



(10) **DE 10 2012 221 222 A1** 2014.05.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 221 222.1**

(22) Anmeldetag: **20.11.2012**

(43) Offenlegungstag: **22.05.2014**

(51) Int Cl.: **G01P 15/18 (2013.01)**

A61B 5/11 (2006.01)

A61B 5/145 (2006.01)

(71) Anmelder:
Universität Rostock, 18055, Rostock, DE

(74) Vertreter:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179, Berlin, DE**

(72) Erfinder:
**Salomon, Ralf, Prof. Dr., 18119, Rostock, DE;
Warmuth, Ralf, Dipl.-Ing., 18209, Bad Doberan,
DE; Hinkfoth, Matthias, Dipl.-Ing., 18059, Rostock,
DE; Lüder, Marian, Dipl.-Ing., 18055, Rostock, DE;
Bieber, Gerald, Dipl.-Ing., 18059, Papendorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2004 / 0 102 931 A1

US 2010 / 0 210 975 A1

US 2012 / 0 226 472 A1

WO 2012/ 112 561 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

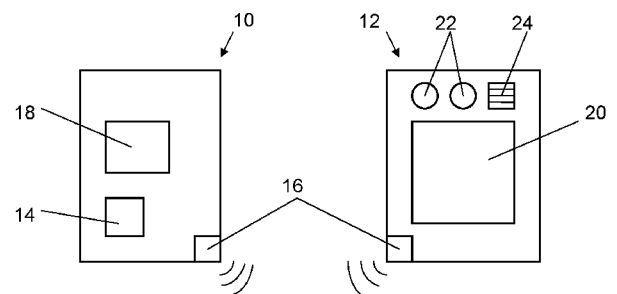
(54) Bezeichnung: **Elektronische Vorrichtung zum Analysieren von Bewegungen**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine elektronische Vorrichtung zum Analysieren von Bewegungen beschrieben, welche von einem Benutzer an seinem Körper und/oder an seiner Bekleidung und/oder in seiner Bekleidung tragbar ist. Die elektronische Vorrichtung umfasst

– eine Auswerteeinheit (10) mit wenigstens einem Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen (14), wobei die Auswerteeinheit (10) dazu ausgebildet ist zu entscheiden, ob die gemessenen Beschleunigungen einer vordefinierten Bewegung entsprechen und

– eine Ausgabeeinheit (12) zur Ausgabe von Informationen basierend auf den gemessenen Beschleunigungen.

Ferner wird ein System zur Analyse von Bewegungen, umfassend eine Mehrzahl elektronischer Vorrichtungen beschrieben.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektronische Vorrichtung zum Analysieren von Bewegungen, welche von einem Benutzer an seinem Körper und/oder an seiner Bekleidung und/oder in seiner Bekleidung tragbar ist.

[0002] In der heutigen Zeit ist zu beobachten, dass immer mehr Kinder nicht Schwimmen lernen. Dieser Trend führt zu einer zunehmenden Zahl von Nichtschwimmern und damit einhergehend zu einer steigenden Zahl von Badeunfällen.

[0003] Um die Schwimmfähigkeiten eines Kindes objektiv festzustellen, eignen sich Schwimmtests. Für Schwimmanfänger im Kinder- oder Jugendalter hat sich beispielsweise das Frühschwimmer Schwimmabzeichen – umgangssprachlich Seepferdchen genannt – etabliert. Die Anforderungen hierfür sind einerseits ein Sprung von einem Beckenrand woraufhin eine Distanz von 25 m in einem beliebigen Schwimmstil durchschwommen werden muss, sowie das Hochtuchen eines Gegenstandes aus schulertiefem Wasser.

[0004] Des Weiteren haben sich in Deutschland der Deutsche Jugendschwimmpass, der Deutsche Schwimmpass, sowie der Deutsche Leistungsschwimmpass jeweils in Bronze, Silber und Gold etabliert. Unter anderem wird für manche Abzeichen verlangt, Distanzen innerhalb einer festgelegten Zeit und unter Anwendung unterschiedlicher Schwimmstile zu durchschwimmen, Strecken zu durchtauchen, sowie Sprünge kopf- und fußwärts durchzuführen.

[0005] Eine Überprüfung solcher Zielvorgaben erfolgt nach dem Stand der Technik manuell durch einen Beobachter – bei Kindern in der Regel durch eine Aufsichtsperson.

[0006] Auch für zahlreiche weitere Bewegungsüberprüfungen werden bislang Personen eingesetzt. Zu nennen ist dabei z. B. eine Beaufsichtigung von Kindern, sowie kranken oder behinderten Personen. Insbesondere wenn eine Aufsichtsperson mehrere Personen gleichzeitig beaufsichtigen muss, kann es zu Fehlern kommen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bewegungsüberprüfung auch ohne ein ständiges Beobachten durch eine Aufsichtsperson zu ermöglichen.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine elektronische Vorrichtung zum Analysieren von Bewegungen, welche von einem Benutzer an seinem Körper und/oder an seiner Bekleidung und/oder in seiner Bekleidung tragbar ist, gelöst. Die elektronische Vorrichtung umfasst eine Auswerteeinheit mit

wenigstens einem Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen, wobei die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist zu entscheiden, ob die gemessenen Beschleunigungen einer vordefinierten Bewegung entsprechen. Ferner umfasst die elektronische Vorrichtung eine Ausgabeeinheit zur Ausgabe von Informationen basierend auf den gemessenen Beschleunigungen.

[0009] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, eine elektronische Vorrichtung zu schaffen, welche klein und leicht genug ist, um von einem Benutzer körpernah getragen zu werden und um dabei dessen Bewegungen zu analysieren. Der Benutzer selbst oder auch eine Aufsichtsperson kann infolge mittels der Ausgabeeinheit Rückschlüsse auf getätigte Bewegungen ziehen.

[0010] Das wenigstens eine Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen ist vorzugsweise ein 3-Achs Beschleunigungssensor (3D-Beschleunigungssensor) oder es umfasst drei Beschleunigungssensoren, welche orthogonal zueinander angeordnet sind, sodass sie Beschleunigungen in Richtung aller drei translatorischen Freiheitsgrade bestimmen können. Das wenigstens eine Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen ist typischerweise dazu ausgebildet, Beschleunigungsvektoren mit drei Beschleunigungskomponenten jeweils unterschiedlicher Raumrichtungen (x, y, z) zu unterschiedlichen Zeitpunkten (t - 1, t) zu bestimmen. Unter dem Begriff „Messen“ wird neben einem direkten Messen auch ein indirektes Messen, gegebenenfalls umfassend Umrechnungsschritte verstanden.

[0011] Vorzugsweise ist das wenigstens eine Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen ein Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen und rotatorischen Beschleunigungen um drei orthogonale Raumachsen, oder die Auswerteeinheit umfasst wenigstens ein Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen um drei orthogonale Raumachsen. Insbesondere ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, zu entscheiden, ob die gemessenen Beschleunigungen (translatorisch und/oder rotatorisch) und/oder Winkeländerungen der vordefinierten Bewegung entsprechen.

[0012] Das wenigstens eine Mittel zum Messen von rotatorischen Beschleunigungen um drei orthogonale Raumachsen ist vorzugsweise ein 3-Achs Drehratensensor (3D-Drehratensensor) oder es umfasst drei Drehratensensoren, welche derart orthogonal zueinander angeordnet sind, dass sie Winkelbeschleunigungen um drei orthogonale Achsen bestimmen können. Dadurch wird es ermöglicht, eine Ortsänderung

des Benutzers im dreidimensionalen Raum nachzuvollziehen. Unter dem Begriff „Messen“ wird auch ein indirektes Messen, gegebenenfalls umfassend Umrechnungsschritte verstanden.

[0013] Generell sind die Mittel zum Messen von translatorischen und/oder rotatorischen Beschleunigungen oder auch noch zusätzliche weitere Mittel zum Messen (bzw. Sensoren) bevorzugt an vorbestimmten Stellen des Körpers des Benutzers anbringbar. Insbesondere kann die Vorrichtung eine Vielzahl der jeweiligen vorgenannten Mittel und Sensoren umfassen. Somit kann man Beschleunigungen (oder andere Parameter) an verschiedenen Körperteilen und/oder Körperstellen aufnehmen. Die so gewonnenen Daten werden in Folge von der Auswerteeinheit zusammengeführt. Dadurch wird eine bessere und komplexere Auswertung ermöglicht. Insbesondere durch die Verwendung mehrerer (Beschleunigungs-)Sensoren ist die Vorrichtung für eine Kontrolle und Optimierung von Bewegungsabläufen einsetzbar. Dazu zählen beispielsweise die Optimierung eines Kugel- oder Speerwurfs, der Schwung beim Golf und vor allem ein selbstständiges Training im Bereich der Physiotherapie und der medizinischen Rehabilitation. Wenn gemessene Beschleunigungen zu sehr von vordefinierten Bewegung abweichen, kann die Ausgabeeinheit Informationen ausgeben, um den Benutzer über die Abweichung zu informieren.

[0014] Durch die gleichzeitige Bestimmung von zumindest drei orthogonalen Beschleunigungen über der Zeit können mittels geeigneter Algorithmen Bewegungen analysiert werden. Dies geschieht vorzugsweise durch einen Vergleich der gemessenen Beschleunigungen oder deren charakteristischen Merkmalen mit wenigstens einem bekannten Beschleunigungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen einer vordefinierten Bewegung, welche vorzugsweise in der Auswerteeinheit hinterlegt sind. So ist es möglich, eine vordefinierte Bewegung von einer anderen, beliebigen Bewegungen zu unterscheiden.

[0015] Insbesondere ist die vordefinierte Bewegung eine (einzelne) vordefinierte Bewegung einer Auswahl von mehreren (unterschiedlichen), vordefinierten Bewegungen, und die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, zu entscheiden, ob die gemessenen Beschleunigungen einer der vordefinierten Bewegungen der Auswahl entsprechen. So ist es möglich, eine gemessene Beschleunigung einer bestimmten vordefinierten Bewegung unter mehreren, vordefinierten Bewegungen zuzuordnen.

[0016] Die Auswerteeinheit umfasst üblicherweise eine Berechnungseinheit, z. B. einen Prozessor, welche dazu eingerichtet ist, die gemessenen Beschleunigungen in geeigneter Weise aufzubereiten und/

oder zu verarbeiten. Zudem ist bevorzugt vorgesehen, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, die gemessenen Beschleunigungen und/oder daraus ermittelte Werte zu speichern.

[0017] Die Ausgabeeinheit ist typischerweise dazu eingerichtet, Informationen, insbesondere aktuelle (momentane) Informationen optisch, akustisch und/oder mittels Vibrationen dem Benutzer und/oder seiner Umwelt mitzuteilen. Zur Ausgabe von Informationen auf optischem Wege, eignen sich vorzugsweise Leuchtdioden (LEDs) und/oder eine Flüssigkristallanzeige (LCD).

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Auswerteeinheit und die Ausgabeeinheit von einander getrennte oder trennbar miteinander verbundene Einheiten. Insbesondere umfassen die Ausgabeeinheit und die Auswerteeinheit eine kabellose (drahtlose) Kommunikationsschnittstelle, mittels welcher Daten von der Auswerteeinheit an die Ausgabeeinheit übertragbar sind. Die Ausgabeeinheit und die Auswerteeinheit stellen somit baulich voneinander getrennte oder miteinander verbundene und baulich trennbare Einheiten dar. Dies ermöglicht eine Anbringung der Ausgabeeinheit unabhängig von der Auswerteeinheit. Dadurch kann die Auswerteeinheit an einem Ort angeordnet sein, an welchem die besten Messergebnisse zu erwarten sind, während die Ausgabeeinheit dort angeordnet sein kann, wo sie z. B. gut sichtbar ist. Der Ansatz eines Gerätes mit einer (privaten) Anzeige, also einer Anzeige für den Benutzer kann somit umgedreht werden. Die Ausgabevorrichtung kann so intendiert sein, dass sie der Umgebung des Benutzers Auskunft über einen aktuellen Zustand gibt. Dies kann mittels der Ausgabevorrichtung z. B. allgemein sichtbar oder hörbar erfolgen.

[0019] Vorzugsweise ist die kabellose Kommunikationsschnittstelle eine Bluetooth oder ZigBee Schnittstelle. Ferner bevorzugt ist die kabellose Kommunikationsschnittstelle eine Schallschnittstelle, welche insbesondere zur Kommunikation mittels Ultraschall ausgebildet ist.

[0020] Bevorzugt ist die kabellose Kommunikationsschnittstelle für eine verschlüsselte und/oder digital signierte Kommunikation eingerichtet. Dies verhindert das Auftreten von „Fehlalarmen“.

[0021] Um eine sichere Verbindung zwischen der Vorrichtung und dem Benutzer zu gewährleisten, ist die Vorrichtung z. B. mittels eines Befestigungselementes an dem Benutzer oder dessen Bekleidung (z.B. Schwimmbekleidung) befestigbar ausgeführt. Insbesondere ist eine Befestigung anliegend am Rumpf, insbesondere im Hüftbereich des Benutzers geeignet und vorgesehen. Als Befestigungselement zur Befestigung an der Schwimmbekleidung eignet sich insbesondere ein Clip oder eine korrosi-

onsfreie Steckverbindung, zum Beispiel ähnlich einer Ohringverbindung. Zur Befestigung der Vorrichtung am Benutzer selbst eignen sich insbesondere elastische Bänder oder Gürtel, beispielsweise mit Klettverschluss.

[0022] Um den Benutzer in seinen Bewegungen nicht zu behindern, beträgt die Masse der Vorrichtung ohne Befestigungselement bevorzugt weniger als 0,25 kg, ferner bevorzugt weniger als 0,1 kg, insbesondere bevorzugt weniger als 0,05 kg. Ferner bevorzugt beträgt die größte räumliche Ausdehnung der Vorrichtung ohne Befestigungselement weniger als 20 cm, ferner bevorzugt weniger als 10 cm, insbesondere bevorzugt weniger als 5 cm.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Auswerteeinheit dazu eingerichtet, unter Wasser betrieben zu werden. Dadurch werden Beschleunigungsmessungen unter Wasser möglich.

[0024] Vorzugsweise ist die vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung. Die Auswerteeinheit ist somit dazu ausgebildet, eine Schwimmbewegung von einer anderen Bewegung zu unterscheiden. Dadurch kann beispielsweise festgestellt werden, ob eine zurückgelegte Distanz schwimmend oder gehend bewältigt wurde.

[0025] Vorzugsweise ist die vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung und die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, eine Schwimmgeschwindigkeit des Benutzers zu bestimmen. Insbesondere ist die Ausgabeeinheit dazu ausgebildet, dem Benutzer die Schwimmgeschwindigkeit während des Schwimmens zu signalisieren. Somit kann mittels der elektronischen Vorrichtung eine Tachometerfunktion beim Schwimmen realisiert werden. Die Ausgabeeinheit kann die Schwimmgeschwindigkeit beispielsweise visualisieren, akustisch wiedergeben oder per Vibration darstellen.

[0026] Insbesondere bevorzugt ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet eine geschwommene Distanz auszuwerten. Stellt die Auswerteeinheit fest, dass sich der Benutzer schwimmend fortbewegt, so kann die Auswerteeinheit anhand der gemessenen Beschleunigungen die geschwommene Distanz bestimmen.

[0027] Vorzugsweise umfasst die Auswerteeinheit ein Mittel zum Messen von rotatorischen Beschleunigungen um drei orthogonale Raumachsen und/oder Magnetfeldsensoren und ist dazu ausgebildet, Pfade des Benutzers während einer Schwimmbewegung zu bestimmen. Ferner bevorzugt ist die Ausgabeeinheit dazu ausgebildet, die Pfade grafisch darzustellen.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Vorrichtung zudem dazu ausgebildet, verschie-

dene Schwimmstile voneinander zu unterscheiden. Vorzugsweise wird dies ermöglicht, indem die vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung unter einer Auswahl von mehreren, unterschiedlichen Schwimmbewegungen ist. Die mehreren, unterschiedlichen Schwimmbewegungen entsprechen unterschiedlichen Schwimmstilen.

[0029] Vorzugsweise ist die vordefinierte Bewegung ein einzelner Schwimmzug. Bevorzugt ist die Vorrichtung dazu ausgebildet eine Anzahl von Schwimmzügen zu bestimmen. Überdies ist die Auswerteeinheit bevorzugt dazu ausgebildet, eine Schwimmdauer und/oder eine Schwimmzugdauer zu bestimmen. Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet eine Anzahl von Schwimmzügen pro Zeiteinheit zu bestimmen.

[0030] Ferner bevorzugt ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, eine Anzahl geschwommener Bahnen zu bestimmen. Dies ist insbesondere durch einen charakteristischen Beschleunigungsverlauf bei einer Wendebewegung an einem Bahn-Ende möglich.

[0031] Des Weiteren ist die Auswerteeinheit bevorzugt dazu ausgebildet, eine geschwommene Distanz zu bestimmen. Dies erfolgt insbesondere mittels der Anzahl geschwommener Bahnen bei einer bekannten Bahnlänge.

[0032] Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, eine zurückgelegte Distanz pro Schwimmzug zu bestimmen. Dies ist insbesondere mittels der Anzahl geschwommener Bahnen bei einer bekannten Bahnlänge, und einer bekannten Anzahl an Schwimmzügen möglich.

[0033] Die Auswerteeinheit ist bevorzugt dazu ausgebildet, eine Schwimmgeschwindigkeit zu bestimmen. Dies ist insbesondere mittels der Anzahl geschwommener Bahnen bei einer bekannten Bahnlänge und einer bekannten Schwimmzeit möglich. Alternativ ist dies auch bei einer bekannten Schwimmzugdauer (Zeit pro Schwimmzug), einer bekannten Anzahl an Schwimmzügen pro Bahn und einer bekannten Bahnlänge leicht möglich.

[0034] Bevorzugt ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, eine Tauchbewegung zu erkennen und ferner bevorzugt eine getauchte Tiefe auszuwerten. Vorzugsweise wird dies ermöglicht, indem die vordefinierte Bewegung eine Tauchbewegung ist. Zum Erfassen der getauchten Tiefe umfasst die Auswerteeinheit bevorzugt einen Drucksensor. Des Weiteren bevorzugt kann die Auswerteeinheit dazu ausgebildet sein, eine durchtauchte horizontale Strecke auszuwerten.

[0035] Bevorzugt ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, einen Sprung ins Wasser zu erkennen. Vor-

zugsweise wird dies ermöglicht, indem die vordefinierte Bewegung wenigstens ein zeitlicher Teilbereich einer Bewegung entsprechend einem Sprung ins Wasser ist. Insbesondere ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, zu erkennen, ob der Sprung kopf- oder fußwärts durchgeführt wird. Vorzugsweise wird dies ermöglicht, indem die vordefinierte Bewegung wenigstens ein zeitlicher Teilbereich einer Bewegung entsprechend einem kopf- oder fußwärtigen Sprung ins Wasser ist. Zudem ist die Auswerteeinheit insbesondere dazu ausgebildet, eine Höhendifferenz zwischen einem Absprungniveau und einer Wasseroberfläche auszuwerten.

[0036] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, ein Erreichen einer Zielvorgabe zu erkennen.

[0037] Ist die Auswerteeinheit zur Analyse von Schwimmbewegungen eingerichtet, kann die Zielvorgabe beispielsweise eine vorgegebene geschwommene Distanz, eine getauchte Tiefe, eine durchtauchte horizontale Strecke und/oder eine gesprungene Höhendifferenz sein. Die Zielvorgabe ist beispielsweise erreicht, wenn die vor Schwimmbeginn festgelegte Distanz zurückgelegt wurde und/oder die vor Schwimmbeginn festgelegte zu erreichende maximale Tiefe getaucht wurde. Weitere Zielvorgaben können das Durchschwimmen von Distanzen innerhalb einer festgelegten Zeit, das Schwimmen in unterschiedlichen Schwimmstilen und/oder das Durchtauchen einer bestimmten Strecke sein. Ferner bevorzugt können Zielvorgaben für Sprunghöhen definiert werden, beispielsweise abhängig davon, ob der Sprung kopf- oder fußwärts durchgeführt wurde.

[0038] Die Zielvorgaben sind bevorzugt frei programmierbar. Zur Eingabe der Zielvorgaben können beispielsweise Knöpfe an der Vorrichtung oder ein Computer, welcher bevorzugt mit der Vorrichtung verbindbar ist, genutzt werden.

[0039] Wurde mindestens eine Zielvorgabe erreicht, so bestätigt dies die Vorrichtung typischerweise mittels der Ausgabeeinrichtung. Beispielsweise kann bei Erreichen jeder individuellen Zielvorgabe ein anderes Signal erzeugt werden, oder das Signal erst nach Erreichen aller Zielvorgaben erzeugt werden.

[0040] Besonders bei Rückenschwimmern liegt das Problem vor, dass diese oftmals die Beckenwand nicht rechtzeitig sehen und deshalb Gefahr laufen, mit dem Kopf dagegen zu stoßen.

[0041] Bevorzugt ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, vor Erreichen einer Zielvorgabe Informationen mittels der Ausgabeeinheit auszugeben, wobei die Informationen ein bevorstehendes Erreichen der Zielvorgabe betreffen. Insbesondere ist die Zielvorgabe ein Zurücklegen einer Distanz entsprechend einer

Bahnlänge – mit anderen Worten ein Erreichen eines Beckenendes. Somit wird durch das Ausgeben der Information bei dem bevorstehenden Erreichen der Zielvorgabe eine Vorhersage und Warnung vor einer Kollision mit dem Beckenrand ermöglicht. Dies erfolgt insbesondere durch Bestimmen einer Differenz durch Subtrahieren einer geschwommenen Distanz von der Beckenlänge und Überprüfen ob die Differenz kleiner einem Schwellenwert ist. Wenn die Differenz kleiner dem Schwellenwert ist, erfolgt ein Ausgeben von Informationen (Warnhinweisen). Dies ermöglicht beispielsweise Rückenschwimmern nicht mit dem Kopf an die Seitenwand zu stoßen.

[0042] Das Ausgeben von Informationen, welche ein bevorstehendes Erreichen der Zielvorgabe betreffen, ermöglicht Schwimmern auch einen aktuellen Vergleich zu Vorgabeschwimmzeiten zu erhalten. Bevorzugt ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, vor Erreichen einer Zielvorgabe Informationen mittels der Ausgabeeinheit auszugeben, wobei die Informationen auf momentanen Werten und daraus zum Zeitpunkt des Erreichens der Zielvorgabe erwarteten Werten basieren. So kann die Zielvorgabe beispielsweise eine Vorgabeschwimmzeit sein, also eine Zeit, in welcher eine vordefinierte Distanz schwimmend zurückgelegt werden soll. Bereits vor Erreichen dieser Zeit, kann mittels den momentanen Werten, also einer bereits zurückgelegten Distanz und einer dafür bereits benötigten Zeit vorhergesagt werden, ob mit der bisherigen Durchschnittsgeschwindigkeit die Vorgabezeit erreicht werden kann.

[0043] Die Informationen werden insbesondere in Form eines Blinklichts, Warntons oder Vibrationen ausgegeben.

[0044] Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, vor einer möglichen, bevorstehenden Kollision mit der Beckenwand Warnhinweise auszugeben. Eine mögliche Kollision kann beispielsweise aus der geschwommenen Distanz und einer Beckenlänge vorhergesagt werden.

[0045] Vorzugsweise ist die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, mittels der gemessenen Beschleunigungen eine Blutzuckerspiegelveränderung und insbesondere einen Blutzuckerspiegel des Benutzers abzuschätzen und ferner bevorzugt dazu ausgebildet, bei einem Überschreiten einer Veränderungsgeschwindigkeit (Blutzuckerspiegelveränderungsgeschwindigkeit) oder bei einem Unterschreiten eines Grenzwertes des Blutzuckerspiegels Warnhinweise (zur Alarmierung) auszugeben. Dadurch kann die elektronische Vorrichtung z. B. im Bereich Diabetes zur Anwendung kommen. Das Abschätzen des Blutzuckerspiegels erfolgt dabei basierend auf den gemessenen Beschleunigungen (also Aktivitätswerten), vorbestimmten Erfahrungswerten und ausgehend von Anfangsdaten. Mittels der gemessenen Be-

schleunigungen können Rückschlüsse auf die Summe der Bewegungen des Benutzers getroffen werden. Die Anfangsdaten umfassen typischerweise Daten einer letzten Messung des Blutzuckerwertes und/oder einer letzten Insulingabe. Insbesondere umfassen die Anfangsdaten einen Blutzuckerwert der letzten Messung, eine Dosis der letzten Insulingabe und/oder Daten des Benutzers, wie z. B. sein Körpergewicht.

[0046] Bevorzugt können durch ein fortlaufendes Vergleichen von, von der Vorrichtung bestimmten oder abgeschätzten Parametern (beispielsweise dem Blutzuckerspiegel) mit einem, bei der nächsten Messung (z. B. Blutzuckerspiegelmessung) ermittelten tatsächlichen Wert einzelne Einflussfaktoren, die für die Berechnung der Parameter bestimmend sind, über die Zeit an den jeweiligen Benutzer angepasst werden. Somit ist es möglich, personenspezifisch die Körperaktivität richtig zu klassifizieren und personenspezifisch korrekt in weiterführende Berechnungen einfließen zu lassen.

[0047] Es ist bekannt, dass der Blutzuckerspiegel stark von einer aktuellen körperlichen Aktivität abhängig ist. Deshalb ist es für einen Diabetiker üblich, vor einer körperlichen Aktivität (z. B. Sport) Kohlenhydrate aufzunehmen, damit der Blutzuckerspiegel während der Aktivität nicht zu stark sinkt. Werden keine Kohlenhydrate bei körperlicher Aktivität eingenommen, sinkt der Blutzuckerspiegel. Ausgehend von einem zuletzt gemessenen Blutzuckerwert und gegebenenfalls weiteren Anfangsdaten kann die Vorrichtung den Nutzer informieren, wenn durch die körperliche Aktivität die Gefahr besteht, dass der Blutzuckerspiegel unter eine vorgegebene Grenze fällt.

[0048] Gerade bei kleinen Kindern, beispielsweise im Kindergarten kann das Personal nicht jedes einzelne Kind genau genug beobachten, um den Blutzuckerspiegel jedes einzelnen Kindes abschätzen zu können. Die Auswerteeinheit kann jedoch eine kindliche Aktivität in Form von Beschleunigungen messen und z. B. nach einer vorangegangenen Trainingsphase daraus einen resultierenden Blutzuckerspiegel oder ein Bewegungsmangel des Kindes abschätzen. Bei Erreichen eines Grenzwertes (also einer vorher definierten unteren Schwelle), der einer Unterzuckerung oder einem zu hohen Bewegungsmangel entspricht, kann die Ausgabeeinheit, z. B. farblich codiert die Nähe zu dieser Schwelle anzeigen. Diese Ausführungsform beschränkt sich nicht auf Insulin, sondern kann auch allgemein angewendet werden.

[0049] Bevorzugt ist die vordefinierte Bewegung ein Zittern des Benutzers und die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, mittels der gemessenen Beschleunigungen Parameter des Zitterns des Benutzers zu bestimmen, wobei die Parameter insbesondere eine Frequenz, Amplitude, Intensität, Länge, Kurven-

form und/oder eine zeitliche Folge einer Kräftezerlegung der einwirkenden Erdgravitation bei einer Verdrehung des Zitterns umfassen. Mit dem Erkennen des Zitterns können Rückschlüsse hinsichtlich eines Frierens des Benutzers getätigt werden. Besonders kleine Kinder frieren auf Grund ihrer relativ geringen Körpermasse in kühlem Wasser leicht. Eine Messung einer Wassertemperatur wäre zwar ein Hilfsmittel. Trotz Zittern und blauen Lippen empfinden die Kinder subjektiv aber nicht, dass ihnen kalt ist. Die Auswerteeinheit ermöglicht durch die gemessenen Beschleunigungen und Auswertung der Parameter eine objektive Einschätzung, ob die Kinder frieren. Das Zittern wird durch die Erfassung von Parametern bestimmt, die mit bekannten Parametern und Zuständen verglichen werden. Als Parameter werden insbesondere auch eine zeitliche Folge einer Kräftezerlegung der einwirkenden Erdgravitation bei einer Verdrehung (z.B. mit $a = |(x \cdot y \cdot z) / \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}|$), sowie eine Amplitude und eine Frequenz des Zitterns einbezogen. Somit kann ein tatsächlicher Zustand, ob jemand friert oder nicht, durch die Erfindung in dieser Ausgestaltung ermittelt und in Form einer Anzeige dargestellt werden.

[0050] Vorzugsweise erfolgt bei einem Überschreiten einer vordefinierten Schwelle eine Ausgabe mittels der Ausgabeeinheit in Form eines Warnhinweises oder einer Alarmierung. Die Schwelle entspricht insbesondere einer Länge oder einer Intensität des Zitterns. Dies kann auch im Zusammenhang mit einer Überwachung bei Diabetes erfolgen. Insbesondere entspricht das Zittern einem Zittern, welches nachts bei Menschen mit Diabetes auftreten kann. Somit ist ein weiterer Anwendungsfall das Erkennen eines Zitterns, welches bei Diabetes nachts auftreten kann. Nachts, wenn der Benutzer der Vorrichtung schläft, kann dieser seinen Blutzuckerspiegel nicht auf eine herkömmliche Art messen und es besteht für ihn die Gefahr zu unterzuckern. Mittels der Detektion des Zitterns liegt ein Indiz für eine Unterzuckerung vor und der Benutzer oder Patienten kann geweckt und gegebenenfalls ein Notarzt verständigt werden. Auch kann die Unterschreitung von Parametern infolge mangelnden Zitterns oder fehlender Aktivität zur Erkennung von Ohnmacht oder Bewusstlosigkeit genutzt werden. Dies kann durch die Vorrichtung selbst oder eine weitere Person, welche durch die Vorrichtung alarmiert ist, erfolgen. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, mittels der gemessenen Beschleunigungen eine Ohnmacht oder Bewusstlosigkeit zu detektieren. Insbesondere ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, bei einem Unterschreiten eines Grenzwertes eines Bewusstseinszustands (also z. B. bei oder nach einer eintretenden Bewusstlosigkeit) Warnhinweise auszugeben.

[0051] Vorzugsweise ist die vordefinierte Bewegung eine Atembewegung. Die Auswerteeinheit ist somit

dazu ausgebildet, eine Atembewegung von einer anderen Bewegung zu unterscheiden. Somit kann die elektronische Vorrichtung z. B. dazu genutzt werden, um Atemaussetzer zu detektieren.

[0052] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die vordefinierte Bewegung eine Pulsbewegung. Die Auswerteeinheit ist somit dazu ausgebildet, einen Herzschlag von einer anderen Bewegung zu unterscheiden. Somit kann die elektronische Vorrichtung z. B. dazu genutzt werden, um eine Herzschlagüberwachung durchzuführen.

[0053] Die Auswerteeinheit ist durch die bevorzugte Ausgestaltung ausgebildet, eine Bewusstlosigkeit, bei der noch Vitalfunktionen ausgeführt werden, von einem Zustand des Bewusstseins zu unterscheiden.

[0054] Eine Messung und Anzeige weiterer Körperfunktionen ist vorzugsweise ebenfalls vorgesehen.

[0055] Bevorzugt ist die vordefinierte Bewegung eine Bewegung entsprechend einer Orientierungslosigkeit des Benutzers und die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, die Orientierungslosigkeit der Umwelt des Benutzers zu signalisieren. Ferner bevorzugt umfasst die Vorrichtung einen GPS-Empfänger (Global Positioning System). Damit können GPS-Daten miteinbezogen werden, um ein Herumirren durch die Orientierungslosigkeit besser detektieren zu können.

[0056] Bevorzugt ist die vordefinierte Bewegung eine Bewegung entsprechend einem epileptischen Anfall des Benutzers und die Auswerteeinheit dazu ausgebildet, den epileptischen Anfall des Benutzers der Umwelt des Benutzers zu signalisieren.

[0057] Somit kann die elektronische Vorrichtung dazu ausgebildet sein, eine Orientierungslosigkeit oder Hilfsbedürftigkeit eines Patienten zu erkennen und eine Botschaft zu visualisieren, oder mittels einer multimedialen Darstellung Passanten darüber zu informieren, dass der Benutzer gerade Hilfe benötigt. Dies ist insbesondere bei Demenz oder Epilepsie von Nutzen. Ferner bevorzugt wird ein Alarm via Handy (z. B. WLAN – Wireless Local Area Network; Telefon etc.) abgesetzt.

[0058] Vorzugsweise entspricht die vordefinierte Bewegung einer Bewegung hervorgerufen durch aufsteigende Gasblasen in einer Flüssigkeit und die Auswerteeinheit ist dazu ausgebildet, mittels der gemessenen Beschleunigungen Parameter der aufsteigenden Gasblasen zu bestimmen. Durch Eigenschaften, wie z. B. Form, Dichte und Größe der Auswerteeinheit werden bei einem Blubberbad die Blasenkonzentration und/oder das Blubbergefühl durch die Bewegung der Auswerteeinheit gemessen. Mögliche Einsatzgebiete sind z. B. in einem Whirlpool oder bei einer Gegenstromanlage in einem Pool.

[0059] Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung einen Luftdrucksensor und/oder einen Atemsensor (z. B. einen Gaskonzentrationssensor). Der Luftdrucksensor kann dabei helfen, Höhenluft richtig einzuschätzen und somit der Höhenkrankheit vorzubeugen. Der Gaskonzentrationssensor ist insbesondere zur Messung von CO₂ ausgebildet und ermöglicht eine Atmungsüberwachung.

[0060] Ferner wird ein System zur Analyse von Bewegungen, umfassend eine Mehrzahl erfindungsgemäßer elektronischer Vorrichtungen zur Verfügung gestellt. Die elektronischen Vorrichtungen sind dazu ausgebildet, untereinander Daten zu übertragen, anhand der übertragenen Daten Gemeinsamkeiten der gemessenen Beschleunigungen festzustellen und darauf basierende Signale mittels wenigstens einer der Anzeigevorrichtungen auszugeben. Vorzugsweise werden die auf den Gemeinsamkeiten basierenden Signale mittels jeder Anzeigevorrichtung ausgegeben. Somit kann z. B. der Zustand einer Gruppe analysiert werden. Hierbei kann beispielsweise jedem Benutzer mit seinem individuellen Gerät angezeigt werden, in welchem Zustand sich die Gruppe befindet. Als Ausführungsbeispiel sei das Marschieren der Gruppe über eine Brücke genannt, die durch einen Gleichschritt die Brücke zum Aufschwingen bringen könnte. Die elektronischen Vorrichtungen stellen den Zustand der Gruppe fest und visualisieren diesen, oder geben diesen in einer multimedialen Darstellung aus. Dadurch wird die Gruppe angeregt, beispielsweise nicht mehr im Gleichschritt zu marschieren.

[0061] Des Weiteren wird ein System zur Analyse von Bewegungen, umfassend eine Mehrzahl erfindungsgemäßer elektronischer Vorrichtungen zur Verfügung gestellt. Die elektronischen Vorrichtungen sind dazu ausgebildet, Daten an eine Überwachungsvorrichtung zu übertragen, welche eingerichtet ist, anhand der übertragenen Daten Abweichungen der gemessenen Beschleunigungen voneinander und/oder von der vordefinierten Bewegung festzustellen und darauf basierend Signale auszugeben. Damit kann beispielsweise ein Trainer beim Sport auswerten, inwiefern mehrere Athleten, beispielsweise beim Synchronschwimmen oder Synchronspringen etc. wirklich synchron sind oder wo sie gegebenenfalls voneinander abweichen.

[0062] Ferner wird ein Verfahren zum Analysieren von Bewegungen zur Verfügung gestellt, welches die folgenden Schritte umfasst:

- (I) Messen von dreidimensionalen Beschleunigungsvektoren mit drei Beschleunigungskomponenten jeweils unterschiedlicher orthogonaler Raumrichtungen (x, y, z) zu unterschiedlichen Zeitpunkten (t – 1, t),
- (II) Bereitstellen wenigstens eines bekannten Beschleunigungsverlaufes oder dessen charakteris-

tische Merkmale wenigstens einer vordefinierten Bewegung;

(III) Vergleichen der gemessenen Beschleunigungsvektoren oder deren charakteristische Merkmale mit dem wenigstens einen bekannten Beschleunigungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen der wenigstens einen vordefinierten Bewegung;

(IV) Entscheiden ob die gemessenen Beschleunigungsvektoren oder deren charakteristische Merkmale einem bekannten Beschleunigungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen entsprechen.

[0063] Durch das oben genannte Verfahren kann ein gemessener Beschleunigungsverlauf (dreidimensionalen Beschleunigungsvektoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten ($t - 1$, t)) einer, der wenigstens einen vordefinierten Bewegungen zugeordnet werden.

[0064] Die dreidimensionalen Beschleunigungsvektoren können translatorische und/oder rotatorische Beschleunigungen im dreidimensionalen Raum beschreiben.

[0065] Der in (IV) genannte „eine bekannte Beschleunigungsverlauf“ ist ein einzelner bekannter Beschleunigungsverlauf des wenigstens einen bekannten, in (II) zur Verfügung gestellten Beschleunigungsverlaufes. Mit anderen Worten ist der in (IV) genannte „eine bekannte Beschleunigungsverlauf“ ein einzelner bekannter Beschleunigungsverlauf einer Auswahl von zur Verfügung gestellten, bekannten Beschleunigungsverläufen, welche einer Auswahl von mehreren (unterschiedlichen), vordefinierten Bewegungen entsprechen.

[0066] Die charakteristischen Merkmale sind für eine Beschreibung einer Bewegung relevante Merkmale.

[0067] Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner einen Schritt des Entscheidens umfassen, ob gemessene Winkeländerungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ($t - 1$, t) und gegebenenfalls in Kombination mit den gemessenen (translatorischen) Beschleunigungsvektoren oder deren charakteristischen Merkmalen der vordefinierten Bewegung entsprechen.

[0068] Insbesondere erfolgt dies durch:
Bereitstellen wenigstens eines bekannten Winkeländerungsverlaufes oder dessen charakteristischer Merkmale wenigstens einer vordefinierten Bewegung;
Vergleichen der gemessenen Winkeländerungen oder deren charakteristische Merkmale mit dem wenigstens einen bekannten Winkeländerungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen der wenigstens einen vordefinierten Bewegung;

Entscheiden ob die gemessenen Winkeländerungen oder deren charakteristische Merkmale einem bekannten Winkeländerungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen entsprechen.

[0069] Vorzugsweise ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung ein Zittern (Tremor), eine Atembewegung oder eine Pulsbewegung des Benutzers.

[0070] Bevorzugt ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung. Somit kann eine Schwimmbewegung von einer beliebigen Bewegung unterschieden werden. Insbesondere bevorzugt sind die vordefinierten Bewegungen eine Kraulbewegung, Rückenschwimmbewegung und/oder Brustschwimmbewegung. Dadurch können unterschiedliche Schwimmstile voneinander unterschieden werden.

[0071] Vorzugsweise ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung ein freier Fall. Somit kann ein freier Fall detektiert werden.

[0072] Vorzugsweise ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Tauchbewegung. Somit kann eine Tauchbewegung von anderen Bewegungen unterschieden werden.

[0073] Bevorzugt ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Bewegung entsprechend eines einzelnen Schwimmschwüges. Somit kann ein einzelner Schwimmschwügel erkannt werden. Insbesondere bevorzugt umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer Anzahl geschwommener Schwimmschwügel insbesondere mittels Zählens von Schwimmschwügel.

[0074] Der zurückgelegte Weg kann bekanntlich durch eine zeitliche Integration der Schwimmschwügelgeschwindigkeit bestimmt werden, welche wiederum aus einer zeitlichen Integration der gemessenen Beschleunigungen bestimmt werden kann. Vorzugsweise wird jedoch die bei einem Schwimmschwügel zurückgelegte Distanz durch einen Vergleich der gemessenen dreidimensionalen Beschleunigungsvektoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten ($t - 1$, t) (also des gemessenen Beschleunigungsverlaufes) oder deren charakteristische Merkmale mit dem wenigstens einen bekannten Beschleunigungsverlauf oder dessen charakteristischen Merkmalen der wenigstens einen vordefinierten Bewegung bestimmt. Dies erfolgt, indem die gemessenen Beschleunigungen (bzw. die Beschleunigungskräfte) sowie die Kurvenform der gemessenen Beschleunigungen (bzw. der Beschleunigungskräfte) eines Schwimmschwügel durch eine Vergleichstabelle oder mathematische Formel in eine Streckeninformation umgewandelt werden. Die vordefinierte Bewegung ist in diesem Falle ein bereits bestimmter Schwimmstil. Dadurch können auch Sen-

soren verwendet werden, welche nicht die, für eine Integration notwendige Genauigkeit aufweisen.

[0075] Vorzugsweise ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Bewegung entsprechend eines einzelnen Schwimmzuges, Schritt (IV) des erfindungsgemäßen Verfahrens erfüllt und das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Bestimmens einer Schwimmzugdauer insbesondere mittels einer Zeitmessung während eines einzelnen Schwimmzuges.

[0076] Bevorzugt umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer Anzahl von Schwimmzügen pro Zeiteinheit, mittels Kehrwertbildung der Schwimmzugdauer.

[0077] Vorzugsweise ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung, Schritt (IV) des erfindungsgemäßen Verfahrens erfüllt und das Verfahren umfasst ferner einen Schritt des Bestimmens einer Schwimmdauer, insbesondere mittels einer Zeitmessung während der Schwimmbewegung.

[0078] Bevorzugt umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer Anzahl von Schwimmzügen pro Zeiteinheit, insbesondere mittels Division der Anzahl von Schwimmzügen durch die Schwimmdauer.

[0079] Bevorzugt ist die wenigstens eine vordefinierte Bewegung eine Bewegung entsprechend einer Umkehrbewegung an einem Ende einer Schwimmbahn. In der Regel ist die Umkehrbewegung eine 180°-Umkehrbewegung. Somit kann eine Umkehrbewegung an einem Ende einer Schwimmbahn erkannt werden. Insbesondere bevorzugt umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer Anzahl geschwommener Bahnen mittels Zählens von Bewegung entsprechend den Umkehrbewegung.

[0080] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer geschwommenen Distanz, insbesondere mittels Multiplikation einer Anzahl geschwommener Bahnen mit einer Bahnlänge.

[0081] Bevorzugt umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer Schwimmgeschwindigkeit, insbesondere mittels Dividierens der geschwommenen Distanz durch die Schwimmdauer.

[0082] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren ferner einen Schritt des Bestimmens einer zurückgelegten Distanz pro Schwimmzug, insbesondere mittels Dividierens der geschwommenen Distanz durch die Anzahl der Schwimmzüge.

[0083] Des Weiteren wird ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verfügung gestellt. Somit wird eine Verfahrensausführung auf einer beliebigen, für eine Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildeten Hardware ermöglicht.

[0084] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0085] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0086] Fig. 1 eine elektronische Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung;

[0087] Fig. 2 eine generische Architektur zur Bewegungsverfolgung;

[0088] Fig. 3 gemessene Beschleunigungsverläufe beim Kraulen;

[0089] Fig. 4 gemessene Beschleunigungsverläufe beim Brustschwimmen; und

[0090] Fig. 5 gemessene Beschleunigungsverläufe beim Rückenschwimmen.

[0091] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine elektronische Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung. Die elektronische Vorrichtung umfasst eine Auswerteeinheit **10** und eine Ausgabeeinheit **12**, welche wie dargestellt als zwei baulich getrennte Einheiten realisiert und mittels einer kabellosen Kommunikationsschnittstelle **16** gekoppelt sein können. Alternativ können die Auswerteeinheit **10** und die Ausgabeeinheit **12** auch über eine Kabelverbindung gekoppelt sein. Die Auswerteeinheit **10** umfasst ein Mittel **14** zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen. Ferner umfasst die Auswerteeinheit typischerweise eine Verarbeitungseinheit **18**, also eine Recheneinheit, welche z. B. zur Auswertung der gemessenen Beschleunigungen dient. Die Verarbeitungseinheit **18** umfasst insbesondere einen Prozessor. Die Ausgabeeinheit **12** kann beispielsweise ein Display **20**, Leuchtdioden **22**, einen Lautsprecher **24** und/oder einen Vibrationsaktor (nicht dargestellt) umfassen.

[0092] Der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung liegt gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung folgende beispielhafte Funktionsweise zu Grunde: Beispielsweise kann die elektronische Vorrichtung zur Analyse von Schwimmbewegungen ausgebildet sein. Die Schwimmbewegungen weisen periodisch ausgeführte Bewegungsabläufe auf. Diese Bewegungsabläufe können in Schwimmstile (z. B. Kraul-

oder Brustschwimmen) klassifiziert werden. Neben dem Schwimmstil unterscheiden sich die Schwimmbewegungen zudem durch eine individuelle Ausführung. Hierbei ergeben sich bei einer periodischen Ausführung der Schwimmbewegungen (Stroke Rate) eine Ausführungsfrequenz von ca. 0,5 bis 2 Hz sowie eine räumliche Verteilung der Bewegung (DPS, Distance per Stroke) von ca. 50–150 Zyklen pro 100 Meter. Deshalb wird die individuelle Ausführungsform im Folgenden als Schwimmausführung bezeichnet.

[0093] Zur Erfassung der Schwimmbewegung bieten sich als Mittel **14** zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen dreiaxiale Beschleunigungssensoren an, die bei fester Verbindung mit dem Körper des Benutzers Rückschlüsse auf eine Bewegungsausführung zulassen.

[0094] Praktikable Tragepositionen für die Auswerteeinheit sind z. B. ein Handgelenk, ein Fuß eine Fixierung an einer Badekappe, sowie im Hüftbereich.

[0095] Damit bei einer diskreten Beschleunigungsmessung Abtastkriterien nach Shannon erfüllt werden, sind schnelle Schwimmbewegungen mit einer Ausführungsfrequenz von bis zu 3 Hz mit einer höheren Abtastfrequenz, beispielsweise 20 Hz zu erfassen. Der hierfür eingesetzte Sensor weist bei dieser Frequenz beispielsweise eine Quantisierung von 6 bit/g in einem Messbereich von $\pm 2g$ auf. Die periodischen Schwimmbewegungen weisen eine übliche Periodendauer von ca. 0,5–2 Sekunden auf. Daher wurden die erfassten Beschleunigungsdaten mit Vorteil in Samples zu 3,2 Sekunden Dauer zusammengefasst, um jeweils mindestens eine gesamte Schwimmbewegung (Stroke) abbilden zu können. Bei der verwendeten Abtastfrequenz wurden daher Samples aus jeweils 64 Werten gebildet. Aus diesen Samples konnten 12 charakteristische Merkmale (Bewegungsmerkmale) extrahiert werden, die für eine Klassifikation genutzt wurden. Als Klassifizierer wurde hierbei ein Entscheidungsbaum eingesetzt.

[0096] Die Bewegungserkennung beim Schwimmen umfasst mehrere Module und Verarbeitungsschritte. Diese Module können vereinfacht als ein Modell abgebildet und in einer Gesamtarchitektur zusammengefasst werden.

[0097] Fig. 2 zeigt eine generische Architektur zur Bewegungsverfolgung. Darin dargestellt sind Kontextinformationen **30** (Context-Information), eine Sensorauswahl und Vorverarbeitung **31** (Sensor selection and Preprocessing), eine Merkmalsextraktion **32** (Feature Extraction), eine Klassifikation **33** (Classification), eine Klassifikation auf einer zweiten Stufe **34** (2nd, Level Classification) und eine Ausführung des Tasks **35** (Task Execution).

[0098] Die Informationen über die existierende Umgebung sowie des verwendeten Bewegungsmodells wird durch eine Context-Informationen Datenbank zur Verfügung gestellt.

[0099] Die mittels des Beschleunigungssensors erfassten diskreten Daten bilden jedoch nur unzureichend die analoge Originalbewegung ab. Auf Basis der erfassten Sensordaten wird eine analoge Bewegung interpoliert (Signalrekonstruktion) und erneut abgetastet.

[0100] Die Signalwerte werden anschließend normalisiert und in Samples zusammengefasst. Für jedes Sample werden charakteristische (relevante) Merkmale extrahiert und in einem Merkmalsvektor zusammengefasst.

[0101] Auf Basis der gewonnenen Merkmale wird eine Klassifizierung durchgeführt, die Aufschluss über die ausgeführte Bewegungsform (Kraulen, Brust- oder Rückenschwimmen) gibt. Für die vorliegende Bewegungserkennung wird davon ausgegangen, dass die zu erkennenden Bewegungen (Schwimmbewegungen) bekannt sind und als Musterdaten bereits im Vorfeld erfasst werden können. Weiterhin wird angenommen, dass sich die Schwimmbewegungen nicht wesentlich über die Zeit ändern.

[0102] Diese Annahme erlaubt die Nutzung des Supervised Learning mit Trainingsdaten. Es wurden daher auf Basis von bekannten Bewegungen die charakteristischen (relevanten) Merkmale sowie die entsprechenden Merkmalsausprägungen extrahiert, die eine Klassifikation erlauben.

[0103] Die durchgeführte Klassifizierung einzelner Samples erlaubt weiterführende Rückschlüsse zur Gesamtbewegungssituation, sodass eine weitere Klassifizierung durchgeführt werden kann. Hierbei können unwahrscheinliche Bewegungsformen oder scheinbare Bewegungswechsel durch Fehldetektion eliminiert werden.

[0104] Die gewonnenen Informationen aus den Merkmalen und der Bewegungsklassifikation lassen sich in Form elektronischer Medaillen visualisieren. So ist es anhand eines Displays oder durch Signalisierung mittels Dioden möglich, einen Leistungsfortschritt zu beobachten. Die Erfindung kann somit ein heutzutage gebräuchliches Stoffabzeichen ersetzen.

[0105] Vorzugsweise weist die elektronische Vorrichtung eine Größe kleiner einer Knopfzelle auf, damit sie ohne eine Nutzerbeeinträchtigung getragen werden kann. Insbesondere beträgt die größte räumliche Ausdehnung der Vorrichtung ohne Befestigungselement somit weniger als 3 cm, insbesondere weniger als 1,5 cm. Die Visualisierung erfolgt beispielsweise durch Leuchtdioden **22** (LEDs) an der

Badekleidung oder ein integriertes Display **20**. Ferner kann eine drahtlose Datenanbindung vorgesehen werden.

[0106] Ferner kann auch ein freier Fall detektiert werden. Somit ist es möglich, einen Sprung von einem Sprungbrett zu erkennen und eine Höhe zu bestimmen. Die vor allem für Kinder anspruchsvollen Sprünge von einem 3 Meter Sprungbrett können dadurch gesondert als eine Leuchtmedaille oder auf dem Display **20** der Ausgabeeinheit **12** dargestellt werden. Die Vorrichtung kann mit korrosionsfreien Steckverbindungen, ähnlich den Ohringverbindungen, an der Außenseite der Badekleidung befestigt werden. Dadurch ist eine feste Verbindung möglich, sodass keine Störung oder Fremdkörpergefühl existiert und auch andere die Leistung des Schwimmers erkennen können.

[0107] Besonders hervorzuheben ist die Visualisierung der Erfahrung und der Trainingsleistung des Schwimmers. Je nach Schwimmleistung symbolisieren verschiedene Motive bzw. Leuchteffekte eine jeweilige, individuelle Schwimmstufe. Die aktuelle Darstellung, z.B. mittels eines Leuchtkranzes aus Dioden zeigt einen aktuellen Status an. Je mehr Dioden leuchten, umso mehr Schwimmstunden wurden mit dem System absolviert. Die Vorrichtung realisiert somit ein elektronisches Schwimmbzeichen, welches wie eine virtuelle Medaille oder Orden getragen werden kann. Die elektronische Verleihung der Medaille erfolgt durch objektive Parameter und kann die Motivation zum Erlernen der Sportart steigern.

[0108] Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung wurden annotierte Bewegungsrohdaten beim Schwimmen erfasst. Hierbei wurde der Sensor am Kopf unterhalb einer Badekappe sowie an der Hüfte getragen. Die ausgeführten Schwimmbewegungen waren hierbei ein Kraulen, Brust- und Rückenschwimmen. Jeder Schwimmstil wurde über jeweils ca. 10 Bahnen je 25m aufgezeichnet. Aus den aufgezeichneten Rohdaten wurden zur vorliegenden Evaluation Datensätze zusammengestellt, die nur Schwimmbewegungen, jedoch keine Bahnenwechsel enthalten. Aus diesen Rohdaten wurden 12 charakteristische Merkmale extrahiert, die die Bewegungen beschreiben.

[0109] Durch das Datamining Tool Weka konnte eine Erkennungsrate mittels einer 10-fold cross Validation bestimmt werden.

[0110] Bei einer zunächst durchgeführten Evaluation wurde davon ausgegangen, dass der Sensor fest am Körper fixiert und eine Orientierung des Sensors bekannt ist. Durch die Lage und die Messung einer Richtung der Erdgravitation ergibt sich ein geeignetes Merkmal für eine Identifikation, ob die Bewegung Brust- oder Rückenschwimmen ausgeführt

wurde. Das System klassifiziert die Bewegungsformen Brust-, Kraul- und Rückenschwimmen mit einer Gesamterkennungsrate von 99,5% (244/245 Instanzen). Eine Erkennungsrate zur Unterscheidung, ob Rücken- oder Brustschwimmen ausgeführt wurde, lag bei 100%.

[0111] In einem nächsten Evaluationsschritt wurde das Merkmal der Lageorientierung jedoch nicht in die Klassifizierung einbezogen. Vielmehr wurde davon ausgegangen, dass der Sensor beliebig orientiert an einer Badehose befestigt werden kann. Es zeigte sich für diesen Fall eine klare Unterscheidung der Bewegungsformen Kraulen und Brust-/Rückenschwimmen mit einer Erkennungsrate von 97,2%. Die Erkennungsrate zur Unterscheidung, ob Rücken- oder Brustschwimmen ausgeführt wurde, lag jedoch bei 76% (Brust ausgeführt, Brust erkannt) bzw. 72% (Rückenschwimmen ausgeführt, Rückenschwimmen erkannt). Dieses führte zu einer Erkennungsrate der Gesamtklassifizierung von ca. 77% (190/245 Instanzen).

[0112] Zur Klassifizierung wurde der Entscheidungsbaum J48 eingesetzt, der es erlaubt, eine mobile Klassifizierung auf dem Prototypen zum Einsatz zu bringen.

[0113] In den **Fig. 3** bis **Fig. 5** sind die gemessenen Beschleunigungswerte in m/s^2 des Messsystems (also der Mittel zum Messen von Beschleunigungen) hinsichtlich der drei Achsen (bzw. orthogonalen Raumrichtungen) über die Zeit in Sekunden abgebildet. **Fig. 3** verdeutlicht, dass die Hüftbewegung beim Kraulen anders ist, als die Hüftbewegungen die in den **Fig. 4** (Brustschwimmen) und **Fig. 5** (Rückenschwimmen) erhoben wurden.

[0114] Die grafische Darstellung der Beschleunigungen (bzw. Beschleunigungskräfte) bestätigt das Klassifikationsverhalten, wonach sich die Kraulbewegung stärker von der Brust- und Rückenschwimmbewegung unterscheidet.

[0115] Zur Klassifikation der Schwimmstile stellt die zusätzlich zur Erdgravitation auftretende Beschleunigungskraft im dreidimensionalen Raum ein wichtiges Merkmal dar. Beschleunigungssensoren weisen jedoch allgemein einen Offset auf. Dieser Offset bewirkt, dass die Messgröße um den realen Messwert verschoben ist. Der Offset führt besonders bei der Integration der Beschleunigungskräfte zu großen Fehlern. Aus diesem Grund wird in der Erfindung ein Verfahren gewählt, wonach die zusätzlich auf das Messsystem wirkende Kraft von der konstant gemessenen Kraft getrennt wird. Hierfür ist die konstant wirkende Kraft zu ermitteln. Dieses geschieht durch die Bildung eines dynamischen Mittelwertes, jeweils für alle Achsen des Messsystems.

[0116] Der Mittelwert wird demnach mit folgender Formel berechnet, wobei bei jedem Rechenvorgang die Variable $\text{Mittelwert}(\text{alt}) = \text{Mittelwert}(\text{neu})$ gesetzt wird. Es folgt:

$$\text{Mittelwert}(\text{neu}) = \text{Messwert} \cdot a + \text{Mittelwert}(\text{alt}) \cdot b$$

[0117] Es zeigte sich, dass mit einer Abtaste von 20 Hertz der Faktor $a = 0,99$ und $b = 1 - a$ gesetzt werden kann.

[0118] Die resultierende Gesamtkraft aus den Beschleunigungswerten x, y , und z ergibt sich somit zu:

$$F(\text{gesamt}) = \sqrt{(X - X(\text{mittel}))^2 + (Y - Y(\text{mittel}))^2 + (Z - Z(\text{mittel}))^2}$$

[0119] Diese Vorgehensweise bestimmt die einwirkende Gesamtkraft ohne den Einfluss des Offsets oder der Erdgravitation. Analog zu dieser Berechnung für die Kräfte X, Y, Z , wird dieses Verfahren für die Eliminierung des Offsets von Drehratensensoren genutzt.

[0120] Als Ziel gilt, die Schwimmleistung bei einer großen Anzahl von Individuen zu bestimmen. Es ist denkbar, einen Klassifikator für die Bewegungserkennung von allen Schwimmern auszulegen, oder eine individuelle Bewegungserkennung durch ein persönliches Anlernen zu ermöglichen. Die hohe Erkennungsrate der verschiedenen Schwimmarten lässt jedoch vermuten, dass ein generischer Klassifikator zum Einsatz kommen kann. Zur Bewegungserfassung im Schwimmbad soll zukünftig erkannt werden, ob der Schwimmer gerade trainiert oder eine Pause macht. Auch wenn nicht jede Schwimmart richtig erkannt wird, ist es für den spezifischen Einsatzbereich eines beschriebenen Systems vollkommen ausreichend da es primär gilt, die Schwimmleistung als Zeiteinheit zu ermitteln und (spielerisch) darzustellen.

[0121] Der Einsatz von Beschleunigungssensoren zur Detektion der Schwimmleistung zeigt, dass es möglich ist, den Schwimmstil, die Anzahl der Schwimmzüge, sowie die Anzahl der geschwommenen Bahnen und dadurch die Schwimmgeschwindigkeit zu ermitteln. Es wurde aufgezeigt, dass durch die Bewegungserfassung eines einzelnen dreiaxigen Beschleunigungssensors, der an einer Badehose befestigt ist, eine Erfassung der Schwimmdauer sowie Messung der Stroke Rate und Distance per Stroke möglich ist.

[0122] Relevanten Schwimmparameter können in Form von elektronischen Medaillen und visuellen Leuchtabzeichen dargestellt werden. Je nach erreichter Schwimmleistung gibt die Ausgabereinheit **14** unterschiedliche Farben aus und stellt somit die eigene erreichte Leistung als Motivation für Andere zur Schau. Darüber hinaus können Sprünge von einem

3-Meter Sprungbrett ebenfalls erkannt und visualisiert werden. Dieses System dient daher zur Motivation und Unterstützung des Erlernens des Schwimmens.

[0123] Durch die oben genannten Ausgestaltungen kann das althergebrachte Schwimmabzeichen namens Seepferdchen (oder auch ähnliche) durch ein digitales Gerät ersetzt werden. Dieses Gerät wird am Körper des Benutzers getragen, analysiert die vollbrachten Schwimmbewegungen und erkennt, wenn eine vorgegebene Schwimmdistanz, beispielsweise 25 oder auch 50 Meter erreicht wurde. Ferner ist das Gerät in der Lage, weitere vorgegebene Leistungsmerkmale, wie ein Abtauchen in eine vorgegebene Tiefe zu erkennen.

[0124] Beispielsweise bei Erreichen aller Zielvorgaben erzeugt das Gerät ein geeignetes Signal, beispielsweise ein Aufleuchten eines Lämpchens.

[0125] Als Beispiele für Ansammlungen von Zielvorgaben seien die praktisch durchzuführenden Kriterien für das Frühschwimmer Schwimmabzeichen (Seepferdchen) und den Deutschen Leistungsschwimmpass in Gold angeführt.

[0126] Zielvorgaben für das Frühschwimmer Schwimmabzeichen:

- Sprung vom Beckenrand (z. B. aus 20 cm Höhe) ins Wasser
- 25 m Schwimmen in beliebigem Schwimmstil
- Einen Gegenstand mit den Händen aus schultertiefem Wasser (z. B. 1 m Tiefe) herausholen

[0127] Zielvorgaben für den Deutschen Leistungsschwimmpass in Gold:

- 100 m Brustschwimmen unter 1:35 Min. (Männer) oder 1:45 Min. (Frauen)
- 100 m Kraulschwimmen unter 1:20 Min. (Männer) oder 1:30 Min. (Frauen)
- 100 m Rückenraulschwimmen unter 1:35 Min. (Männer) oder 1:45 Min. (Frauen)
- 50 m Schmetterlingsschwimmen unter 0:40 Min. (Männer) oder 0:45 Min. (Frauen)
- 400 m Kraulschwimmen unter 7:00 Min. (Männer) oder 8:00 Min. (Frauen)
- Kopfsprung aus 3 m Höhe
- Salto aus 1 m Höhe
- 50 m Wasserballdribbeln unter 1:00 Min.

[0128] Für die oben beschriebene Funktionsweise kann die Auswertereinheit eine Verarbeitungseinheit (beispielsweise einen Prozessor), Beschleunigungssensoren, z. B. auch mindestens einen Drucksensor, sowie je nach Aufgabenstellung weitere Sensoren umfassen.

[0129] Des Weiteren können die Zielvorgaben der Vorrichtung frei programmierbar sein. So kann

ein und dieselbe Vorrichtung für das Durchführen verschiedener Schwimmprüfungen genutzt werden. Dies kann beispielsweise über Knöpfe und ein Display an der Vorrichtung erfolgen. Außerdem ist es denkbar, die Vorrichtung beispielsweise über eine Kabel- oder Funkverbindung mit einem Computer zu verbinden und die Zielvorgaben am Computer über eine Software einzugeben.

[0130] Bei einer Schwimmbewegung im Wasser wird somit ein Pendeln der Auswerteeinheit im Wasser generiert, welche daraus die Schwimmgeschwindigkeit bei einem Schwimmer ermitteln kann.

[0131] Ferner ist denkbar, zukünftig diese Art der Aktivitätsmessung zum automatischen Aufblasen von Rettungs- oder Schwimmwesten einzusetzen. Dieses könnte in dem Anwendungsgebiet der plötzlichen Erschöpfung oder Schwimmunfähigkeit (z.B. durch einen Krampf etc.) bei älteren Menschen Einsatz finden und möglicherweise auch im Sicherheitsbereich die bisher eingesetzten Wasserkontaktsensoren oder Zugleinen ablösen.

[0132] Zudem kann die elektronische Vorrichtung dazu ausgebildet sein, Informationen über einen aktuellen Zustand des Benutzers, z. B. eines Patienten zu speichern. Die Informationen über den Zustand des Patienten können medizinische Informationen sein, aber auch organisatorische, beispielweise ob es sich bei dem Benutzer um einen Kassen- oder Privatpatient handelt. Zudem können weitere Informationen (Statusmeldungen) wie z. B. woher der Patient kommt, wo er hingehört, was er hat und was in einem Notfall zu tun ist gespeichert werden. Alle genannten Informationen können nach Anfrage oder permanent mittels der Ausgabeeinheit angezeigt werden. Dadurch kann bei einem Zusammentreffen von Ärzten mit Patienten, beispielsweise in einem Krankenhaus sichergestellt werden, dass die Ärzte stets über den aktuellen Zustand der Patienten informiert sind.

Bezugszeichenliste

10	Auswerteeinheit
12	Ausgabeeinheit
14	Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen
16	Kabellose Kommunikationsschnittstelle
18	Verarbeitungseinheit
20	Display
22	Leuchtdioden
24	Lautsprecher
30	Kontextinformationen (Context-Information)
31	Sensorauswahl und Vorverarbeitung (Sensor selection and Preprocessing)
32	Merkmalsextraktion (Feature Extraction)

33	Klassifikation (Classification)
34	Klassifikation auf einer zweiten Stufe (2nd, Level Classification)
35	Ausführung des Tasks (Task Execution)

Patentansprüche

1. Elektronische Vorrichtung zum Analysieren von Bewegungen, welche von einem Benutzer an seinem Körper und/oder an seiner Bekleidung und/oder in seiner Bekleidung tragbar ist, umfassend

– eine Auswerteeinheit (**10**) mit wenigstens einem Mittel zum Messen von translatorischen Beschleunigungen in drei orthogonalen Raumrichtungen (**14**), wobei die Auswerteeinheit (**10**) dazu ausgebildet ist zu entscheiden, ob gemessene Beschleunigungen einer vordefinierten Bewegung entsprechen und
– eine Ausgabeeinheit (**12**) zur Ausgabe von Informationen basierend auf gemessenen Beschleunigungen.

2. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinheit (**10**) und die Ausgabeeinheit (**12**) von einander getrennte oder trennbar miteinander verbundene Einheiten sind.

3. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Auswerteeinheit (**10**) und die Ausgabeeinheit (**12**) eine kabellose Kommunikationsschnittstelle (**16**) umfassen, mittels welcher Daten von der Auswerteeinheit (**10**) an die Ausgabeeinheit (**12**) übertragbar sind.

4. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (**10**) dazu ausgebildet ist, ein Erreichen einer Zielvorgabe zu erkennen.

5. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, vor Erreichen der Zielvorgabe Informationen mittels der Ausgabeeinheit (**12**) auszugeben, wobei die Informationen ein bevorstehendes Erreichen der Zielvorgabe betreffen.

6. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung ist, die Auswerteeinheit (**10**) dazu ausgebildet ist eine Schwimmgeschwindigkeit des Benutzers zu bestimmen und die Ausgabeeinheit (**12**) dazu ausgebildet ist, dem Benutzer die Schwimmgeschwindigkeit während des Schwimmens zu signalisieren.

7. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vordefinierte Bewegung eine Schwimmbewegung ist, die Auswerteeinheit (**10**) wenigstens ein Mittel zum Messen von rotatorischen Beschleunigungen um drei orthogonale Raumachsen und/oder Magnetfeldsensoren umfasst

und dazu ausgebildet ist, Pfade des Benutzers während der Schwimmbewegung zu bestimmen.

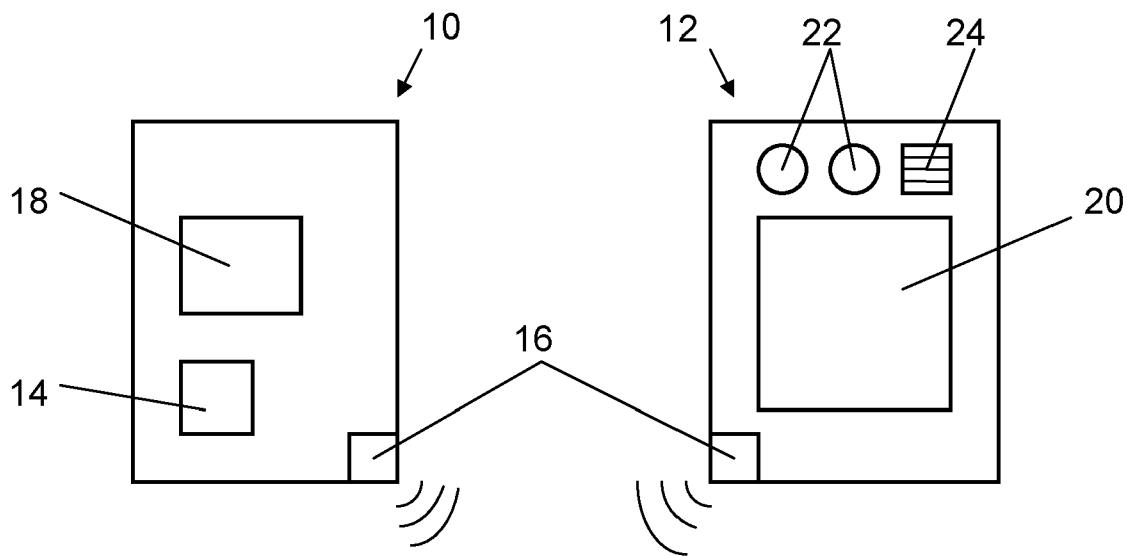
8. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vordefinierte Bewegung ein Zittern des Benutzers ist und die Auswerteeinheit **(10)** dazu ausgebildet ist, mittels der gemessenen Beschleunigungen Parameter des Zitterns des Benutzers zu bestimmen, wobei die Parameter insbesondere eine Frequenz, Amplitude, Intensität, Länge, Kurvenform und/oder eine zeitliche Folge einer Kräftezerlegung der einwirkenden Erdgravitation bei einer Verdrehung des Zitterns umfassen.

9. Elektronische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit **(10)** dazu ausgebildet ist, mittels der gemessenen Beschleunigungen eine Blutzuckerspiegelveränderung und insbesondere einen Blutzuckerspiegel des Benutzers abzuschätzen und ferner bevorzugt dazu ausgebildet ist, bei einem Überschreiten einer Veränderungsgeschwindigkeit oder bei einem Unterschreiten eines Grenzwertes des Blutzuckerspiegels Warnhinweise auszugeben.

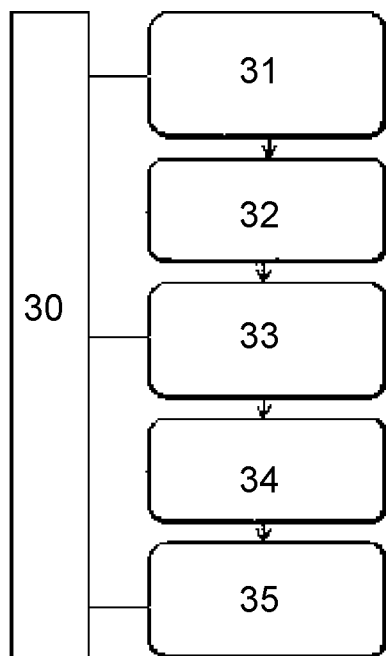
10. System zur Analyse von Bewegungen, umfassend eine Mehrzahl elektronischer Vorrichtungen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektronischen Vorrichtungen dazu ausgebildet sind, untereinander Daten zu übertragen, anhand der übertragenen Daten Gemeinsamkeiten der gemessenen Beschleunigungen festzustellen und darauf basierende Signale mittels wenigstens einer der Anzeigevorrichtungen **(12)** auszugeben.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

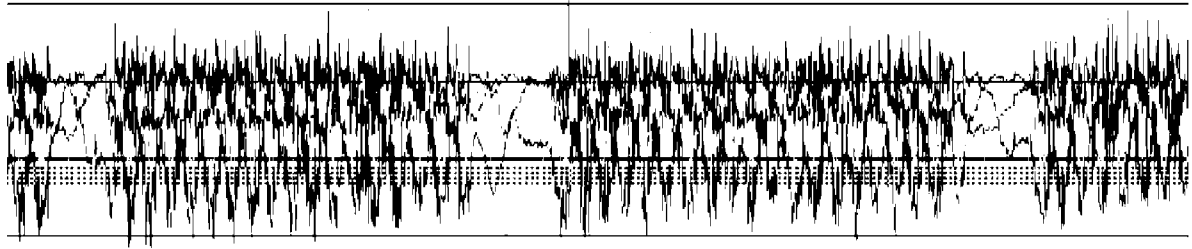
Anhängende Zeichnungen



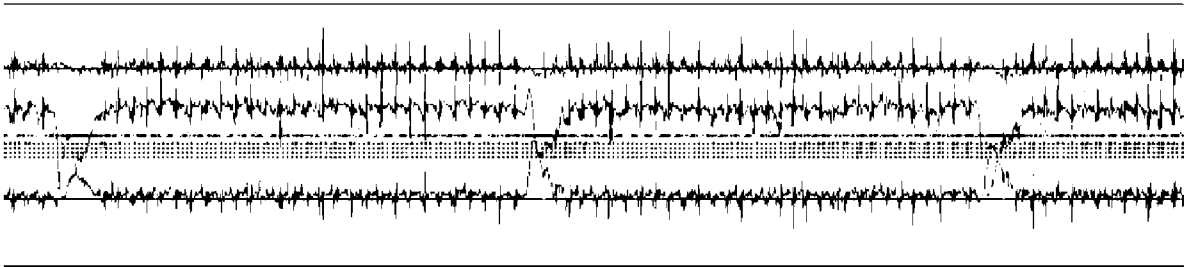
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5