kann der Sturz erst dann erkannt werden, wenn der Aufprall bereits stattgefunden hat. Ein hartes Anstoßen des Beschleunigungssensors selbst, z. B. wenn die Person mit dem Sensor an einen Mauervorsprung oder an eine Tür anstößt, würde ebenfalls und fälschlicherweise als Sturz erkannt. Dagegen kann ein weicher Sturz, insbesondere das oben erwähnte Abgleiten der Person nach unten, nicht erkannt werden.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anordnung und ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, die eine zuverlässige Sturzerkennung ermöglichen. Vorzugsweise soll auch ein langsam ablaufender Sturzvorgang erkannt werden können. Ebenfalls vorzugsweise soll der Sturz bereits während des Sturzvorganges erkannt werden können, um z. B. Sicherungsmaßnahmen, etwa die Abschwächung der beim Aufprall auftretenden Kräfte, zu ermöglichen.

[0008] Es wird vorgeschlagen, zumindest einen Luftdrucksensor zu verwenden und durch Auswertung des Messwertes des Luftdrucksensors den Sturz einer Person festzustellen.

[0009] Ein Luftdrucksensor kann bei geringen Anschaffungskosten von einer Person am Körper getragen werden. Z. B. kann der Luftdrucksensor in ein Mobiltelefon, einen elektronischen Kalender oder in ein anderes Gerät integriert werden, das die Person trägt, z. B. lose in einer Tasche oder auch festgeschnallt oder festgeklemmt, etwa an einem Gürtel oder Gurt. Die Verwendung eines Luftdrucksensors hat den Vorteil, dass nicht wie bei einem Beschleunigungssensor eine feste, relativ zu dem Körper der Person möglichst unveränderliche Anbringung des Sensors erforderlich ist. Bei einem Beschleunigungssensor könnte es ohne eine solche feste Anbringung passieren, dass der Sensor, z. B. in einem nicht eng anliegenden Kleidungsstück, langsamer fällt und sein Aufprall durch den Körper der Person gedämpft wird.

[0010] Mit einem Luftdrucksensor lässt sich dagegen feststellen, dass der Sensor sich auf einem niedrigerem Höhenniveau befindet als das der Fall sein darf und/oder dass sich der Sensor von oben nach unten bewegt oder bewegt hat. In beiden Fällen wird der von dem Sensor gelieferte Luftdruck-Messwert ausgewertet, um den Sturz zu erkennen. Anders ausgedrückt bietet ein Luftdrucksensor zwei verschiedene Möglichkeiten, einen Sturz zu erkennen. Einerseits kann bereits ein einzelner Messwert des Sensors (alternativ z. B. ein Mittelwert einer Folge von Messwerten des Sensors) ausgewertet werden. Dies entspricht einem Luftdruckwert bzw. einem Höhenniveau. Um einen Sturz festzustellen, wird der Wert z.

B. mit einem Vergleichswert verglichen, der von einer Vergleichsmessung stammen kann oder grundsätzlich auch auf andere Weise vorgegeben oder erhalten werden kann. Bei einer Vergleichsmessung befindet sich vorzugsweise ein weiterer Luftdrucksensor in der Umgebung der Person an einer festen Position. Z. B. kann die feste Position deutlich über dem Höhenniveau des Fußbodens liegen, so dass ein Sturz erkennbar ist, wenn aus den Messwerten des am Körper der Person getragenen Luftdrucksensors ermittelt wird, dass dieser Sensor sich unterhalb des Vergleichssensors befindet.

[0011] Es kann ein vordefiniertes Kriterium gegeben sein, bei dessen Erfüllung auf einen Sturz geschlossen wird. Das Kriterium kann in diesem Fall z. B. wie oben erwähnt die Prüfung aufweisen, ob ein Messwert oder ein Mittelwert des von der Person getragenen Luftdrucksensors um mehr als eine vorgegebene Differenz von dem Messwert eines Vergleichs-Drucksensors abweicht. Insbesondere kann das Kriterium verlangen, dass der Messwert oder Mittelwert über dem Vergleichswert liegt. Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass der Vergleichswert von einem Luftdrucksensor erzeugt werden kann, der oberhalb des Niveaus des Fußbodens installiert ist. Wenn die Person aufgrund eines Sturzes auf dem Fußboden liegt, misst der von der Person getragene Luftdrucksensor einen höheren Luftdruck.

[0012] Die andere Möglichkeit der Sturzerkennung durch Auswertung des Messwerts des Luftdrucksensors besteht darin, dass der Messwert als Funktion der Zeit ausgewertet wird. Beide Möglichkeiten können zur Sturzfeststellung auch kombiniert werden. Im einfachsten Fall wird zur Auswertung des Zeitverhaltens z. B. wiederholt in vorgegebenen zeitlichen Abständen ein Messwert des Luftdrucksensors ausgewertet. Liegt dieser aktuelle Messwert gemäß einem vordefinierten Kriterium über einem früher erfassten Messwert, wird auf einen Sturz geschlossen. Das vordefinierte Kriterium, bei dessen Erfüllung ein Sturz festgestellt wird, kann jedoch auch anders definiert sein, um aus dem zeitabhängigen Messsignal des Luftdrucksensors einen Sturz zu erkennen.

[0013] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bereits mit sehr kleinen Luftdrucksensoren der Luftdruck sehr genau messbar ist und daher Höhenunterschiede von wenigen Zentimetern gemessen werden können. Z. B. kann der digitale, barometrische Drucksensor BMP085 der Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen, Deutschland als Luftdrucksensor zur Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Dieser Sensor oder ein anderer Luftdrucksensor können als MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System) ausgestaltet sein. Insbesondere kann der Sensor ein piezoresistiver Drucksensor sein. Z. B. besteht ein Element des Drucksensors aus einem Stück Silizium, in das Piezowiderstände inte-

griert sind. Bei Druckbelastung eines biegbaren Bereichs des Siliziumstücks stellt sich aufgrund einer entsprechenden Biegung eine Änderung der Piezowiderstände ein. Z. B. sind vier Widerstände in den Siliziumkörper integriert. Weitere Details eines solchen Sensors sind z. B. in der Veröffentlichung "Grundlagen und Begriffe" der Aktiv Sensor GmbH, Stahnsdorf, Deutschland, www.aktiv-sensor.de beschrieben (Abrufdatum im Internet: 22.08.2008). Um zur Ausführung der vorliegenden Erfindung z. B. den absoluten Luftdruck messen zu können, wird der biegbare Bereich des Siliziumelements mit dem Luftdruck beaufschlagt und befindet sich an einer gegenüberliegenden Seite des biegbaren Bereichs ein Raum mit geringerem Druck, d. h. mit Vakuum.

[0014] Vorzugsweise weist der Luftdrucksensor eine digitale Schnittstelle zur Ausgabe des Druck-Messwertes als digitaler Wert auf. Z. B. kann der Drucksensor eine zweipolige digitale Schnittstelle aufweisen, z. B. eine I²C-Schnittstelle. Allgemeiner formuliert kann der Luftdrucksensor eine Schnittstelle zum Anschluss eines digitalen Datenbusses aufweisen.

[0015] Über die Schnittstelle kann der Sensor mit einer Auswertungseinrichtung verbunden sein, z. B. einem Mikrocontroller, der vorzugsweise die Messwerte des Sensors auswertet und optional außerdem prüft, ob ein Sturz gemäß einem vordefinierten Kriterium festzustellen ist. Alternativ kann die Auswertungseinrichtung den Messwert im Rahmen einer Datenverarbeitung lediglich weiterverarbeiten, jedoch noch nicht feststellen, ob ein Sturz vorliegt. Bei der Weiterverarbeitung kann z. B. eine Mittelwertbildung, Filterung und/oder Plausibilitätskontrolle stattfinden. Alternativ oder zusätzlich kann dabei eine Korrektur des Messwerts stattfinden, z. B. bei sich veränderndem Luftdruck aufgrund von Wetteränderungen. Hierzu kann die Auswertungseinrichtung mit einer Wetterstation verbunden sein, z. B. über Funk. Die beschriebene Weiterverarbeitung kann auch dann in der Auswertungseinrichtung stattfinden, wenn diese den Sturz feststellt. Falls die Auswertungseinrichtung den Sturz nicht selbst feststellt, kann sie den Messwert und/oder den weiterverarbeiteten Messwert an eine weitere Verarbeitungseinrichtung ausgeben. Diese Übertragung findet z. B. über eine Funkschnittstelle statt. Beispielsweise weist daher eine Einrichtung, die von einer zu überwachenden Person getragen werden kann, den Luftdrucksensor, die Auswertungseinrichtung und ein Funkmodul zum drahtlosen Übertragen von Informationen zu einer Empfangsstation auf. Das Funkmodul kann aber auch Daten empfangen, z. B. einen Korrekturwert (z. B. von der Wetterstation) oder einen Vergleichswert, so dass die Auswertungseinrichtung der von der Person getragenen Einrichtung den Vergleich mit dem Vergleichswert durchführen kann.

[0016] Die Erfindung hat den Vorteil, dass bei geringem gerätetechnischem Aufwand verschiedenartig Stürze erkannt werden können. Insbesondere kann sowohl ein schneller Sturz mit hartem Aufprall als auch ein langsam ablaufender Sturz erkannt werden. Ferner kann insbesondere bei einem schnellen Sturz der Sturz noch während des Fallvorgangs festgestellt werden. Dies erlaubt es z. B., automatisch eine Schutzmaßnahme zur Minderung der Wirkungen eines Aufpralls der Person auszulösen.

[0017] Insbesondere wenn die Auswertungseinrichtung auf einen Datenspeicher zugreifen kann, ist es ferner möglich, den Messwert des Luftdrucksensors als Funktion der Zeit mit gespeicherten Daten zu vergleichen, die den Messwerten bei einem typischen Sturz entsprechen. Solche Daten können z. B. dadurch erzeugt werden, dass ein Sturz simuliert wird und die Daten aus den Messwerten des Luftdrucksensors oder eines baugleichen oder ähnlichen Luftdrucksensors gewonnen werden. Allgemeiner formuliert kann der erwartete zeitliche Verlauf der Messwerte als "Muster" direkt als Folge von Messwerten und/oder indirekt über Kenngrößen, die den Verlauf beschreiben, gespeichert werden. Mit an sich bekannten Verfahren der Mustererkennung können dann die Messwerte des Luftdrucksensors ausgewertet werden.

[0018] Wie bereits erwähnt wurde, kann ein Vergleichswert für den Luftdruck verwendet werden, um einen Sturz festzustellen. Insbesondere kann der Vergleichswert wiederholt, z. B. in periodischen Abständen ermittelt und von der Auswertungseinrichtung bei der Auswertung der Messwerte des von der Person getragenen Luftdrucksensors zur Sturzerkennung berücksichtigt werden. Z. B. kann der Referenzluftdruck von einer Messstation in der Wohnung der zu beobachtenden Person geliefert werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Referenzluftdruckstation für ein ganzes Gebäude oder eine Gebäudegruppe vorhanden sein. In diesem Fall kann die Auswertungseinrichtung, die sich in einer Einrichtung befinden kann, welche die Person am Körper trägt oder die auch stationär sein kann, abhängig vom Aufenthaltsort der zu beobachtenden Person einen Korrekturwert verwenden, um anhand des Vergleichs-Luftdruckwertes feststellen zu können, ob ein Sturz stattgefunden hat oder stattfindet. Z. B. ist der einer Höhe von 12 m entsprechende Differenzdruck vom Referenzluftdruckwert abzuziehen, wenn sich der Referenzluftdrucksensor im Erdgeschoss befindet, das normale Höhenniveau des Luftdrucksensors, den die Person am Körper trägt, aber bei 12 m Höhe (z. B. im vierten Stockwerk des Gebäudes) liegt. Als Referenz-Höhenniveau, für das der Referenzluftdruckwert zu bestimmen ist, eignet sich vorzugsweise das Höhenniveau, auf dem die Person üblicherweise während der Nacht oder bei einem Mittagsschlaf liegt.

[0019] Optional wird zur Feststellung eines Sturzes auch die Beschleunigung der von der Person am Körper getragenen Einrichtung ausgewertet. Dies kann zunächst durch Auswertung der Signale des von der Person am Körper getragenen Luftdrucksensors erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann die Person jedoch auch einen Beschleunigungssensor (z. B. eine IMU, Inertial Measurement Unit) am Körper tragen, der außerdem unmittelbar Beschleunigungsmesswerte liefert. Auf diese Weise ist es möglich, zur Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Sturzerkennung außer den Luftdruckmesswerten auch Beschleunigungsmesswerte zu verwenden. Die Auswertung beider Arten von Messwerten erfolgt z. B. in der Auswertungseinrichtung, die die Person am Körper trägt oder die entfernt von der Person stationär angeordnet ist. Auch eine mobile entfernte Station ist möglich, z. B. wenn eine Betreuungsperson diese Auswertungseinrichtung mit sich führt.

[0020] Allgemeiner formuliert kann zumindest ein Beschleunigungs-Messwert eines Beschleunigungssensors, der an der Person angeordnet ist, ausgewertet werden und ein Sturz nur dann festgestellt werden, wenn auch der Beschleunigungs-Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt. Unter der Erfüllung eines Kriteriums wird auch verstanden, dass der Beschleunigungswerte-Messwert als Funktion der Zeit mit den Methoden der Mustererkennung ausgewertet wird. Bei Erkennung eines vordefinierten Musters ist das Kriterium erfüllt. Auf die Mustererkennung (zumindest in Bezug auf Luftdruck-Messwerte) wird noch näher eingegangen.

[0021] Insbesondere um die Feststellung eines Sturzes durch Auswertung des Luftdrucks zu überprüfen und vorzugsweise um ein Signal, das den Sturz anzeigt, mit hoher Sicherheit auszugeben, wird nicht nur der Luftdruck ausgewertet, sondern außerdem Messwerte von zumindest einem anderen Sensor. Außer dem zuvor genannten Beschleunigungssensor können hierzu verwendet werden: ein Pulssensor (z. B. um den veränderten Pulsschlag einer ohnmächtig auf dem Boden liegenden Personen festzustellen), ein Temperatursensor (z. B. um eine veränderte Körpertemperatur der gestürzten Person und/oder eine veränderte Umgebungstemperatur am Boden im Vergleich zu einem höheren Niveau festzustellen), ein Hautwiderstandssensor (um z. B. einen auf Grund einer veränderten Schweißbildung veränderten Hautwiderstand der gestürzten Person festzustellen) und/oder ein Geräuschsensor, insbesondere ein Mikrofon, (z. B. um ein Geräusch beim Aufprall der Person auf den Boden festzustellen). Die vorgenannten Sensoren zur Feststellung geometrischer Messwerte (Puls, Temperatur, Hautwiderstand) können auch zu anderen Zwecken als zur Sturzerkennung genutzt werden.

[0022] Vorzugsweise werden die Messwerte des

Luftdrucksensors zeitlich mit den Messwerten eines Beschleunigungssensors, insbesondere einer IMU, korreliert. Dadurch ist eine Plausibilitätskontrolle der Werte des Luftdrucksensors möglich. Ergibt sich z. B. aus den Werten des Luftdrucksensors eine Zunahme des Luftdrucks und damit ein Hinweis auf einen Sturz, ergeben sich jedoch aus den Messwerten des Beschleunigungssensors keine gleichzeitige Beschleunigung in Richtung des Gravitationszentrums der Erde, kann ein Sturz ausgeschlossen werden. Daher wird es bevorzugt, bei der Auswertung der Messwerte des Beschleunigungssensors die Richtung der Beschleunigung festzustellen und insbesondere festzustellen, ob diese Richtung eine vektorielle Komponente in Richtung der Erdbeschleunigung aufweist. Optional wird außerdem festgestellt, ob diese vektorielle Komponente in Hinblick auf eine gleichzeitig gemessene Zunahme des Luftdrucks des Luftdrucksensors (insbesondere indem durch zweimalige Integration über das Zeitintervall der Messung der zurückgelegte Weg in Richtung des Gravitationszentrums der Erde festgestellt wird) auf einen plausiblen Wert des Luftdrucks hinweist. Zusätzlich zu dieser Plausibilitätskontrolle kann eine Korrektur von Schwankungen (so genanntes Rauschen) der Messwerte des Luftdrucksensors vorgenommen werden. Auf diese Weise lässt sich die Genauigkeit der Auswertung der Messwerte des Luftdrucksensors deutlich steigern, insbesondere wenn die Plausibilitätskontrolle und Korrektur fortlaufend stattfindet.

[0023] Es ist eine Erkenntnis der Erfindung, dass eine Höhenänderung, die mit Hilfe der Luftdruckmesswerte festgestellt wird, eine zuverlässigere und schnellere Erkennung (z. B. noch während eines Sturzes) einer Fallbewegung ermöglicht. Im Gegensatz zu anderen vorbekannten Verfahren wird nicht das Ergebnis des Sturzes (der Aufprall oder die Lage der am Boden liegenden Person) detektiert, sondern eine Größe, die sich zwangsläufig während eines Sturzes ändern muss. Aufgrund der Tatsache, dass der Luftdrucksensor von der Person getragen wird, treten auch nicht wie bei Videosystemen oder Sensort Teppichen (siehe oben) möglicherweise Situationen ein, in denen ein Sturz nicht erkannt werden kann, weil er außerhalb des Erfassungsbereichs des Systems liegt. Selbst wenn bei der vorliegenden Erfindung ein Referenzluftdrucksensor verwendet wird und dieser möglicherweise zeitweise nicht (z. B. wegen einer gestörten Funkverbindung) mit der Auswertungseinrichtung in Verbindung steht, kann z. B. durch die oben beschriebene Mustererkennung oder sonstige Auswertung des zeitlichen Verlaufs des Luftdrucksensors am Körper der Person ein Sturz festgestellt werden.

[0024] Insbesondere wird ein Verfahren zum Feststellen eines Sturzes einer Person vorgeschlagen, wobei ein Messwert eines Luftdrucksensors, der an der Person angeordnet ist, ausgewertet wird und ein

Sturz festgestellt wird, wenn der Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt.

[0025] Eine Anordnung zum Feststellen eines Sturzes einer Person weist insbesondere einen Luftdrucksensor und eine Auswertungseinrichtung auf, wobei die Auswertungseinrichtung einen Messwert des Luftdrucksensors empfängt und einen Sturz feststellt, wenn der Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt.

[0026] Wie bereits oben teilweise beschrieben wurde, kann das vordefinierte Kriterium unterschiedlich gestaltet werden. Insbesondere kann das Kriterium die Bedingung aufweisen, dass der Messwert mindestens um einen vordefinierten Betrag größer ist als ein Vergleichswert. Dies bezieht sich z. B. auf die oben beschriebenen Fälle, in denen ein Vergleichswert des Luftdrucks verwendet wird, der von einer Referenzluftdruckstation gemessen wird. Allgemeiner formuliert wird der Vergleichswert von einem zweiten Luftdrucksensor gemessen, der in der Umgebung der Person vorzugsweise stationär angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich kann ein zweiter Luftdrucksensor, der den Vergleichswert liefert, ebenfalls von der Person getragen werden, jedoch an einem anderen Ort als der erste Luftdrucksensor. Auch hierdurch ist ein Vergleich zwischen zwei Luftdruckwerten und dadurch die Feststellung möglich, ob ein Sturz stattfindet oder stattgefunden hat. Z. B. kann der erste Luftdrucksensor am Rumpf der Person und der zweite Luftdrucksensor am Fuß, z. B. im Schuh, der Person angeordnet sein. Das vordefinierte Kriterium kann z. B. die Bedingungen enthalten, dass der Luftdruckwert des ersten und des zweiten Sensors am Körper der Person sich weniger als um eine vorgegebene Maximaldifferenz unterscheiden und dass der Wert des ersten Luftdrucksensors sich innerhalb einer Zeitspanne vorgegebener Länge um einen Betrag vorgegebener Größe erhöht hat.

[0027] Vorzugsweise wird bei Erkennung eines Sturzes automatisch eine Schutzmaßnahme zur Minderung der Wirkungen eines Aufpralls der Person ausgelöst. Als Schutzvorrichtung zur Durchführung der Schutzmaßnahme kann jede geeignete Vorrichtung verwendet werden, die die Wirkungen des Aufpralls der Person mindert oder aufhebt. Z. B. kann die Schutzvorrichtung so ausgestaltet sein, dass an der Stelle des Aufpralls ein kompressibler Körper und/oder kompressibles Material angeordnet wird und/oder erzeugt wird. Insbesondere kann ein Airbag verwendet werden, wobei als Gas zum Expandieren des Airbags nicht nur Luft, sondern jegliches andere geeignete Gas in Frage kommt. In den expandierbaren Behälter des Airbags kann nicht nur Gas, sondern auch Flüssigkeit, ein Gemisch aus Gas mit Feststoffanteilen oder ein Gemisch aus Flüssigkeit, Feststoffanteilen und/oder Gas eingeleitet werden, um die Schutzwirkung zu entfalten. Es ist auch nicht zwin-

gend erforderlich, dass ein expandierbarer Behälter verwendet wird. Vielmehr kann das schützende Material oder Gemisch ganz oder teilweise auch ohne Behälter in den Zwischenraum zwischen der aufprallenden Stelle der Person und dem Boden gebracht werden.

[0028] Dabei kann die Schutzvorrichtung am Körper der Person und/oder am Boden angeordnet sein.

[0029] Z. B. kann eine Person einen Airbag am Körper tragen, der ausgelöst von der Erkennung des Sturzes angesteuert und aufgeblasen wird, so dass die Hüfte der Person vor einem harten Aufprall geschützt ist. Dabei muss wegen der deutlich geringeren Aufprallkräfte als bei einem PKW-Autounfall nicht zwangsläufig ein luftdichter Sack zum Aufblasen verwendet werden. Vielmehr kann das Material des aufzublasenden Sacks auch teilweise luftdurchlässig und daher atmungsaktiv sein. Durch ein schnelles Aufblasen wird dennoch Luft beim Aufprall in dem Sack vorhanden sein, die die Härte des Aufpralls mindert.

[0030] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird mit einem oder mehreren Messwerten zumindest eines von der Person am Körper getragenen Luftdrucksensors ermittelt, mit welchem Körperteil bzw. mit welcher Stelle der Körper aufprallen wird.

[0031] Z. B. sind zwei Airbags am Körper der Person angeordnet, ein Airbag an der rechten Hüftseite und ein zweiter Airbag an der linken Hüftseite. Nun wird durch Auswertung des zumindest einen Messwertes entschieden, welcher der beiden Airbags aktiviert wird, d. h. expandiert wird.

[0032] Allgemeiner formuliert umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren, bei dem zumindest ein Messwert eines an Körper einer Person angeordneten Luftdrucksensors ausgewertet wird und abhängig von dem Ergebnis der Auswertung entschieden wird, welcher Teil einer am Körper der Person angeordneten Schutzvorrichtung zur Minderung der Wirkungen eines Aufpralls aktiviert wird. Bei der Schutzvorrichtung kann es sich um eine Mehrzahl einzelner Schutzvorrichtungen (z. B. mehrere Airbags) handeln, die funktional lediglich dadurch miteinander verbunden sind, dass sie an Körper derselben Person angeordnet sind, um diese möglicherweise vor einem Aufprall zu schützen. Die separaten Teile der Schutzvorrichtung oder die einzelnen Schutzvorrichtungen können von derselben Auslöseeinrichtung aktiviert werden und/oder abhängig von dem Auswertungsergebnis derselben Auswertungseinrichtung aktiviert werden. Es können jedoch auch mehrere Auswertungseinrichtung und z. B. jeweils ein zugeordneter Luftdrucksensor vorhanden sein.

[0033] Insbesondere können Messwerte einer Mehrzahl von Luftdrucksensoren ausgewertet werden, die am Körper der Person angeordnet sind, wobei die Luftdrucksensoren in unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sind, um einen durch einen Sturz der Person entstehenden Staudruck zu messen.

[0034] Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass auf Grund der Bewegung des Körpers der Person beim Sturz ein Staudruck entstehen kann, sodass der von dem Luftdrucksensor gemessene Luftdruckwert über dem Wert des statischen Luftdrucks liegt. Bei den verwendeten Luftdrucksensoren handelt es sich daher um solche Sensoren, die den Luftdruck richtungsabhängig messen und daher ausgerichtet werden können. Ist ein solcher Sensor in einer Richtung ausgerichtet, in die der Körper der Person fällt, entsteht ein Staudruck, der von dem Sensor gemessen wird. Ein solcher Sensor wird einen geringeren Staudruck messen, wenn die Bewegungsrichtung des Körpers nicht genau mit der Ausrichtung zusammenfällt, jedoch zumindest eine Bewegungskomponente (bei vektorieller Zerlegung der Bewegungsgeschwindigkeit) mit der Ausrichtung zusammenfällt. Ein geeigneter Luftdrucksensor hat z. B. eine einzelne Öffnung, durch die Luft einströmen kann, um den Luftdruck zu messen. Alternativ kann in einem beschränkten Oberflächenbereich des Sensors eine Mehrzahl von Luft-Eintrittsöffnungen vorgesehen sein. Die Ausrichtung dieser Öffnung oder dieser Öffnungen bestimmt die Ausrichtung des Sensors für die Messung des Staudrucks.

[0035] Bei der Sturzerkennung durch Auswertung von Höhenunterschieden (siehe oben) ist der Staudruck störend, da er einem zu hohen statischen Luftdruck entspricht und daher fälschlicherweise ein zu schneller oder zu weiter Sturz detektiert werden kann. Mit der Nutzung des Staudrucks durch gezielte Ausrichtung mehrerer Luftdrucksensoren wird dieses Problem überwunden. Einerseits kann durch Auswertung der Messwerte der verschiedenen ausgerichteten Luftdrucksensoren der korrekte statische Luftdruck bestimmt werden, z. B. indem nur diejenige gemessene Zunahme des Luftdrucks, die alle am Körper der Person getragenen Luftdrucksensoren messen, dem statischen Luftdruck zugeordnet wird. Andererseits kann der dem statischen Luftdruck übersteigende Luftdruck dem Staudruck zugeordnet werden. Z. B. durch Vergleich mit den Messwerten eines nicht am Körper der Person getragenen Referenzsensors kann der Staudruck aber auch mit einem einzigen am Körper der Person getragenen Luftdrucksensor gemessen werden. Dies ist z. B. dann sinnvoll, wenn lediglich ein bestimmter Teil des Körpers vor einem Aufprall zu schützen ist.

[0036] Vorzugsweise wird abhängig von dem Ergebnis der Messung und Auswertung des Staudrucks automatisch entschieden, welcher Teil der

Schutzvorrichtung oder welche Teile der Schutzvorrichtung aktiviert werden, um den einen Körperteil der Person zu schützen, von dem auf Grund des gemessenen Staudrucks erwartet wird, dass an dem Körperteil ein Aufprall stattfindet. Z. B. kann jeder Teil der Schutzvorrichtung einem bestimmten Körperteil zugeordnet sein, etwa der rechten Hüftseite oder der linken Hüftseite. Im einfachsten Fall ist an jedem zu schützenden Körperteil zumindest einen Luftdrucksensor angeordnet, der etwa senkrecht zur Oberfläche des Körperteils ausgerichtet ist. Entsteht durch einen Sturz in diese Richtung ein Staudruck, der einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, wird dies festgestellt und der zugeordnete Teil der Schutzvorrichtung aktiviert.

[0037] Allgemeiner formuliert wird die Schutzvorrichtung so gesteuert, dass selektiv der Körperteil bzw. die entsprechende Stelle an der Oberfläche des Körperteils vor den Wirkungen des Aufpralls geschützt wird. Z. B. ist die Schutzvorrichtung so ausgestaltet, dass zumindest zwei verschiedene Körperteile (d. h. Oberflächenbereiche des Körpers der Person, die am Ende des Sturzvorgangs möglicherweise aufprallen können) geschützt werden können. Abhängig von der Auswertung des zumindest einen Messwertes wird in diesem Fall ermittelt, welcher Körperteil der Person zu schützen ist, und die Schutzvorrichtung wird entsprechend selektiv aktiviert.

[0038] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. Die einzelnen Figuren der Zeichnung zeigen:

[0039] Fig. 1 schematisch eine Person, die eine Einrichtung zur Sturzerkennung trägt, sowie eine stationäre Einrichtung,

[0040] Fig. 2 schematisch funktionale Einheiten der von der Person getragenen Einrichtung,

[0041] Fig. 3 Messwerte eines von einer Person getragenen Luftdrucksensors innerhalb eines Zeitintervalls von 12 Sekunden,

[0042] Fig. 4 die Varianz der in Fig. 3 dargestellten Messwerte innerhalb desselben Zeitintervalls,

[0043] Fig. 5 die klimatische Luftdruckänderung als Funktion der Zeit gemessen durch zwei verschiedene Luftdrucksensoren,

[0044] Fig. 6 die festgestellte Höhendifferenzänderung aus den in Fig. 5 dargestellten Messwerten,

[0045] Fig. 7 ein Sturzerkennungssystem und

[0046] Fig. 8 eine Schutzvorrichtung mit mehreren

Teilen, die separat voneinander aktiviert werden können.

[0047] Die in Fig. 1 dargestellte Person 1 trägt an ihrem Rumpf 2 eine Einrichtung 4, z. B. ein Mobiltelefon oder ein anderes elektronisches Gerät mit einer Funkeinrichtung. Wie Fig. 2 zeigt, ist in die Einrichtung 4 ein Luftdrucksensor 11, z. B. vom Typ BMP085 der Bosch Sensortec GmbH, integriert, der über einen Datenbus 15 mit einem Mikrocontroller 12 verbunden ist. Ferner weist die Einrichtung 4 noch eine Anzeigevorrichtung 14 auf, z. B. eine Leuchte und/oder einen akustischen Signalgeber zur Signalisierung, dass ein Sturz erkannt wurde. Der optische und/oder akustische Signalgeber 14 ist mit dem Mikrocontroller 12 verbunden. Außerdem ist eine Kommunikationseinrichtung 13, z. B. ein GSM (Global System for Mobil Communication)-Modul möglich. Über dieses Funkmodul 13 können verschiedene Funktionen des Sturzerkennungssystems ausgeführt werden, wie anhand von Beispielen noch näher beschrieben wird. Insbesondere kann ein Messwert oder eine auf mehreren Messwerten des Luftdrucksensors 11 basierende Vorverarbeitung, die von dem Mikrocontroller 12 ausgeführt wird, ein Ergebnis liefern, das über das Funkmodul 13 ausgesendet wird. Z. B. kann eine stationäre Einrichtung (wie in Fig. 1 durch Bezugszeichen 8 bezeichnet) als Auswertungseinrichtung dienen, die den Sturz der Person 1 unter Verwendung des Ergebnisses der Datenverarbeitung erkennt. Alternativ kann jedoch auch der Mikrocontroller die Auswertungseinrichtung sein, die den Sturz erkennt und kann das Funkmodul 13 dazu dienen, einen Referenzwert des Luftdrucks, der von einer stationären Luftdruckmessstation 9 gemessen wird, zu empfangen. Messwerte der Station 9 werden z. B. über eine Leitungsverbindung 10 zu der Einrichtung 8 übertragen, die diese dann mit einem nicht näher dargestellten Funkmodul zu dem Funkmodul 13 aussendet. Die Funkschnittstelle ist in Fig. 1 durch das Bezugszeichen 7 und ein Funksymbol mit einem Pfeil nach unten dargestellt.

[0048] Optional, wie am Beispiel von Fig. 1 erkennbar ist, trägt die Person 1 noch eine zweite Einrichtung 6 am Bein 3 oder alternativ an einem Fuß, z. B. im Schuh. Diese Einrichtung 6 enthält ebenfalls ein Funkmodul zur Kommunikation mit der Einrichtung 8 und außerdem zumindest einen Sensor. Bei diesem Sensor kann es sich um einen zweiten Luftdrucksensor handeln, dessen Messwerte ebenfalls für die Sturzerkennung verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann es sich bei dem Sensor um einen Beschleunigungssensor handeln.

[0049] Stürzt die Person 1, so nehmen die Luftdruck-Messwerte des Luftdrucksensors 11 während des Sturzes zu, da der Luftdruck in tiefer gelegenen Luftschichten höher ist. Der Mikrocontroller 12 stellt dies fest. Wenn der Mikrocontroller 12 die Auswer-

tungseinrichtung ist, prüft er zunächst, ob der zeitliche Verlauf der Messwerte des Luftdrucksensors **11** auf einen Sturz schließen lässt. Ist dies der Fall, kann der Mikrocontroller über das Funkmodul **13** einen Notruf aussenden und/oder die Erkennung des Sturzes durch die Signalvorrichtung **14** anzeigen.

[0050] Alternativ oder zusätzlich kann der Mikrocontroller **12** wiederholt einen Luftdruckvergleichswert von dem stationären Luftdrucksensor **9** empfangen, der auf einem niedrigeren Höhenniveau angeordnet ist, als es beim Stehen oder Gehen der Person **1** der Fall ist. Das Höhenniveau des Luftdrucksensors **9** ist aber höher als das Höhenniveau des Fußbodens, auf dem sich die Person **1** befindet. Gelangt der Luftdrucksensor **11** daher aufgrund des Sturzes auf ein Höhenniveau unterhalb des Höhenniveaus des stationären Luftdrucksensors **9**, kann dies z. B. von dem Mikrocontroller **12** und/oder von der stationären Einrichtung **8** festgestellt werden, indem die Messwerte der beiden Sensoren **9**, **11** verglichen werden. Ein vordefiniertes Kriterium zur Feststellung eines Sturzes kann daher die Bedingung aufweisen, dass der Luftdruckmesswert des Sensors **11** um einen vorgegebenen Differenzbetrag größer sein muss als der Messwert des Luftdrucksensors **9**.

[0051] Optional wird außerdem der Messwert der zweiten von der Person **1** getragenen Einrichtung **6** berücksichtigt. Handelt es sich bei dem Sensor der Einrichtung **6** um einen Luftdrucksensor, wird dessen Messwert z. B. in der gleichen Weise mit dem Messwert des stationären Luftdrucksensors verglichen, wie zuvor beschrieben wurde. Außerdem oder alternativ kann der Messwert der Einrichtung **6** mit dem Messwert des Sensors **11** verglichen werden. Bei einem Sturz muss der Messwert des Sensors **11** größer oder gleich dem Messwert des Luftdrucksensors der Einrichtung **6** sein.

[0052] Handelt es sich bei dem Sensor der Einrichtung **6** um einen Beschleunigungssensor, ist dieser vorzugsweise nicht am Fuß, sondern im oberen Bereich des Beins oder am Rumpf der Person **1** angeordnet. Der Beschleunigungssensor kann auch statt in der Einrichtung **6** in der Einrichtung **4** zusätzlich zu dem Luftdrucksensor **11** vorhanden sein und ebenfalls über den Datenbus **15** mit dem Mikrocontroller **12** verbunden sein. Durch Auswertung der Beschleunigungsmesswerte stellt die Auswertungs-einrichtung (z. B. der Mikrocontroller **12** oder die Einrichtung **8**) fest, ob eine Bewegung nach unten stattgefunden hat. Hierzu wird unter Berücksichtigung der Richtung der Erdanziehungskraft ausgewertet, ob die Beschleunigungssignale integriert über die Zeit auf eine Bewegung nach unten schließen lassen. Alternativ oder zusätzlich wird ausgewertet, ob die Beschleunigungswerte auf einen Sturzvorgang und/oder auf einen Aufprall schließen lassen.

[0053] Durch die vestibuläre Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen (Gleichgewichtssinn) orientiert sich das Bezugssystem des Benutzers hinsichtlich seiner Bewegung an die Erdgravitation.

[0054] Der von der Person getragene Luftdrucksensor ist zwar fest mit der Person verbunden. Die vom Sensor gemessenen Luftdruckwerte beziehen sich auf die Position des Luftdrucksensors. Die von einem Beschleunigungssensor, der außerdem von dem Benutzer getragen wird, gemessenen Beschleunigungswerte (vektorielle Messwerte) beziehen sich jedoch auf die Ausrichtung des Beschleunigungssensors oder des Sensorsystems. Insbesondere können der Beschleunigungssensor und der Luftdrucksensor fest miteinander verbunden sein, sodass eine relative Änderung der Ausrichtung der beiden Sensoren ausgeschlossen ist. Dies wird im Folgenden unter einem „Sensorsystem“ verstanden.

[0055] Es ist möglich, dass das Sensorsystem verdreht getragen wird und das Bezugssystem des Menschen nicht mit dem Bezugssystem des Sensorsystems übereinstimmt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Auswertung der Messwerte fehlerhaft sein muss. Bedingt durch den physischen Aufbau des Beschleunigungssensors (insbesondere eine IMU) werden die Beschleunigungswerte orthogonal gemessen, d. h. bei einer Beschleunigung wird der Beschleunigungsvektor im kartesischen Koordinatensystem durch die orthogonalen Sensorachsen x, y und z hinreichend beschrieben. Wird der Sensor beim Sturz verdreht getragen, d. h. nicht in Normalausrichtung (Bezugssystem des Sensorsystems entspricht nicht dem Bezugssystem des Menschen), so wird der gemessene Beschleunigungsvektor entsprechend der Ausrichtung des Beschleunigungssensors zerlegt. Diese Ausrichtung ist bei Ruhe des Sensors, d. h. unmittelbar vor dem Sturz, gleich der Richtung des Beschleunigungsvektors, der durch die Erdgravitation erzeugt wird, und kann daher aus den Messwerten des Beschleunigungssensors berechnet werden. Geschieht dies fortlaufend, ist jederzeit (vor einem Sturz) bekannt, wie der Beschleunigungssensor und damit das Sensorsystem in Bezug auf das Gravitationsfeld der Erde orientiert ist. Während durch die Einwirkung der Erdbeschleunigung die vertikale Beschleunigungsrichtung bei einem ruhenden Körper bestimmt werden kann, so kann bei unbekannter Sensororientierung die horizontale Hauptbewegungsrichtung nur als Betrag ermittelt werden.

[0056] Damit die Berechnung der Vertikalbeschleunigung – ohne a priori die Orientierung zu kennen – auf mobilen, hinsichtlich der Rechenleistung ressourcenschwachen Endgeräten möglich wird, kann durch ein geeignetes Berechnungsverfahren auf die Nutzung von geometrischen Berechnungen (Sinus, Cosinus, Tangens der beteiligten Winkel zwischen den Vektoren und Vektorkomponenten) verzichtet wer-

den. Dieses ist besonders für die Echtzeitfähigkeit auf mobilen Verarbeitungseinheiten von Vorteil.

[0057] Nach dem Axiom von Newton ist der Beschleunigungsvektor a eines Körpers proportional dem auf ihn einwirkenden Kraftvektor F . Es gilt:

$$F = m \times a,$$

wobei m die beschleunigte Masse ist. Für die Bewegung eines Sensors bzw. des Sensorsystems aus der Ruhelage gilt daher für die Wirkung der Gewichtskraft F_g auf Grund der Erdbeschleunigung g :

$$F_g^2 = (F_x - F_{x\text{Mittelwert}})^2 + (F_y - F_{y\text{Mittelwert}})^2 + (F_z - F_{z\text{Mittelwert}})^2$$

wobei F_x , F_y , F_z die Komponenten des Kraftvektor F_g in dem kartesischen Koordinatensystem x , y , z sind und wobei die Mittelwerte zeitliche Mittelwerte der Messwerte über einen in die Vergangenheit reichenden Zeitraum sind.

[0058] F_g ist direkt proportional zur Beschleunigung a und setzt sich aus Komponenten der Querschleunigung (senkrecht zum Gravitationsvektor) und der Vertikalbeschleunigung (in Richtung des Gravitationsvektors) zusammen. Es wird zunächst davon ausgegangen, dass die Erdgravitation sich gemäß der Orientierung des Körpers auf die Achsen x , y , z aufteilt. Es ergibt sich:

$$\text{konst} = g^2 = (a_{x\text{Mittelwert}})^2 + (a_{y\text{Mittelwert}})^2 + (a_{z\text{Mittelwert}})^2$$

[0059] Dabei sind $a_{x\text{Mittelwert}}$, $a_{y\text{Mittelwert}}$, $a_{z\text{Mittelwert}}$ die gemittelten (Mittelung der Messwerte über einen in die Vergangenheit reichenden Zeitraum) Beschleunigungswerte der jeweiligen Achsen im kartesischen Koordinatensystem x , y , z . Hierdurch ist vor dem Sturz bekannt, wie der Beschleunigungssensors bzw. das Sensorsystem im Raum (in Bezug auf die Erdgravitation) orientiert ist. Werden die Kräfte auf 1 g normiert, so entsprechen die gemittelten Beschleunigungskräfte der entsprechenden Achse den kartesischen Koordinaten eines mit 1 normierten Koordinatensystems. Die Lage L , d. h. der Positionsvektor mit den Komponenten (L_x , L_y , L_z) des Körpers bzw. Sensorsystems, kann daher wie folgt dargestellt werden:

$$L = ((a_{x\text{Mittelwert}}/1g), (a_{y\text{Mittelwert}}/1g), (a_{z\text{Mittelwert}}/1g))$$

[0060] Eine Vertikalbeschleunigung auf den Körper wirkt sich auf alle drei Messkomponenten des Sensors a_x , a_y , a_z entsprechend den vektoriellen Anteilen (bzw. Komponenten) aus. Diese vektoriellen Anteile sind bereits durch die Kräftezerlegung bekannt. Zur Berechnung der Vertikalbeschleunigung muss

daher nur die Gesamtbeschleunigung a_g des Sensors zu dem vektoriellen Anteil in Vertikalrichtung in Bezug gesetzt werden. Dieser Bezug kann einerseits aufwändig durch Triangulationen berechnet werden, oder durch Nutzung der Eigenschaft, dass der Betrag der Mittelwerte konst = $1(g)$ ist. Daher gilt für die vertikale Beschleunigung a_{vert} :

$$a_{\text{vert}} = [(a_x - a_{x\text{Mittelwert}}) \cdot (a_{x\text{Mittelwert}}/1g)] + [(a_y - a_{y\text{Mittelwert}}) \cdot (a_{y\text{Mittelwert}}/1g)] + [(a_z - a_{z\text{Mittelwert}}) \cdot (a_{z\text{Mittelwert}}/1g)]$$

[0061] Wird das Sensorsystem in vertikaler Richtung bewegt, so ist $a_{\text{vert}} = a_{g\text{es}}$, d. h. es wird eine vertikale Beschleunigung des Körpers gemessen. Wird der Körper horizontal bewegt, so ist $a_{\text{vert}} = 0$, d. h. es existiert keine vertikale Komponente der Beschleunigung.

[0062] Eine Sturzerkennung wird z. B. dadurch erreicht, dass die Auswertungseinrichtung die Sensorinformationen Luftdruck und Beschleunigung sowie optional weitere Messwerte anderer Sensoren (siehe oben) mittels Methoden der Mustererkennung analysiert und in Zustände (z. B. erfolgter Sturz, nicht erfolgter Sturz etc.) klassifiziert. Dabei werden relevante Merkmale hinsichtlich des Luftdrucks und dessen Luftdruckverlaufs extrahiert und ggf. mit anderen Sensorinformationen (u. a. Vertikalbeschleunigung) zeitlich korreliert.

[0063] Vorteilhafter Weise werden der dynamische, zeitliche Mittelwert (z. B. ein gleitender Mittelwert über einen jeweils vom Zeitpunkt des aktuellen Messwertes in die Vergangenheit reichenden Zeitraum konstanter Länge) der Druckwerte und dessen Anstieg genutzt. Der dynamische Mittelwert dient hierbei der Glättung (Tiefpassfilterung) des Signals und wird z. B. in Form einer exponentiellen Mittelung berechnet. Der geglättete Schätzwert des Luftdrucks pt_1 ergibt sich mit den frei wählbaren Mittelwertfaktoren a , b , mit $(a + b) = 1$, aus dem aktuellen Messwert des Luftdrucks pt und dem Schätzwert der Vorperiode $pt-1$ z. B. zu:

$$pt_1 = a \cdot pt - 1 + b \cdot pt$$

[0064] Es hat sich gezeigt, dass $a = 0,01$ und $b = 0,99$ zur Berechnung des Mittelwerts sinnvoll erscheinen. Mittels der Filterung der diskreten Luftdruckmesswerte können aus dem zeitlichen Luftdruckverlauf im Sturzverhalten Merkmale extrahiert werden.

[0065] Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der Luftdruckmesswerte bei einem Sturz zum Aufschlagszeitpunkt $t = 9,85\text{ s}$. Der Aufschlagszeitpunkt konnte durch hohe Beschleunigungswerte identifiziert werden. Man erkennt deutlich vor dem Aufschlagszeitpunkt den ansteigenden Luftdruckverlauf.

[0066] Durch die Berechnung der Varianzen des Luftdrucks ist es möglich, weitere Merkmale zu identifizieren, die eine Sturzerkennung ermöglichen. **Fig. 4** stellt die Varianz des Luftdrucks als Funktion der Zeit über den in **Fig. 3** dargestellten Zeitraum dar. Durch Auswertung der Varianzkurve ist es möglich, z. B. durch eine einfache Schwellwertentscheidung (Varianz übersteigt einen vorgegebenen Grenzwert) einen Sturz zu detektieren.

[0067] Werden die Luftdruckdaten mit einem in der Nähe befindlichen ortsfesten zweiten Luftdrucksensor abgeglichen, so können Störungen (beispielsweise atmosphärische Störungen), die auf beide Luftdrucksensoren wirken, aus dem Messsignal des am Körper getragenen Luftdrucksensors herausgerechnet werden oder auf andere Weise bei der Auswertung der Luftdruckmesswerte kompensiert werden. **Fig. 5** zeigt die klimatische Luftdruckänderung als Funktion der Zeit gemessen durch zwei verschiedene Luftdrucksensoren (z. B. dem am Körper der zu überwachenden Person getragenen Luftdrucksensor und einem ortsfesten Luftdrucksensor in der Umgebung der Person).

[0068] Durch die Filterung und Kompensation wird unter der Zielstellung, die Höhendifferenz zwischen den Orten der beiden Luftdrucksensoren zu messen, folgender Verlauf aufgenommen. Da sich in dem hier dargestellten Fall beide Luftdrucksensoren über den Messwertzeitraum in Ruhe befanden, stellt die Höhendifferenzänderung den durch Messung festgestellten Fehler dar. In **Fig. 6** liegt der Fehler im Bereich zwischen 0,2 und -0,25 m. Durch eine Korrelation (s. o.) mit den Messwerten anderer Sensoren, z. B. einem Beschleunigungssensor, der ebenfalls am Körper der Person getragen wird, kann der Fehler verringert werden. Wird die Differenz zwischen den Messwert der beiden Luftdrucksensoren zu groß oder werden z. B. durch Mustererkennung der zeitlichen Messkurven andere charakteristische Merkmale aus den beiden Druckverläufen ermittelt, so kann daraus eine Lageveränderung bzw. Sturz abgeleitet werden.

[0069] Die Merkmale Luftdruck, Luftdruckverlauf, Varianz sowie weitere Parameter werden mittels des in **Fig. 7** dargestellten Sturzerkennungssystems analysiert und klassifiziert. Die Rohdaten entsprechen den Sensordaten, die in der Vorverarbeitung entsprechend normiert und gefiltert werden. Die Musterextraktion generiert relevante Merkmale unter Berücksichtigung eines Merkmalsmodells, auf deren Basis eine Klassifikation den Zustand des Gesamtsystems bestimmt. Abhängig von den Ergebnissen des Sturzerkennungssystems kann das Modell verändert werden. Als relevante Zustände sind Normal, Fallend, Gestürzt u. a. zu nennen. Der Klassifikation steht ein Sturzmodell zur Verfügung, das diese Zustände enthält.

[0070] **Fig. 8** zeigt schematisch eine Befestigungseinrichtung **101**, z. B. einen Gürtel, den eine Person oberhalb der Hüfte oder auf Höhe der Hüfte tragen kann. An der Befestigungsvorrichtung **101** sind im Ausführungsbeispiel lediglich an zwei Stellen jeweils ein Luftdrucksensor **102**, **103** und eine Schutzeinrichtung **104**, **105** angeordnet, so dass die Ausrichtung (durch Pfeile angedeutet) zumindest der Luftdrucksensoren **102**, **103** relativ zu dem Körper etwa konstant bleibt, obwohl sich die Person bewegen kann.

[0071] Die Luftdrucksensoren **102**, **103** sind so ausgerichtet, dass sie den Staudruck, der bei einer Sturzbewegung in der ausgerichteten Richtung entsteht, oder bei einer ungefähr in dieser Richtung stattfindenden Sturzbewegung entsteht, messen können.

[0072] Z. B. sind die Luftdrucksensoren so angeordnet, dass beim Tragen des oben erwähnten Gürtels der rechts in **Fig. 8** dargestellte Luftdrucksensor **102** den Staudruck messen kann, der beim Sturz einer Person entsteht, wenn die Person auf ihre rechte Hüfte fällt. Dementsprechend ist der Luftdrucksensor **102** z. B. oberhalb der rechten Hüfte oder seitlich der rechten Hüfte angeordnet. Entsprechendes gilt für den Luftdrucksensor **103** und die linke Hüfte der Person.

[0073] An den Luftdrucksensoren **102**, **103** oder in deren Nähe ist jeweils eine Schutzeinrichtung zum Mindern der Wirkung eines Aufpralls angeordnet. Die beiden Schutzeinrichtungen **104**, **105** bilden Teile einer Gesamt-Schutzvorrichtung.

[0074] Wird durch Auswertung der Luftdruckmesswerte zumindest eines der Sensoren **102**, **103** ein Staudruck festgestellt, der einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, wird von einer Auswertungseinrichtung **110**, die z. B. die Auswertungseinrichtung **8** oder **12** (s. o.) sein kann und die über entsprechende Signalverbindungen (z. B. Funkverbindung oder Kabelverbindung) sowohl mit den Luftdrucksensoren als auch mit den Schutzeinrichtungen verbunden ist (wie durch unterbrochene Linien in **Fig. 8** dargestellt) entschieden, dass ein Sturz mit einem wahrscheinlich an dem zugeordneten Körperteil (z. B. rechte oder linke Hüftseite) stattfindenden Aufprall zu erwarten ist. Die Auswertungseinrichtung steuert in diesem Fall die entsprechende Schutzeinrichtung **104**, **105** so an, dass diese aktiviert wird. Z. B. wird ein Airbag expandiert. Dadurch dass die Schutzeinrichtung noch vor dem Aufprall aktiviert wird, werden die Wirkungen des Aufpralls gemindert oder beseitigt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- www.aktiv-sensor.de [0013]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feststellen eines Sturzes einer Person (1), wobei ein Messwert eines Luftdrucksensors (11), der an der Person (1) angeordnet ist, ausgewertet wird und ein Sturz festgestellt wird, wenn der Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt.

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zumindest ein Messwert des Luftdrucksensors (102, 103) ausgewertet wird und abhängig von dem Ergebnis der Auswertung entschieden wird, welcher Teil einer am Körper der Person angeordneten Schutzvorrichtung (104, 105) zur Minderung der Wirkungen eines Aufpralls aktiviert wird.

3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei Messwerte einer Mehrzahl von Luftdrucksensoren (102, 103) ausgewertet werden, die am Körper der Person (1) angeordnet sind, wobei die Luftdrucksensoren (102, 103) in unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sind, um einen durch einen Sturz der Person (1) entstehenden Staudruck zu messen, und wobei der Teil der Schutzvorrichtung (104, 105) oder die Teile der Schutzvorrichtung (104, 105) aktiviert werden, der/die einen Körperteil der Person schützt/schützen, von dem auf Grund des gemessenen Staudrucks erwartet wird, dass an dem Körperteil ein Aufprall stattfindet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vordefinierte Kriterium die Bedingung aufweist, dass der Messwert mindestens um einen vordefinierten Betrag größer ist als ein Vergleichswert.

5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Luftdrucksensor (11) ein erster Luftdrucksensor ist und wobei der Vergleichswert von einem zweiten Luftdrucksensor (6) gemessen wird, den die Person (1) an einem anderen Ort als den ersten Luftdrucksensor (11) trägt.

6. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei der Luftdrucksensor (11) ein erster Luftdrucksensor ist und wobei der Vergleichswert von einem weiteren Luftdrucksensor (9) gemessen wird, der in der Umgebung der Person (1) angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vordefinierte Kriterium die Bedingung aufweist, dass der Messwert in einem Zeitraum vordefinierter Länge um einen Betrag vordefinierter Größe ansteigt und/oder dass der Messwert mit einer vordefinierten Anstiegsrate ansteigt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vordefinierte Kriterium die Bedingung aufweist, dass der Messwert als Funktion

der Zeit einem vordefinierten Funktionsverlauf gleicht oder ähnlich ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei außerdem zumindest ein Beschleunigungs-Messwert eines Beschleunigungs-sensors, der an der Person (1) angeordnet ist, ausgewertet wird und ein Sturz nur dann festgestellt wird, wenn auch der Beschleunigungs-Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei Erkennung eines Sturzes automatisch eine Schutzmaßnahme zur Minderung der Wirkungen eines Aufpralls der Person (1) ausgelöst wird.

11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Schutzmaßnahme das Aufblasen eines Airbag aufweist, den die Person (1) am Körper trägt, insbesondere derart, dass die Hüfte der Person (1) vor einem harten Aufprall geschützt wird.

12. Anordnung zum Feststellen eines Sturzes einer Person (1), wobei die Anordnung aufweist:
– einen Luftdrucksensor (11),
– einer Auswertungseinrichtung (12), die ausgestaltet ist, einen Messwert des Luftdrucksensors (11) zu empfangen und einen Sturz festzustellen, wenn der Messwert ein vordefiniertes Kriterium erfüllt.

13. Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Luftdrucksensor (11) und die Auswertungseinrichtung (12) Teil einer gemeinsamen Einrichtung (4) sind, die ausgestaltet ist, von der Person (1) getragen zu werden.

14. Anordnung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung ausgestaltet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 auszuführen.

15. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung eine Schutzvorrichtung aufweist, die ausgestaltet ist, Teile des Körpers der Person vor den Wirkungen eines Aufpralls zu schützen, wobei die Schutzvorrichtung separate Teile und/oder Bereiche aufweist, die selektiv und unabhängig von dem oder den anderen Teilen der Schutzvorrichtung aktiviert werden können, und wobei die Anordnung derart ausgestaltet ist, dass abhängig von dem Auswertungsergebnis der Auswertung des Messwertes des zumindest einen Luftdrucksensors automatisch entschieden wird, welcher Teil der Schutzvorrichtung oder welche Teile der Schutzvorrichtung aktiviert werden.

16. Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei eine Mehrzahl von Luftdrucksensoren am Körper der Person (1) angeordnet sind oder an-

zuordnen sind, wobei die Luftdrucksensoren in unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sind, um einen durch einen Sturz der Person (1) entstehenden Staudruck zu messen und wobei die Anordnung ausgestaltet ist, den Teil der Schutzvorrichtung oder die Teile der Schutzvorrichtung zu aktivieren, der/die einen Körperteil schützt/schützen, von dem auf Grund des gemessenen Staudrucks erwartet wird, dass an dem Körperteil ein Aufprall stattfindet.

17. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung ferner eine Funk-Kommunikationseinrichtung (13) aufweist, die mit der Auswertungseinrichtung (12) verbunden ist und die ausgestaltet ist, ein vordefiniertes Kommunikationssignal zu senden, wenn die Auswertungseinrichtung (12) einen Sturz festgestellt hat.

18. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung einen zweiten Luftdrucksensor (9) aufweist, der ortsfest in einer Umgebung der zu überwachenden Person (1) angeordnet ist, und wobei die Auswertungseinrichtung (8; 12) ausgestaltet ist, einen Sturz durch Vergleich von Messwerten des ersten Luftdrucksensors (11) und des zweiten Luftdrucksensors (9) festzustellen.

19. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung einen Beschleunigungssensor aufweist und wobei die Auswertungseinrichtung (8; 12) ausgestaltet ist, einen Sturz abhängig von Signalen des Beschleunigungssensors festzustellen.

20. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anordnung eine Steuereinrichtung (12) aufweist, die ausgestaltet ist, bei Feststellung eines Sturzes eine Aktion auszulösen, insbesondere das Aufblasen eines Airbags und/oder die Aussendung eines Notrufs auszulösen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

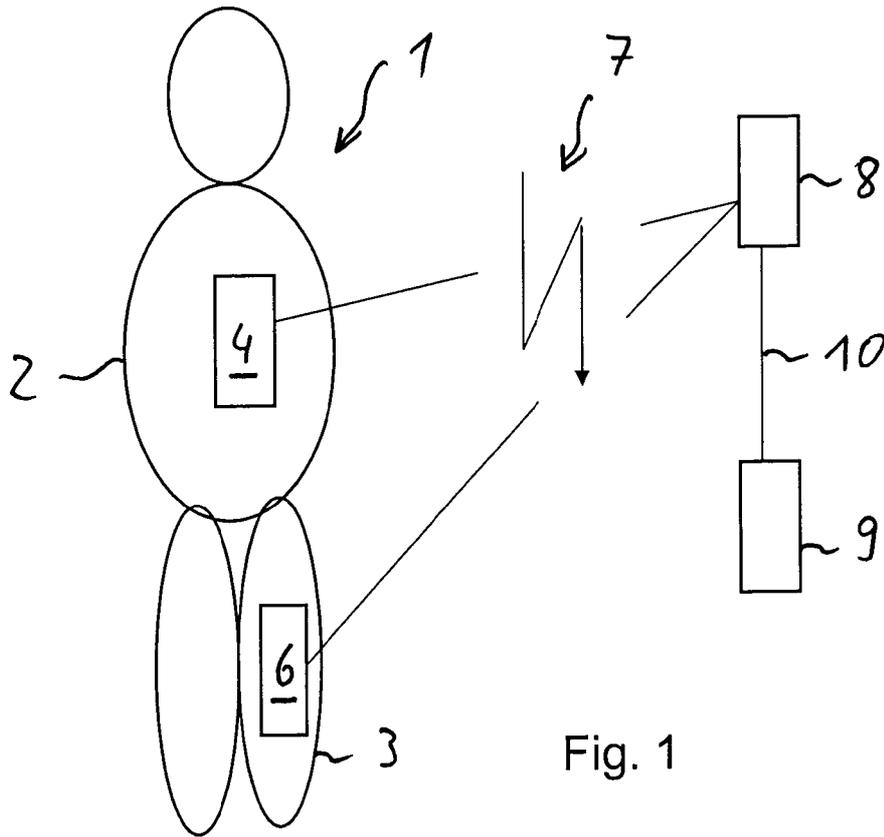


Fig. 1

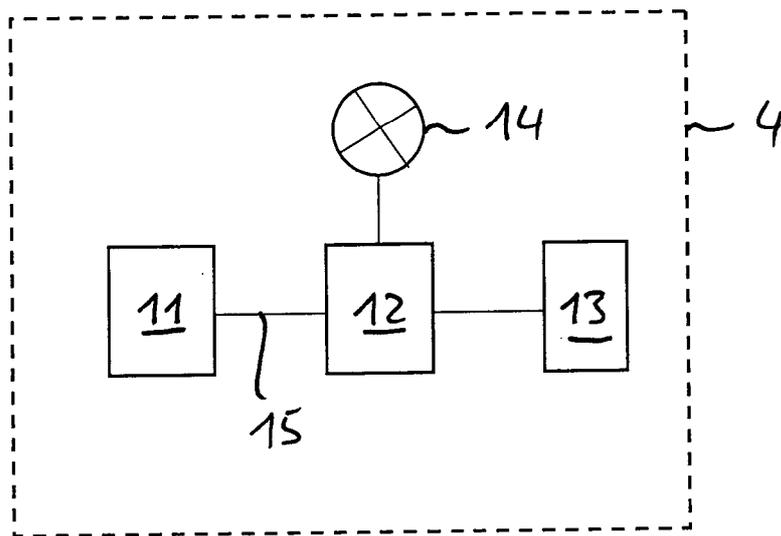


Fig. 2

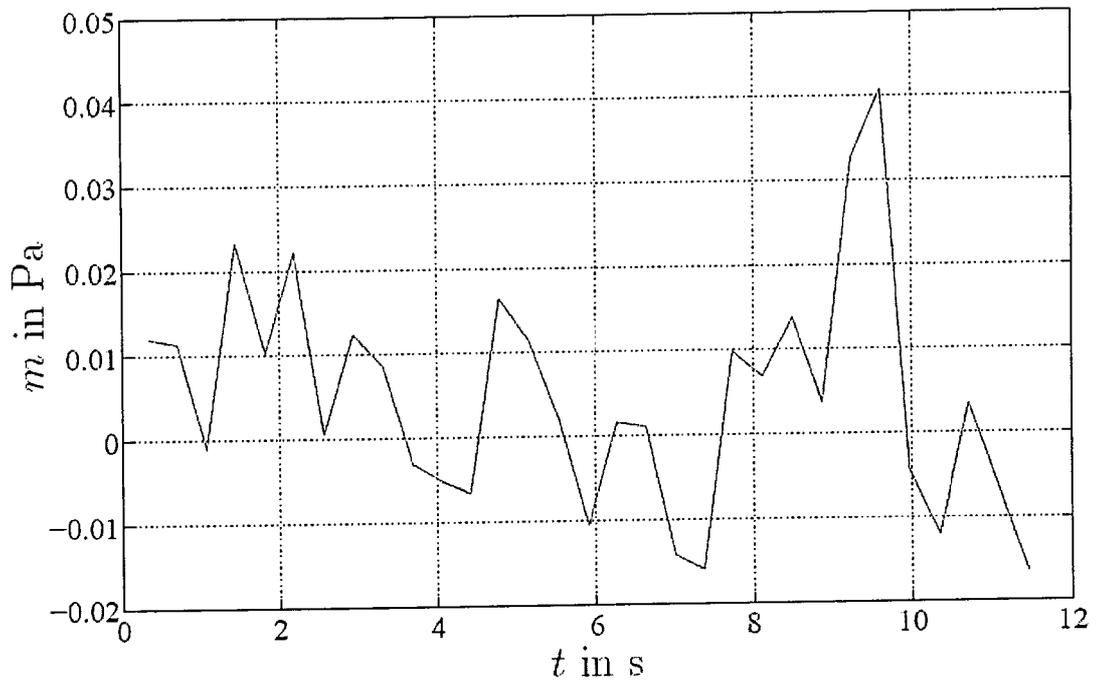


Fig. 3

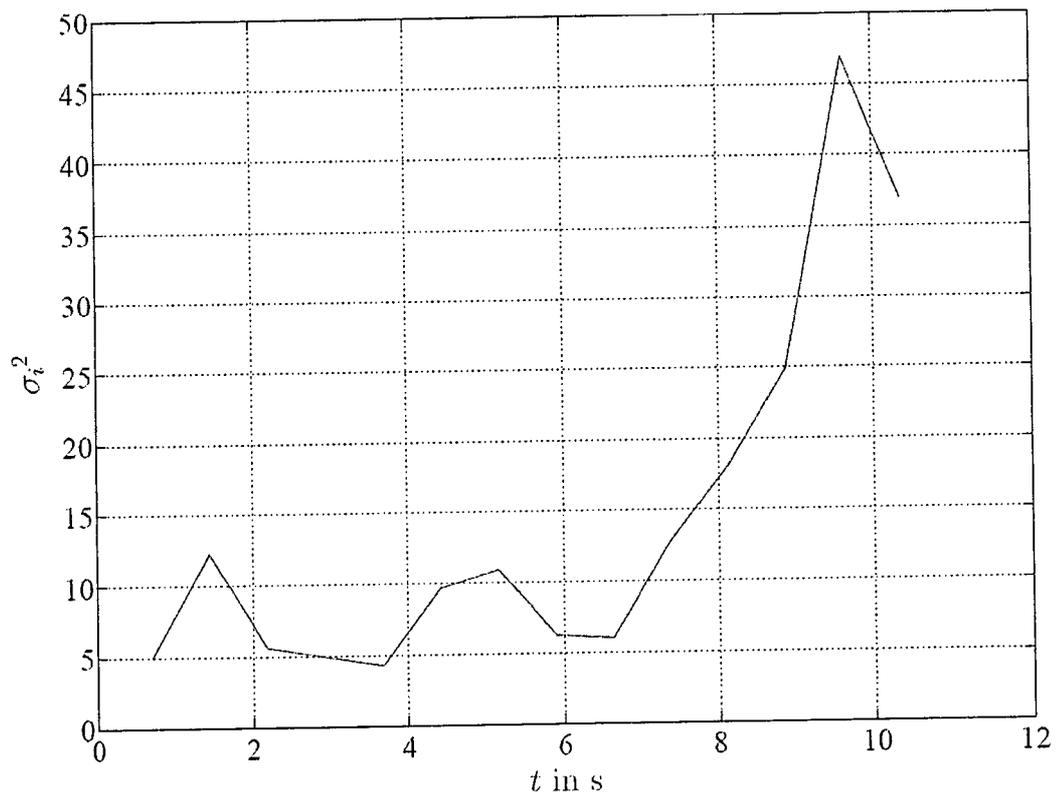


Fig. 4

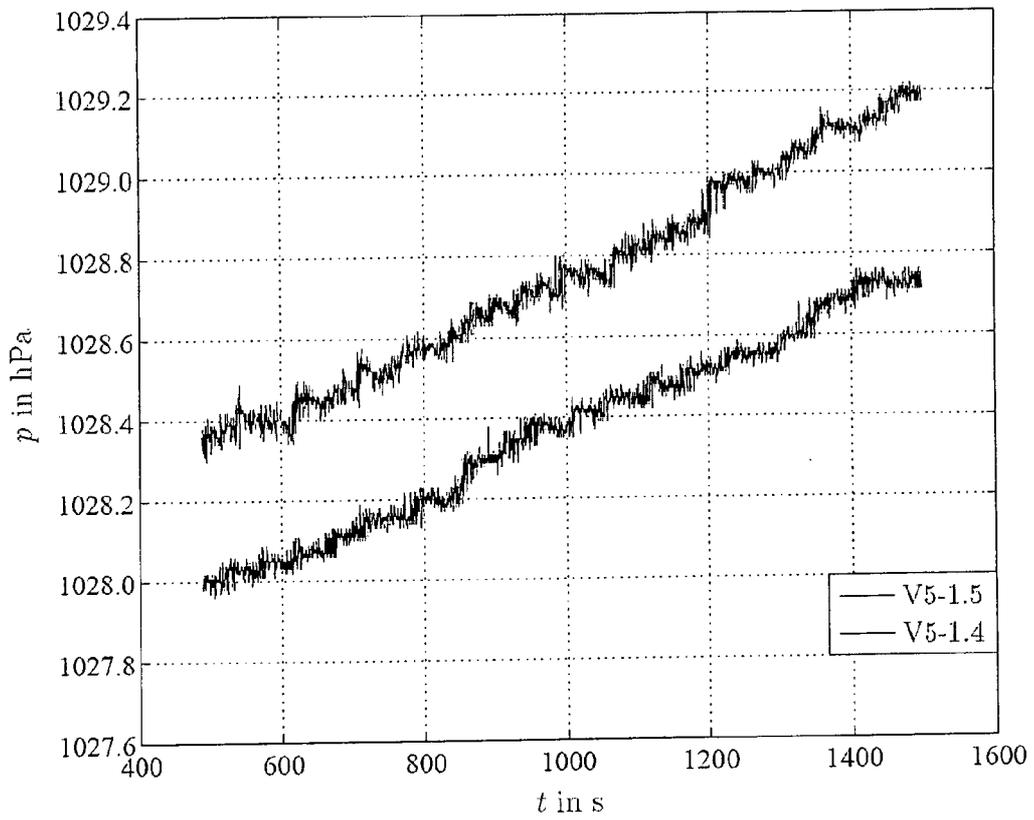


Fig. 5

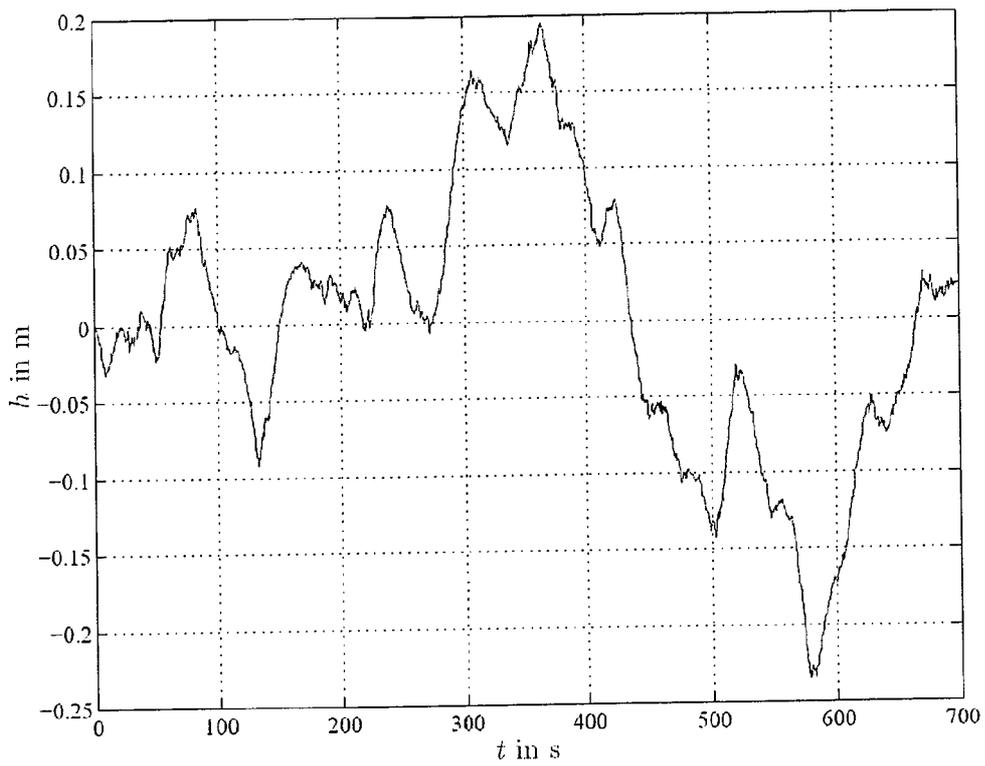


Fig. 6

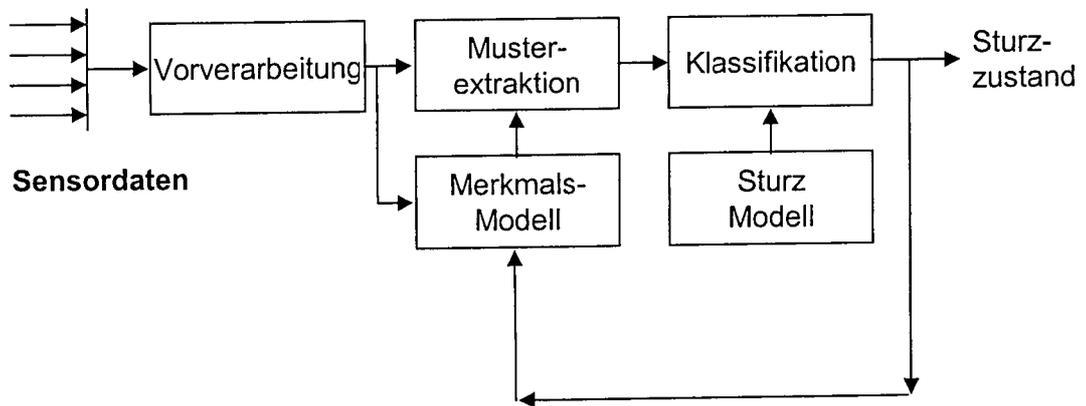


Fig. 7

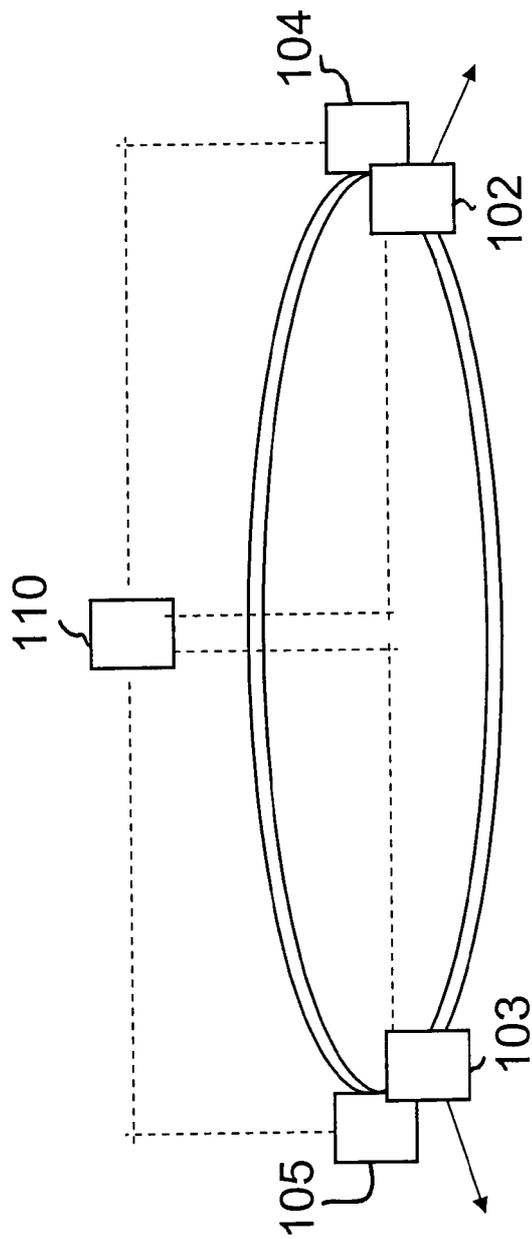


Fig. 8